

**Caractéristiques du milieu lagonaire
autour de Papeete, influence des apports
terrigènes et anthropiques.**



Fiechez R., Harris P., Pagès J., Talbot V., Torrétton J.-P.
Centre ORSTOM de Tahiti
B.P. 529 Papeete

Caractéristiques du milieu lagonaire autour de Papeete, influence des apports terrigènes et anthropiques.

Par :

Fichez R., Harris P., Pagès J., Talbot V., Torréton J.-P.
Centre ORSTOM de Tahiti B.P. 529 Papeete

**Rapport final de la convention n° 2132 entre le
Ministère de l'Environnement de Polynésie Française et
l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le
Développement en Coopération (ORSTOM)**

Papeete le 2 Avril 1996

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
MATERIEL ET METHODES	3
Description du site d'étude et des stations	3
Physico-chimie des eaux	3
Microbiologie	4
Flux sédimentaires	6
RESULTATS ET DISCUSSION	7
Caractéristiques physico-chimiques des eaux	7
Stratification des eaux	12
Microbiologie des eaux	13
Flux vertical particulaire	15
CONCLUSION	17
REFERENCES	19
ANNEXE 1 :	20
Tableau de données des missions masses d'eau	
ANNEXE 2 :	26
Présentation succincte du mémoire de DEA présenté par O. Fouquet (UFP)	
ANNEXE 3 :	29
Compte rendu de l'action de recherche sur les capacités métaboliques bactériennes	
ANNEXE 4 :	41
Présentation synthétique du programme ANTROPIC-ECOTROPE (ORSTOM-Tahiti)	

INTRODUCTION

La croissance démographique associée au développement économique à l'échelle de la planète sont responsables de modifications majeures de l'environnement marin côtier. Cette pression sur l'environnement est tout particulièrement sensible en milieu tropical (Hatcher et al., 1989). La compréhension des mécanismes mis en jeu est indispensable pour une évaluation des risques écologiques et économiques et donc pour la réalisation d'un développement durable.

Les altérations du milieu sont la conséquence de facteurs anthropiques multiples (rejets divers, hypersédimentation, modification du trait de côte, etc.). Il est maintenant acquis que l'augmentation des apports en nutriments inorganiques et organiques charriés par les eaux continentales influence fortement et de façon généralement négative l'équilibre et la diversité des écosystèmes estuariens et côtiers (Smetacek et al., 1991). L'eutrophisation, c'est à dire la stimulation de la production primaire par enrichissement du milieu en nutriments inorganiques ou organiques est encore très mal comprise en milieu tropical comme le montre d'une part le peu de littérature traitant de ce problème, et d'autre part la nature principalement descriptive des travaux existants (voir revue par Done, 1992). Les altérations des écosystèmes coralliens découlent de l'action conjointe des événements naturels et des différentes perturbations liées à l'activité humaine et sont donc directement liées aux changements observés à l'échelle de la planète (Grigg & Dollar, 1990 ; Smith & Buddemeier, 1992). Ce contexte impose aujourd'hui une approche pluridisciplinaire des impacts anthropiques associant étude descriptive des écosystèmes et analyse des mécanismes biogéochimiques. De plus l'importance des ressources économiques directement ou indirectement liés à l'écosystème corallien est maintenant unanimement reconnue (Spurgeon, 1992). dans ce contexte les chercheurs doivent pouvoir fournir une expertise indispensable pour mettre sur pied une gestion rationnelle de l'environnement qui garantisse la mise en place d'un développement durable.

En Polynésie Française des écosystèmes lagunaires ont déjà été touchés de façon spectaculaire par des phénomènes d'eutrophisation massive notamment au niveau du lagon de Tahiti-Punauiaa en 1964 et dans l'atoll d'Hikueru en 1970 et plus récemment en 1994 (Harris & Fichez, 1995). Les manifestations de la dégradation de l'environnement récifolagunaire sont toutefois généralement beaucoup plus insidieuse (Gabric & Bell, 1993), ceci étant en grande partie lié à la multiplicité et à l'inter activité des effets provoqués par l'augmentation des apports terrigènes et anthropiques (Hallock & Schlager, 1986). Depuis une vingtaine d'années on assiste dans les lagons d'îles hautes de Polynésie à une prolifération d'algues benthiques qui se développent au détriment des peuplements de coraux hermatypiques (Payri & Naim, 1982 ; Belsher et al., 1990). Un tel remplacement peut apparaître peu spectaculaire mais il représente une modification catastrophique de l'équilibre du système et peut avoir des répercussions considérables sur des ressources économiques telles que le tourisme ou la pêche côtière (Marszalek, 1987). L'île de Tahiti, comme nombre de pays insulaires en voie de développement, n'est pas encore équipée de système d'assainissement et de traitement des déchets (stockage des déchets non traités en fond de vallée, rejets direct des eaux usées), les effluents étant collectés et rejetés dans le lagon par les eaux de ruissellement et les rivières. Certaines parties du lagon de Tahiti, et plus précisément au voisinage de la zone urbaine de Papeete, ont vu le remplacement des peuplements de scléactiniaires par des peuplements de macroalgues (travaux menés à l'Université Française du Pacifique). Face à l'ampleur et la persistance des modifications observées en Polynésie l'ORSTOM a soutenu une première action de recherche sur les peuplements benthiques de substrats meubles. La dégradation générale mise en évidence par

cette action de recherche a conduit au montage du programme ANTROPIC sur les perturbations anthropiques dans le lagon de Tahiti.

Avant d'envisager le lancement d'un programme de recherche sur le milieu lagunaire des environs de Papeete nous avons effectué une recherche bibliographique pour évaluer l'état des connaissances et déterminer les domaines justifiant d'un effort de recherche. L'examen bibliographique des travaux existant en ce qui concerne les caractéristiques du milieu montre que les données disponibles proviennent de rapports internes du LESE (Raymond, 1982; De Nardi & Raymond, 1983; Larramendy & De Nardi, 1983; Fraizier et al., 1985; De Nardi, 1989; Longomazino et al., 1992). Ces données fournissent des éléments de base pour situer globalement certaines conditions de milieu. Néanmoins, les études entreprises sont disparates et la couverture spatio-temporelle est souvent insuffisante. De toute évidence il manquait une action de recherche intégrée réunissant différentes spécialités sur un même objectif de recherche et disposant du personnel suffisant pour assurer une bonne résolution spatiale et temporelle des paramètres de milieu. Au-delà du simple intérêt qu'il y a à surveiller de façon régulière le milieu marin il est indispensable de renforcer l'effort de recherche dans ce domaine si l'on veut comprendre les mécanismes d'altération du milieu et fournir les éléments scientifiques nécessaires à une gestion rationnelle de l'environnement lagunaire. **La présente convention signée entre le Ministère de l'Environnement et l'ORSTOM constitue une phase préliminaire de recherche menée dans le cadre du programme ANTROPIC-ECOTROPE de l'ORSTOM.** Au-delà de cette phase préliminaire l'action de recherche actuellement soutenue financièrement par le Territoire de Polynésie Française (Ministère de l'Environnement et de la Recherche), l'ORSTOM et la CORDET sera poursuivie en 1996. Le travail accompli dans le cadre de la présente convention consiste à :

- Décrire les caractéristiques du milieu avec une couverture spatiale satisfaisante et pour des conditions saisonnières contrastées.*
- Prendre en compte le compartiment bactérien (abondance, production) dans les eaux lagunaires*
- Procéder à une évaluation préliminaire de l'importance de la sédimentation en différents points du lagon.*
- Localiser et caractériser sur la base des résultats précédents les zones les plus menacées par les apports terrigènes et anthropiques.*

Les travaux entrepris constituent donc une première phase exploratoire des caractéristiques globales des eaux du lagon. Cette action de recherche s'inscrit dans une démarche scientifique plus vaste qui forme la trame du programme ANTROPIC-ECOTROPE (fiche synthèse fournie en annexe). En terme de valorisation la finalité du programme est de fournir certaines bases scientifiques générales nécessaires à l'établissement d'un diagnostic des impacts anthropiques sur l'écosystème lagunaire et pouvant servir une meilleure gestion de l'environnement marin côtier. A cette fin, les résultats généraux issus de cette étude pourront être utilisés par les bureaux d'études et les aménageurs pour prédire les conséquences des actions de développement ou de conservation.

MATERIELS ET METHODES

Description du site d'étude et des stations

Un échantillonnage sur une échelle spatiale large a tout d'abord été envisagé dans le cadre de cette étude préliminaire. Il s'agissait pour nous de procéder à un repérage des sites les plus touchés par les apports terrigènes et anthropiques entre la passe de Taapuna et la passe Pomare à Arue (Fig. 1). L'échantillonnage a porté sur 31 stations qui ont été visitées en 4 occasions de Décembre 1994 à Juillet 1995. Cette portion du lagon de Tahiti présente un certain nombre de sources importantes de perturbations :

- Les débouchés est et ouest du canal de drainage de la piste de Faaa
- L'embouchure de la Tipaerui
- La zone portuaire et urbaine de Papeete
- L'embouchure de la Papeava
- L'embouchure de la Fautaua et de la Hamuta
- Les petites rivières côtières de la zone d'Arue

Les prélèvements d'eau ont été effectués juste sous la surface. Du fait de la stratification des eaux (les eaux dessalées flottent sur l'eau de mer) cet échantillonnage ne peut être considéré comme représentatif de l'ensemble de la couche d'eau. En revanche une telle stratégie correspond aux objectifs de cette phase préliminaire qui consiste à mettre en évidence le plus nettement possible les gradients de concentration correspondant aux apports par les eaux de ruissellement.

Physico-chimie des eaux

Les paramètres physico-chimiques de base (température, salinité, pH, oxygène) des eaux ont été mesurés à l'aide d'une sonde multiparamètre YSI6000 utilisée en mode d'acquisition automatique des données. Ces paramètres dits accompagnateurs permettent une pré-définition des conditions de milieu et notamment d'identifier les arrivées d'eaux douces et les possibles modifications des équilibres du système O₂-CO₂. L'utilisation de sondes automatiques permet en outre de facilement mettre en évidence le degré de stratification verticale des eaux.

Des échantillons d'eau ont été prélevés en surface à l'aide d'une bouteille Niskin de 5 litres et transférés dans des flacons plastiques et conservés au frais à l'abri de la lumière avant analyse au laboratoire des paramètres suivants :

- salinité (salinomètre à induction),
- nutriments inorganiques dissous NO₃₊₂, NH₄, PO₄ et Si(OH)₄ par colorimétrie (Aminot & Chaussepied, 1981),
- N et P totaux (oxydation UV et dosage NO₃ et PO₄),
- charge totale particulaire (gravimétrie après séchage à 60 °C),
- rapport organique/inorganique particulaire (gravimétrie après calcination à 450 °C),
- pigments chlorophylliens (fluorimétrie après extraction dans méthanol).

L'ensemble de ces paramètres permet de caractériser et donc de hiérarchiser les masses d'eau en déterminant l'importance de la charge en matériel inorganique dissous et en matériel organique dissous et particulaire (l'inorganique particulaire étant beaucoup moins réactif au niveau de la masse d'eau). L'azote (N) et le phosphore (P) sont des éléments dits nutritifs qui

très souvent limitent le développement des producteurs primaires (microalgues) vivant dans l'eau. La détermination des concentrations en ces différents éléments est donc particulièrement importante pour l'équilibre de l'écosystème lagunaire. Une compilation synthétique de l'ensemble des résultats obtenus est fournie en annexe 1.

L'acquisition en cours d'année 1995 d'un néphélomètre in situ nous a permis de mesurer la turbidité en continu en différentes occasions. Les valeurs obtenues en mV sont calibrées en mg/l de particules par un étalonnage de l'appareil. Etant donné l'évidente disparité des particules présentes dans le milieu nous avons choisi de procéder à un étalonnage in situ en déterminant des droites de corrélation entre signal néphélométrique (mV) et concentrations en particules (mg l^{-1}). Au vu des premiers résultats nous avons été conduits à considérer 2 groupes de particules ayant des caractéristiques optiques différentes : les particules carbonatées issues du récif et les particules basaltiques terrigènes. Dans le cadre de la présente convention nous avons principalement effectué des profils verticaux permettant de déterminer la structure verticale des eaux ; ces profils ont été effectués en même temps que les profils de sonde multiparamètres physico-chimique.

Microbiologie

A notre connaissance, à l'exception des études sur les micro-organismes pathogènes menés par les services de la Direction de la Santé Publique, une seule étude a été menée sur l'abondance bactérienne mais par une méthode culturale (Larramendy & De Nardi, 1983) et aucun travail n'existait concernant la biomasse totale et la productivité microbienne dans la colonne d'eau de la zone lagunaire de Papeete. Il s'agit pourtant d'une approche qui permet entre autres intérêts de déterminer le degré d'eutrophisation du milieu et c'est pourquoi une première étude sur le compartiment microbien a été programmée dans le cadre de la présente convention. Le dénombrement des bactéries a été effectué par comptage en microscopie à épifluorescence après coloration au DAPI. La production bactérienne a été évaluée par incorporation de la thymidine tritiée puis mesure de l'activité sur compteur à scintillation. Le détail des protocoles analytiques complexes a été publié dans un rapport de stage de DEA de l'UFP (Fouquet, 1995). Ce stage de DEA a été effectué à l'ORSTOM dans le cadre du programme ANTROPIC sous la responsabilité de J.-P. Torréton.

En complément une approche plus expérimentale a été effectuée sur les potentialités métaboliques des peuplements microbiens en collaboration avec un chercheur de l'Université de San Francisco. Très succinctement, le protocole fait appel à des « microplaques » qui se présentent sous la forme de plaques plastique creusées de micro-cupules. Chaque cupule est tapissée d'un substrat spécifique que certaines bactéries sont capables d'utiliser pour se développer. Le développement des bactéries (5 jours) est mis en évidence par l'apparition d'une coloration violette, visible à l'oeil nu. Sur le terrain à chaque station de mesure une micro-quantité d'eau (100 μl) est injectée dans 96 micro-cupules correspondant à 95 substrats carbonés différents et un témoin sans substrat. La quantité de substrats sur lesquels les bactéries du milieu sont capables de pousser rend compte de la capacité métabolique du peuplement et permet de hiérarchiser les différents types de milieux entre eux selon leurs potentialités. Ces caractéristiques seront comparés aux évaluations de la diversité bactérienne déterminées par analyse moléculaire des gènes codant pour les ARN ribosomaux bactériens.

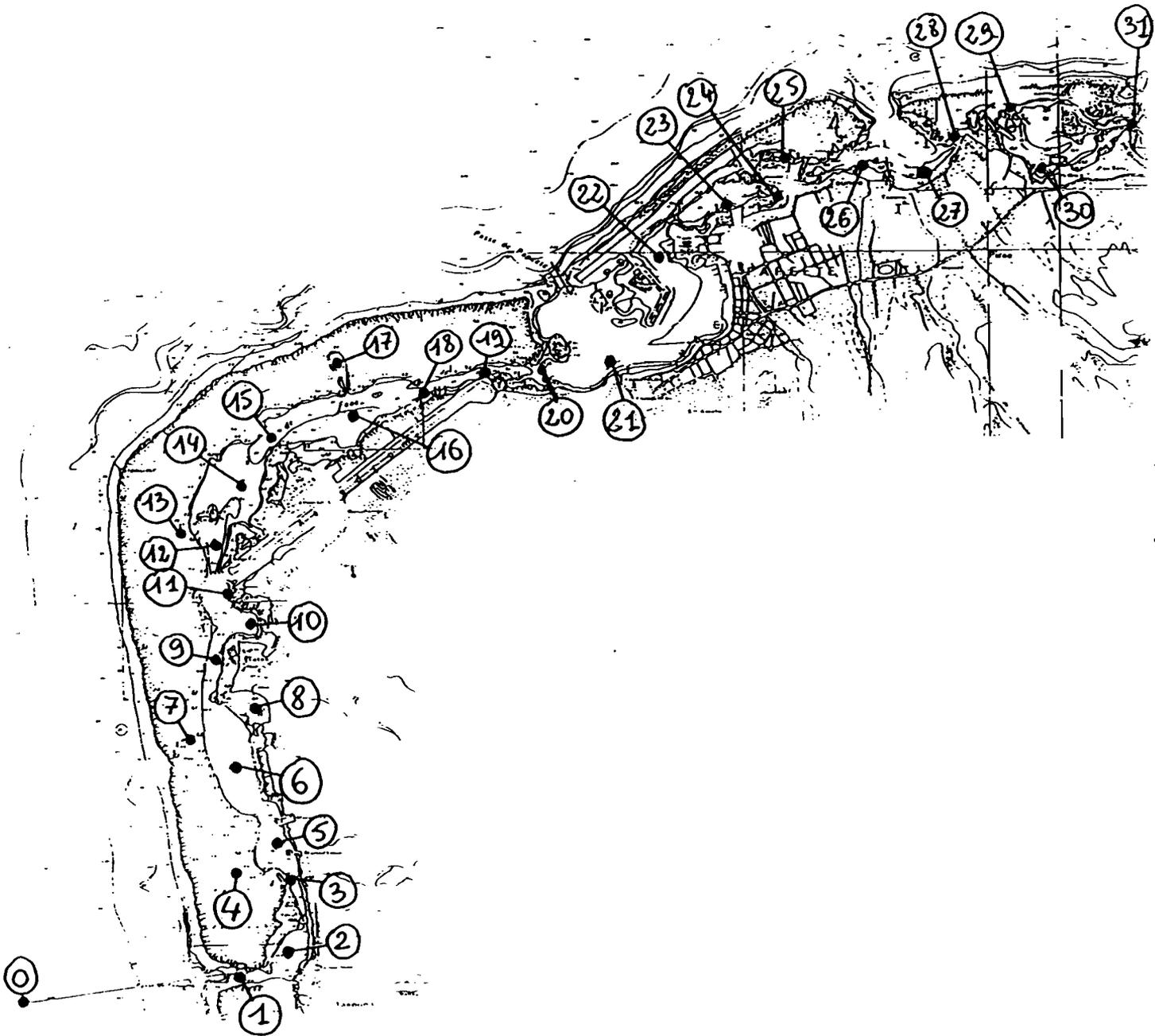


Figure 1 : Cartographie bathymétrique du site d'étude et localisation des 31 stations d'échantillonnage.

Flux sédimentaire

L'étude des influences terrigènes et anthropiques s'intéresse également aux caractéristiques des sédiments qui disposent de la très intéressante capacité à intégrer dans le temps certaines informations sur l'environnement. Bien que l'étude du compartiment sédimentaire se situe au-delà de la présente convention il nous a semblé souhaitable d'inclure dans ce rapport des premières évaluations de flux verticaux particuliers. Ces mesures de sédimentation permettent en effet de quantifier l'importance des échanges entre l'eau et le sédiment et de fournir une image plus dynamique des conditions de milieu. A partir des données obtenues il est possible de hiérarchiser les zones en fonction de l'importance de la sédimentation et donc de l'importance des apports sur le fond.

Les flux ont été mesurés en Juillet 1995 (saison sèche) en 14 points du lagon entre Faa et Arue. A chaque station 3 pièges à particules cylindriques ayant chacun une hauteur de 45 cm et une surface de captage de 43 cm² ont été disposés à 1 m au-dessus du fond. Le matériel particulaire collecté durant 48 heures a été récupéré sur des filtres GF/F. Les filtres pesés après séchage (48 h à 60 °C) puis calcination (3 h à 450 °C) permettent de calculer le flux vertical de matériel particulaire et le pourcentage respectif des fractions organiques et inorganiques.

RESULTATS ET DISCUSSION.

Caractéristiques physico-chimiques des eaux.

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux entre la passe de Taapuna et la passe Pomare à Arue présentent une très importante variabilité dans le temps comme le montre la représentation de la répartition spatiale des concentrations en azote total (N tot) et en particules pour les prélèvements du 29 Décembre 1994 et du 28 Mars 1995 (Fig. 2 et données en annexe 1). En restant à un niveau très général on peut remarquer que les concentrations en N tot sont plus élevées en Mars qu'en décembre alors que la tendance est inversée pour les particules. Il y a donc, en plus de la variabilité temporelle saisonnière, un découplage évident entre le matériel dissous et particulaire. Il apparaît donc indispensable pour la poursuite des travaux de recherche de mieux définir cette variabilité et de rechercher les grandes lois qui la régissent.

D'autre part les caractéristiques du milieu présentent une nette disparité qui met en évidence les zones privilégiées d'apports terrigènes et anthropiques. Un examen zone par zone de ces caractéristiques est possible.

Faaa

D'une manière générale les eaux du lagon de Faaa (stations 1 à 20) ont des concentrations en azote total et en particules assez proches de celles des eaux océaniques (station 0). On observe néanmoins localement des valeurs élevées en azote total et en particule, ceci étant particulièrement évident au niveau de l'extrémité ouest de la piste de l'aéroport (stations 10 et 11). Ces caractéristiques sont généralement associées à une baisse de salinité et à une élévation des concentrations en silicates qui identifient clairement un apport d'origine terrestre.

La piste de l'aéroport constitue un obstacle physique empêchant le rejet direct dans le lagon des rivières côtières qui drainent les eaux usées de l'agglomération de Faaa. Les apports par les rivières sont drainés par un canal débouchant à chaque extrémité de la piste. Les alizés qui soufflent d'est en ouest favorisent l'écoulement des eaux douces vers la sortie ouest. En outre les eaux sortant à l'extrémité est sont rapidement reprises et diluées par le courant sortant de la passe de Faaa. On peut toutefois signaler au niveau de cette zone l'existence d'un contre courant de surface lié au vent qui peut s'étendre le long de la berge sur une dizaine de mètres de largeur et une longueur de 100 à 200 mètres ; ce courant est très nettement visualisé par un diverticule du panache estuarien en période de crue. D'une manière très générale la circulation dans le lagon au niveau de l'extrémité ouest de la piste (station 10) se traduit par un courant de surface orienté vers le sud, en direction de la passe de Taapuna comme le montre très clairement l'extension des panaches turbides. Il faut souligner que cette observation ne cadre pas avec le schéma de synthèse courantologique présenté par Porcher (1993). On peut d'ailleurs au passage signaler que même si certains résultats de courantologie existent dans la littérature, l'absence d'une véritable étude détaillée et synthétique sur l'hydrodynamique du lagon de Tahiti entre Arue et Punauia fait cruellement défaut. Une des conséquences de la circulation précédemment décrite est que les deux grands complexes hôteliers du Beachcomber et du Sofitel Maeva Beach sont situés directement sous l'influence des eaux s'écoulant par l'extrémité ouest du canal de drainage. Cette situation représente un net conflit d'utilisation de la zone côtière et constitue très certainement le principal problème en ce qui concerne le lagon de Faaa.

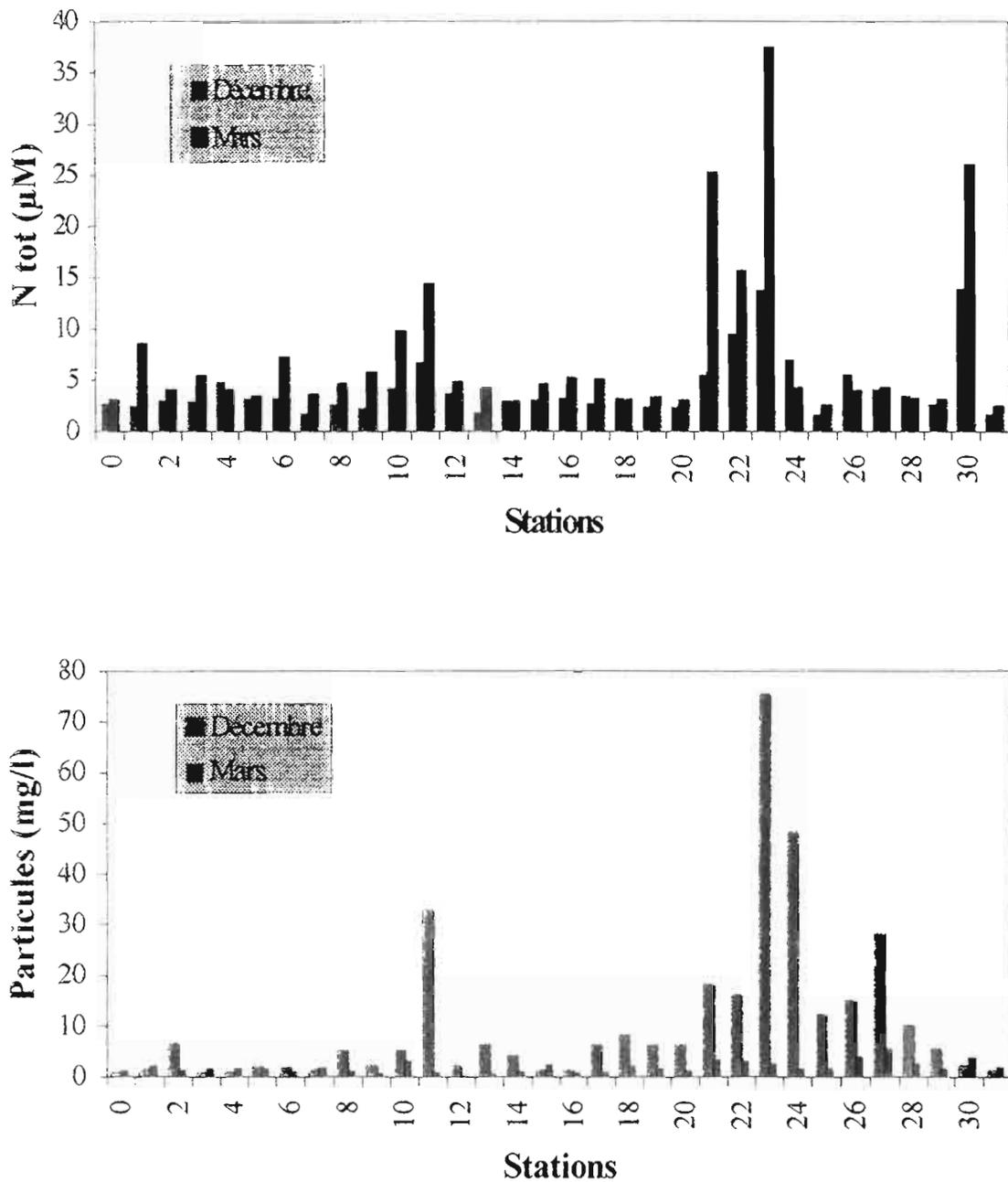


Figure 2 : Répartition par station des concentrations en azote total dissous (N tot) exprimé en µM (figure du haut) et en particules en suspension exprimées en mg l⁻¹ (figure du bas) pour les dates du 29 Décembre 1994 et du 28 Mars 1995 dans le lagon de Tahiti entre la passe Taapuna et la passe Pomare (voir figure 1 pour localisation des stations).

Papeete

Le lagon de Papeete (stations 21 à 26), aussi appelé lagon de Taunoa, présente généralement des concentrations en nutriments et en particules plus élevées que celles mesurées dans le lagon de Faa. La zone portuaire se distingue comme étant une zone étendue où les conditions d'eutrophisation du milieu sont particulièrement bien mises en évidence par les concentrations élevées en particules et en azote dissous. Cette zone isolée de l'influence océanique reçoit des apports terrigènes et anthropiques significatifs. Plusieurs émissaires rejettent directement les effluents et les eaux de ruissellement urbains dans le lagon. Toutefois, l'estuaire de la Papeava (station 23) reste le principal vecteur des rejets en nutriments et en particules dans la zone portuaire. Les concentrations en azote total dissous sont très élevées en période de crue (13 à 37 μM) et malgré une évidente dilution l'influence de l'estuaire s'étend à l'ensemble du bassin délimité par le port comme le montre la décroissance progressive des concentrations autour de l'embouchure. Les concentrations en particules peuvent être élevées en période de crue (75 mg l^{-1} à l'embouchure). Sous l'influence du vent le panache estuarien est généralement poussé vers l'ouest par les courants de surface et s'étend jusque dans le bassin portuaire en passant par le chenal du pont de Motu Uta. Après dilution au cours du transfert les eaux du port se mélangent avec les eaux issues de la Tipaerui et celles sortant du lagon de Faa avant d'être évacuées vers l'océan par la passe de Papeete.

Dans cette zone lagonaire de Papeete les 2/3 de la longueur du récif sont couverts par la digue de protection du port. Il en résulte une bien évidente diminution de l'hydrodynamique de l'ensemble du système. Les apports terrigènes et anthropiques importants se conjuguent avec le ralentissement de l'hydrodynamisme pour créer des conditions de milieu très différentes des conditions rencontrées dans les autres parties du lagon de Tahiti. En conditions normales de houle et de vent la dynamique des eaux lagonaires reste suffisamment forte pour éviter une forte eutrophisation des eaux. Malgré cela certains indicateurs mettent clairement en évidence une dégradation du milieu. Le rapport du LESE préalable aux travaux d'aménagements portuaires de 1981 prédisait une dégradation des conditions de milieu (De Nardi et al., 1983). Les résultats obtenus dans le cadre de notre étude et l'examen de l'évolution des conditions de milieu démontrent le bien fondé de ces conclusions. Il est évident que **tout ralentissement de l'hydrodynamique correspondant soit à de nouveaux aménagements soit à des conditions climatiques exceptionnellement calmes pourrait déboucher sur des crises environnementales sérieuses.**

Arue

Les eaux du lagon d'Arue échantillonnées au voisinage du récif (stations 28, 29 et 31) présentent des caractéristiques proches de celles des eaux océaniques. En revanche, les eaux de la baie d'Arue (station 30) peuvent présenter des salinités faibles (minimum enregistré de 21 usp) et les concentrations en azote total dissous y sont plus élevées que partout ailleurs (12 à 26 μM) et cela quelques soient les conditions climatiques. Il y a donc sur ce site une forte contamination chronique sous la forme d'un enrichissement en nutriments inorganiques et surtout organiques (eutrophisation) provenant des apports terrigènes et surtout anthropiques. Au voisinage du récif les eaux océaniques qui passent par-dessus la barrière génèrent dans le chenal d'arrière récif un courant dirigé vers les passes. Cette circulation a pour effet de partiellement protéger la zone arrière du récif barrière (platier d'arrière récif et chenal) des influences terrigènes et anthropiques.

En période de fortes pluies les apports soudains de grandes quantités de sédiment par les rivières forment des panaches turbides de couleur ocre qui affectent l'ensemble du chenal

entre la côte et le récif intermédiaire. Une évaluation préliminaire de l'importance et de la répartition de ces événements exceptionnels était indispensable pour comprendre la dynamique des apports terrestre. Dans ce but une opération exceptionnelle a été lancée le 8 Février 1995 sur la zone du lagon d'Arue pour procéder à un échantillonnage correspondant à un épisode de fortes pluies générant des panaches turbides. L'examen des données météorologiques montre que cette journée du 8 Février correspond pour l'année 1995 au maximum des précipitations sur 24 heures (Fig. 3, données météorologie nationale).

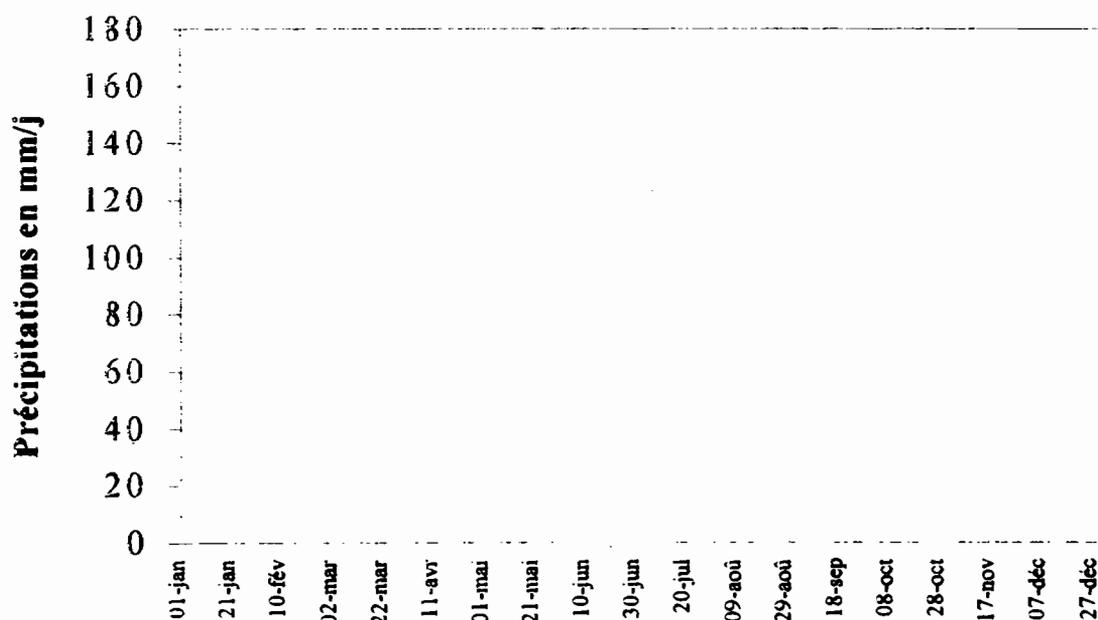


Figure 3: Valeurs quotidiennes des précipitations pour l'année 1995 (données gracieusement fournies par les services de la météorologie nationale). Noter la valeur maximale de 180 mm j^{-1} correspondant au 8 Février.

La distribution des concentrations en particules correspondant à cet événement de forte pluie a été représentée en fonction de la distribution des concentrations en silicates (Fig. 4). En effet, ce dernier paramètre rend compte de la dilution des eaux douces très riches en silicates dans les eaux du lagon pauvres en silicates ($1 \mu\text{M}$). La bonne corrélation entre les deux variables au-delà des embouchures montre qu'une grande partie du matériel particulaire n'est pas déposé immédiatement mais est transporté horizontalement et donc exporté vers les zones d'arrière récif ou les passes. Les concentrations des particules en suspension peuvent dépasser 100 mg l^{-1} dans la couche de surface. Les panaches turbides s'étirent vers les deux passes et peuvent même toucher la zone d'arrière récif barrière au niveau de la pointe Arahiri où le chenal forme un méandre vers le récif. Malgré l'effet protecteur de la circulation lagonaire générée par la houle on observe, dans la zone d'arrière récif, des concentrations plus élevées qu'en conditions normales. L'influence des fortes crues peut donc s'étendre à l'ensemble du lagon. De plus il faut également souligner que lors de tels épisodes de précipitation les panaches des rivières Tuauru et Papeete, dont les embouchures se situent sous le vent de notre zone d'étude, peuvent toucher le récif de Papeete et provoquer une élévation des concentrations en matériel particulaire (2 mg l^{-1}) et dissous ($4 \mu\text{M N}_{\text{tot}}$, $0,5 \mu\text{M P}_{\text{tot}}$) dans les eaux océaniques périrécifales. Lorsque les apports par les rivières s'arrêtent les panaches sont généralement

évacués en une dizaine d'heures environ, ce paramètre variant bien évidemment en fonction des conditions de houle et de vent. Cette purge du système lagonaire permet un retour rapide à des conditions de milieu habituelles. En ce qui concerne les impacts possibles sur les peuplements benthiques (vivant sur le fond) les panaches turbides ont pour premier effet d'empêcher la pénétration de la lumière indispensable au producteur primaire. Néanmoins, dans la mesure où ces conditions restent dans le cas présent très limitées dans le temps on peut considérer que ce type d'impact est négligeable. Il en va tout autrement des apports dissous et surtout particulaires. Malgré la fugacité des événements la quantité de matériel transporté peut être considérable et l'importance de ces apports est évaluée dans le chapitre suivant.

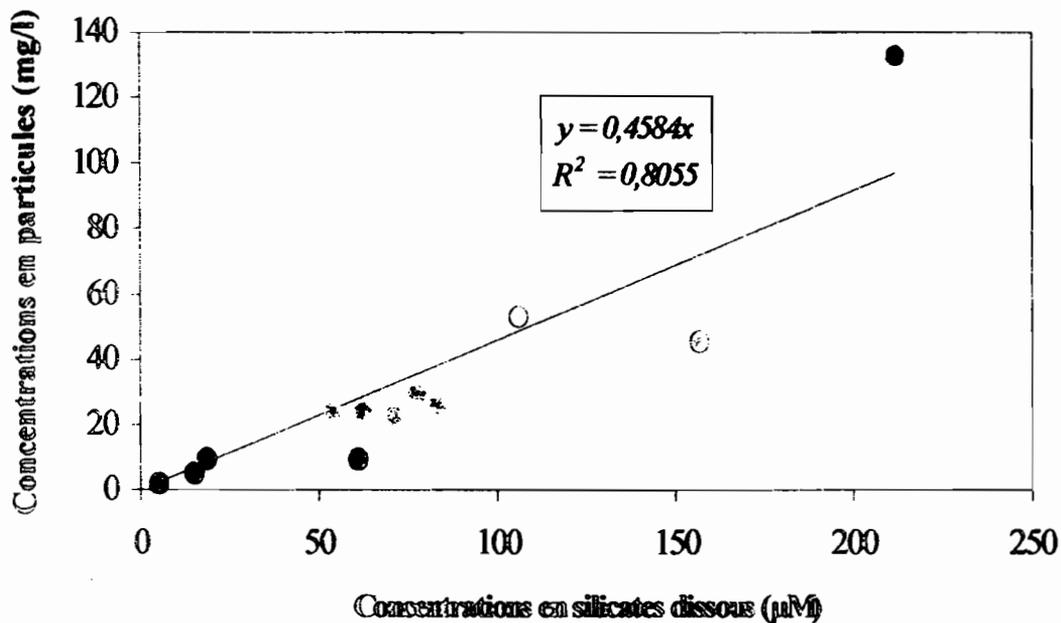


Figure 4 : Evolution des concentrations en particules en fonction des concentrations en silicates dissous dans le lagon d'Arue lors de l'événement climatique du 8 Février 1995; embouchure en rouge, baies en vert, chenaux en bleu clair, arrière récif et passes en bleu marine. La régression linéaire est effectuée sur l'ensemble des 12 points de mesure.

La baie d'Arue apparaît donc comme une zone soumise à d'importants apports terrigènes et anthropiques. Ces apports sont principalement originaires des zones résidentielles (déchets domestiques) et des implantations industrielles et notamment agro-alimentaires. D'autre part la structure naturelle de la baie, l'existence d'un platier intermédiaire entre le récif barrière et la côte et les aménagements côtiers génèrent une hydrodynamique faible. La dilution des eaux de ruissellement y est donc moins efficace que dans d'autres zones lagonaires.

Il faut enfin signaler la certaine similitude géomorphologique (taille, profondeur) entre l'ensemble récifo-lagunaire d'Arue et celui de Papeete. Cette similitude relative permet de comparer ces deux systèmes entre eux et notamment d'évaluer l'effet de la digue du port de Papeete sur l'environnement lagunaire. Le lagon d'Arue mérite donc pour toutes ces raisons un effort de recherche tout particulier.

Stratification des eaux.

Les profils de température, salinité mais surtout de turbidité (Fig. 5) mettent en évidence la plus ou moins bonne homogénéité des eaux lagunaires.

Dans la zone d'arrière récif la turbidité est distribuée de manière homogène sur toute la colonne d'eau. Cette caractéristique est également vérifiée pour des paramètres tels que salinité, température, oxygène dissous et pH. Il n'y a donc dans ce cas aucune stratification et pour ce qui concerne les paramètres du milieu on peut raisonnablement avancer qu'en conditions normales une mesure ponctuelle effectuée à n'importe quelle profondeur sera représentative de l'ensemble de la colonne d'eau.

Dans la baie d'Arue on observe que la turbidité est élevée en surface puis diminue fortement jusqu'à 5 m où elle est 3 fois moins élevée qu'en surface. On observe également une stratification pour d'autres paramètres avec principalement des eaux plus froides et moins salées en surface. Cette structure correspond à l'étalement en surface des écoulements de rivière chargés en matériel particulaire. Dans une couche intermédiaire (5-10 m) les conditions sont stables. A partir de quelques mètres du fond la turbidité augmente du fait de la remise en suspension des sédiments (néphéloïde).

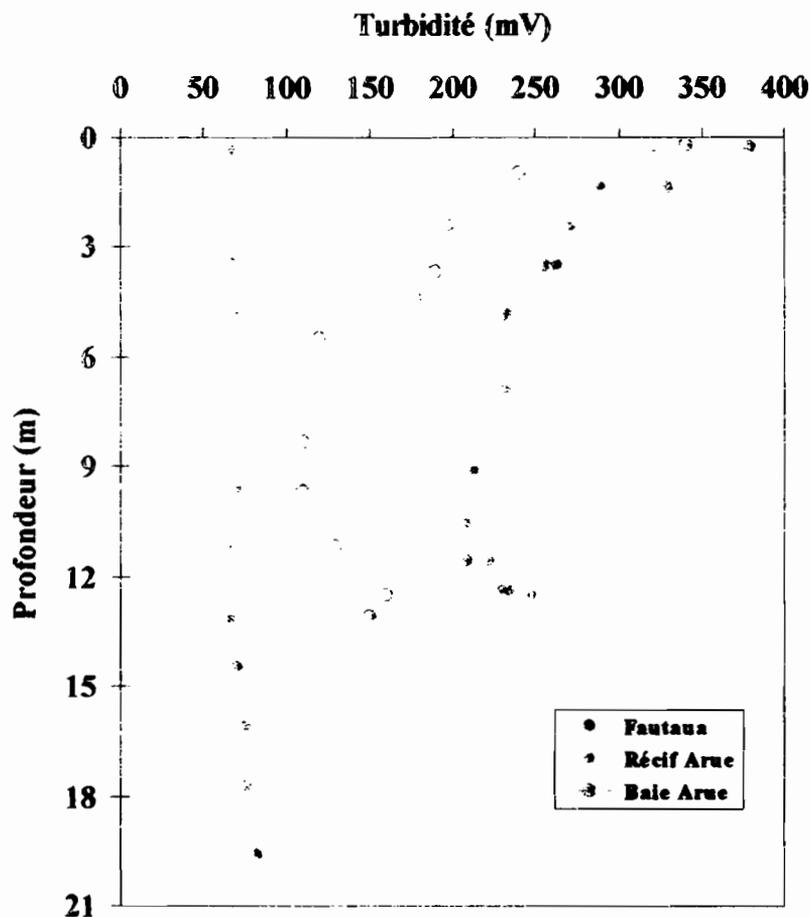


Figure 5 : Répartition verticale de la turbidité dans la baie du Taaone, dans la baie d'Arue et au niveau du récif d'Arue.

Dans la baie du Taaone on observe une structure assez semblable à celles de la baie d'Arue à l'exception notable du fait que la turbidité à 10 m est approximativement égale à la moitié de la turbidité des eaux de surface. La circulation dans cette baie qui ouvre sur une passe est plus active et les mélanges d'eau y sont donc de toute évidence plus efficaces. Il y a donc une homogénéisation partielle de la masse d'eau qui tend à amortir la stratification verticale provoquée par les apports des rivières Fautaua et Hamuta. De plus, on observe que le néphéloïde de fond est limité à une épaisseur de 2-3 m ce qui traduit très certainement l'action d'homogénéisation de cette même circulation.

On peut donc remarquer que le matériel particulaire présente des concentrations élevées en surface dans les zones sous influence terrigène forte. Au cours de leur transport par la circulation superficielle la charge en particule va diminuer principalement sous l'action combinée de la dilution et de la sédimentation. Cette stratification des eaux observée dans la frange côtière pose un problème technique lié au choix de la profondeur d'échantillonnage qui est discuté dans la conclusion.

Microbiologie des eaux.

Comme mentionné dans le chapitre "matériels et méthodes" l'étude des peuplements bactériens a été découpée en deux actions. La première action est purement quantitative et fournit les premiers résultats de production pour le lagon de Tahiti. La seconde action est une approche qualitative du compartiment bactérien. Elle a pour objectif, en s'appuyant sur des techniques récemment mises au point, de déterminer si les peuplements bactériens océaniques, lagunaires et lagunaires eutrophes sont fondamentalement différents.

Abondance et production.

Les résultats d'abondance bactérienne pour le mois de Janvier et d'abondance et de production bactérienne pour le mois de Mars (Tab. 1) confirment l'existence d'une forte variabilité spatiale.

Le classement des stations a été effectué à partir des productions bactériennes de Mars et aboutit à un regroupement des stations en 3 types hiérarchiques.

- Type sous influence océanique généralement proche du récif barrière et présentant des valeurs d'abondance et de production proches des valeurs de la référence océanique.
- Type lagunaire présentant des valeurs intermédiaires d'abondance ($0,3-0,5 \cdot 10^6$ cellules ml^{-1}) et de production ($5-13$ $pmol\ l^{-1}\ h^{-1}$).
- Type fortement perturbé correspondant à certains fonds de baie et estuaires de rivières qui se caractérisent principalement par des productions élevées (plus de 20 $pmol\ l^{-1}\ h^{-1}$).

En ce qui concerne le cas de Janvier on observe que les abondances bactériennes sont généralement supérieures à celles mesurées en Mars, cette caractéristique étant plus marquée au voisinage de la côte. D'autre part on observe trois cas exceptionnels avec des abondances bactériennes supérieures à $5 \cdot 10^6$ cellules ml^{-1} mesurées aux embouchures de l'exutoire ouest du canal de drainage de l'aéroport de Faa (station 11), de la Fautaua (station 26) et de la Papeava (station 23). On peut noter que l'embouchure de la Tipaerui (station 21) présente des abondances plus faibles que les autres débouchés de rivière. L'échantillonnage de Janvier correspond à une période pluvieuse (Fig. 3) et met très vraisemblablement en évidence l'importance et la diffusion des principaux points d'apports en matériel anthropique.

Tableau 1 : Abondances et production bactériennes déterminées dans la colonne d'eau du lagon de Tahiti.

Type	Station	Abondance 01/95 10 ⁶ cellules ml ⁻¹	Abondance 03/95 10 ⁶ cellules ml ⁻¹	Production 03/95 pmol l ⁻¹ h ⁻¹
Océan	0	0,343	0,533	2,80
		0,377	0,529	2,79
		0,377	0,556	2,81
		0,377	0,504	2,76
		0,377	0,504	2,75
Lagon typique	27	1,346	0,291	5,37
	30	1,328	0,410	5,94
	16	0,348	0,392	6,05
	26	7,386	0,307	7,12
	20	0,439	0,425	8,06
	15	0,385	0,445	8,38
	11	10,178	0,478	8,39
	12	0,504	0,397	9,66
	3	0,253	0,473	10,79
	6	0,893	0,509	10,98
	22	2,617	0,493	12,52
	1	1,478	0,313	12,80
Lagon perturbé	21	1,540	0,643	19,33
	23	2,489	0,380	25,26
	10	0,669	0,592	43,69
	8	0,133	0,723	51,76

Potentialités métaboliques

En complément à cette approche quantitative l'analyse des résultats des microplaques est tout à fait parlante (Fig. 6). On voit qu'il existe un très net gradient des potentialités métaboliques des peuplements bactériens. Dans la zone océanique oligotrophe les peuplements bactériens n'ont pas la capacité d'utiliser un grand nombre de substrats pour se développer. En revanche l'échantillon prélevé à l'embouchure de la Papeava (station 23) contient des bactéries très opportunistes qui peuvent utiliser un très grand nombre de substrat. La station lagonaire présente des caractéristiques intermédiaires entre ces deux extrêmes. On peut expliquer cette caractéristique de deux façons :

1) la présence d'une population bactérienne adaptée se développant sur place malgré la présence de courants tendant à la disperser;

2) une population bactérienne d'origine continentale progressivement diluée et modifiée par la circulation des eaux lagonaires.

Ces deux explications ne sont pas forcément opposées et une étude plus poussée est nécessaire pour comprendre le rapport exact entre les conditions de milieu et la structure des peuplements bactériens.

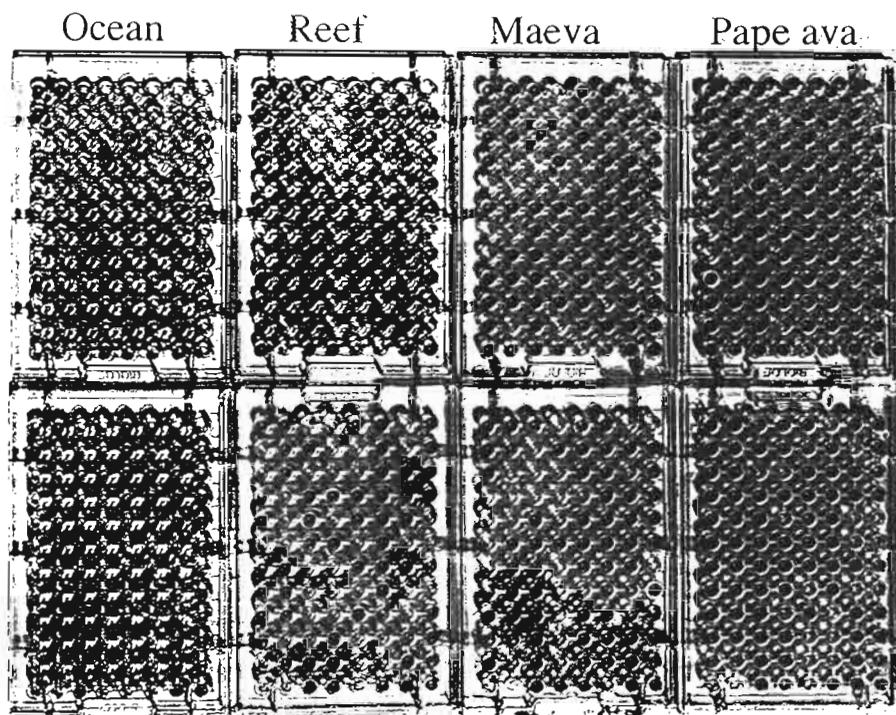


Figure 6 : Caractérisation des potentialités bactériennes pour 4 stations situées le long d'un gradient terre-océan. Noter le très fort développement (coloration violette) bactérien sur les 2 microplaques Papeava par rapport à l'océan. Les bactéries situées à l'embouchure de la Papeava sont capables d'utiliser pratiquement tous les substrats proposés, ce qui confirme l'importance des apports organiques à cet endroit.

Flux verticaux particuliers.

Une première approche comparative de la répartition spatiale des flux de particules au niveau de l'interface eau-sédiment a été menée en Juillet 1995. Il s'agit d'une période climatique présentant des conditions climatiques sèches (Fig. 3) et correspondant donc avec des niveaux d'apports terrestres faibles. Les résultats (Fig. 7) obtenus montrent que même dans de telles conditions il est possible de clairement hiérarchiser les stations en fonction de l'importance de la sédimentation.

Un premier groupe constitué par les stations 7,10,16,17 et 29 rassemble les zones lagunaires où les flux verticaux particuliers sont proches ou en dessous de $20 \text{ g m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. Toutes ces stations se trouvent dans les zones proches du récif à l'exception notable de la station 16 située au voisinage de la côte et au niveau du milieu de la piste de l'aéroport. Ceci confirme le rôle de barrière physique de la piste en ce qui concerne les apports terrestres au lagon.

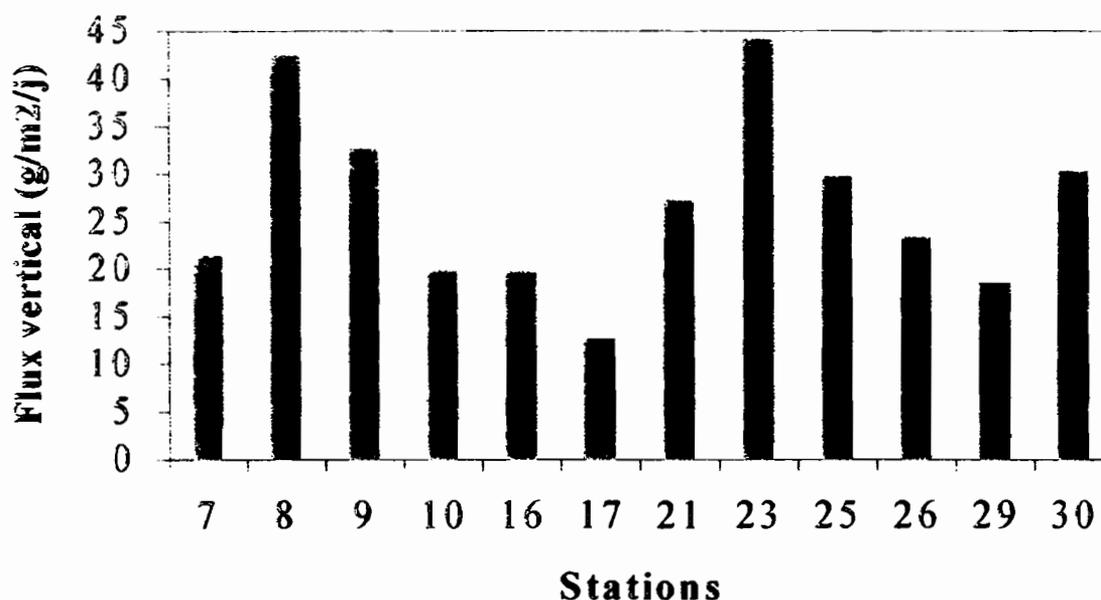


Figure 7 : Répartition par station des flux verticaux de particules au niveau du fond.

A l'opposé un second groupe constitué des stations 8, 9, 21, 23, 25, 26 et 30 rassemble les zones lagunaires où les flux verticaux particulaires sont compris entre 25 et 45 $\text{g m}^{-2} \text{j}^{-1}$. Il s'agit de stations côtières ou protégées de l'influence océanique. Les valeurs maximales sont enregistrées aux stations 8 et 23 soit la baie de l'hôtel Maeva Beach et l'embouchure de la Papeava. Ces stations correspondent à des zones relativement abritées où la dynamique des courants peut être faible et donc favorable à une sédimentation élevée. Toutefois, l'observation en plongée et les caractéristiques sédimentologiques des fonds différencie très nettement les 2 sites. La baie du Maeva peu profonde est couverte d'algues vertes à squelette calcaire du genre *Halimeda*. Les éléments ou articles provenant de ces squelettes sont très largement responsables de l'importance de la fraction grossière dans les sédiments qui tapissent le fond. A l'inverse, au niveau de l'embouchure de la Papeava on trouve un cône estuarien vaseux qui recouvre sur une épaisseur d'environ 1 m l'ancien récif frangeant bioconstruit. Ce cône vaseux plonge rapidement jusqu'à une profondeur d'environ 30 m puis est prolongé par une plaine lagunaire vaseuse. La nature très fine des sédiments sur ce site atteste de la stabilité des dépôts. Le sédiment n'est pas abiotique comme le montre la présence de nombreux terriers de crustacés ce qui peut conduire à remaniement biologique (bioturbation) partiel des sédiments. Dans cette zone de la Papeava les flux sédimentaires et la nature des fonds rendent compte d'une influence terrestre forte. Cette caractéristique du milieu est la conséquence de l'effet conjugué de l'importance des apports et de la faiblesse de la circulation.

Note : Les mesures en cours montrent que les taux de sédimentation enregistrés durant les périodes de crue sont très largement supérieurs aux taux mesurés en période sèche. Une estimation grossière permet de penser qu'au niveau des embouchures de rivière environ 90 % des apports annuels en matériel particulaire sont fournis en une quinzaine de jours.

CONCLUSION

A partir de cette approche préliminaire il est donc tout d'abord possible de classer le lagon en différentes zones plus ou moins influencées par les apports terrigènes et anthropiques et d'examiner les différences entre les principales sources de ces apports.

Les zones les plus nettement influencées par les apports terrigènes et anthropiques sont :

La zone face au débouché ouest du canal de drainage de la piste de l'aéroport de Faaa.

La baie de Papeete avec principalement les apports de la Tipaerui.

La zone portuaire située à l'abri de la digue.

La baie du Taaone avec les apports de la Fautaua et de la Hamuta.

La baie d'Arue avec des apports très côtiers.

Les indicateurs de perturbation sont les plus nettement marqués et s'étendent le plus largement dans la **zone portuaire** et dans la **baie d'Arue** où les conditions de confinement favorisent l'eutrophisation des eaux. Ces 2 sites constituent des aires de décantation où s'accumule le matériel particulaire. L'importance de cette accumulation a été très largement stimulée par les aménagements maritimes ou terrestres. Dans les autres cas une circulation relativement active permet de minimiser (sans l'éliminer) l'impact des apports terrigènes et anthropiques.

L'étude du récif d'Arue montre que la circulation générée par la houle dans la zone du chenal d'arrière récif barrière isole en grande partie cette zone de l'influence terrigène et anthropique. Les flux d'eau océanique passant par-dessus la barrière récifale provoquent une surcharge du lagon par rapport à l'océan. Cette surcharge provoque un courant de retour vers les passes qui tient à distance du récif barrière les eaux lagunaires mélangées aux eaux de ruissellement. Dans le cas de la zone portuaire en revanche la présence de la digue qui s'oppose au passage de la houle par-dessus les 2/3 de la barrière récifale diminue très nettement la circulation dans la zone d'arrière récif. Il en résulte une extension beaucoup plus large de l'influence des eaux de ruissellement sur l'ensemble de la zone protégée.

Les résultats obtenus démontrent également que les apports en matériel particulaire et dissous ne sont pas régis par les mêmes lois. Il peut y avoir un certain découplage entre ces deux formes physiques qui nécessite une étude plus détaillée. La poursuite du programme de recherche envisage de suivre les évolutions dans le temps des paramètres du milieu et pour ce qui concerne le matériel particulaire, une analyse de la variabilité à l'échelle de l'heure sera entreprise en utilisant la mesure automatisée en semi-continu de la turbidité. D'autre part on observe des différences au niveau de ces apports en fonction des caractéristiques hydrologiques des rivières. Certaines rivières dites côtières ont un bassin versant peu étendu et sont soumises à un régime hydrologique très hétérogène avec des périodes sèches suivies de fortes pluies qui provoquent des purges violentes et de courte durée. Ces rivières se jettent directement dans le lagon et bien que leur débit annuel soit faible elles peuvent avoir une importance significative sur la dynamique des apports. D'autres, généralement plus importantes et ayant leur source loin de la côte sont soumises au régime hydrologique de l'intérieur de l'île avec des précipitations abondantes et assez fréquentes (Tipaerui, Fautaua). L'importance des débits et l'histoire géologique de ces rivières sont responsables de la formation d'une passe faisant face à leur estuaire. Bien que le débit de ces rivières soit élevé la très grande majorité des apports est directement expulsée par la passe même si, en fonction de la circulation océanique, une fraction peut

revenir dans le lagon en passant par-dessus le récif. La Papeava présente un comportement assez marginal qui la situe à la frontière entre ces 2 catégories. Il peut donc y avoir un certain découplage de fonctionnement entre ces différents types de rivières comme nous avons par exemple pu l'observer en Septembre 1995. La zone du lagon de Papeete qui reçoit les apports de la Tipaerui et de la Papeava est plus nettement influencée par le second type de rivière. Le lagon d'Arue lui est beaucoup plus influencé par les rivières côtières. La Fautaua située au droit de la passe dans une zone où le récif est proche de la côte fonctionne de façon assez autonome et son influence sur le lagon est finalement assez limitée.

A partir des résultats obtenus dans le cadre de cette étude préliminaire il a été décidé de concentrer les futures activités de recherche sur les sites les plus sérieusement affectés qui se situent entre la passe de Papeete et la passe Pomare. Dans cette zone les prélèvements d'eau seront effectués à 23 stations et à une profondeur de 1 m. Comme nous l'avons évoqué au début de ce rapport et comme le démontre l'étude de la stratification des eaux, à cette profondeur les eaux ont des caractéristiques plus représentatives de celles de l'ensemble de la colonne d'eau lagonaire sous-jacente. D'autre part cette profondeur correspond aux zones particulièrement actives biologiquement des récifs frangeants et du platier d'arrière récif de la barrière récifale. La variabilité temporelle sera prise en compte à partir d'un échantillonnage mensuel des paramètres de milieu. De même les flux verticaux de particules à l'interface eau-sédiment seront mesurés mensuellement à 6 stations caractéristiques de conditions environnementales différentes. En complément une action de recherche sera menée sur les archives historiques sédimentaires. Les sédiments ont en effet dans certaines circonstances la capacité d'enregistrer certaines informations sur l'évolution des conditions de milieu passées. Une étude de l'évolution des conditions de milieu durant le dernier siècle dans le lagon de Tahiti permettra tout d'abord de replacer l'étude environnementale sur un an dans un contexte plus général. D'autre part la mise en évidence des tendances évolutives permettra de hiérarchiser les problèmes non plus en fonction d'un état figé du milieu mais en fonction d'une approche prédictive du devenir de l'environnement lagonaire.

Remerciements : *Ce travail a été accompli grâce au soutien financier du Ministère de l'Environnement et du Ministère de la Recherche de Polynésie Française et du Département TOA de l'ORSTOM. Nous remercions les services de la Météorologie qui nous ont gracieusement fourni les données nécessaires à l'interprétation des résultats. Nous tenons à chaleureusement remercier Léonard Chungue, Nicolas Maihota, Joël Orempuller, John Paoaafaite, Joseph Teuri pour leur patiente et efficace assistance sur le terrain et au laboratoire.*

REFERENCES

- Belsher T., Meinesz A., Payri C. & Ben Moussa H., 1990. Apport du satellite SPOT à la connaissance des écosystèmes récifaux coralliens. La végétation marine de l'île de Moorea, Polynésie française. *Oceanologica Acta*, 13 : 513-524.
- De Nardi J.L., 1989. Etude sur la pollution des eaux côtières dans la zone urbaine de Tahiti. Rapport CEA-R-5488, 34 p.
- De Nardi J.L., Raymond A. & Ricard M., 1983. Etude des conséquences pour le lagon de Taunooa des travaux d'extension du port de Papeete. Rapport CEA-R-5222, 108 p.
- Done, 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia*, 247 : 121-132.
- Fouquet O., 1995. Importance du bactériobenthos dans les fonds meubles du lagon de Tahiti. Rapport de DEA, Université Française du Pacifique, 40 p.
- Fraizier et al., 1985. Observations sur diverses formes de pollution d'un secteur littoral de Tahiti. Rapport CEA-R-5307, 56 p.
- Gabric A.J. & Bell P.R.F., 1993. Review of the effects of non-point nutrient loading on coastal ecosystems. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 44 : 261-283.
- Grigg R.W. & Dollar S.J., 1990. Natural and anthropogenic disturbance on coral reefs. In *Ecosystems of the world 25, coral reefs*. Dubinsky Z. (ed.), Elsevier, Amsterdam, p. 439-452.
- Hallock P. & Schlager W., 1986. Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios*, 1 : 389-398.
- Hatcher B.G., Johannes R.E. & Robertson A.I., 1989. Review of research relevant to the conservation of shallow tropical marine ecosystems. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 27 : 337-414.
- Larramendy M.T. & De Nardi J.L., 1983. Etude de l'évolution physico-chimique et bactériologique des lagons de Tahiti et Moorea (1975-1982). Rapport CEA-R-5235, 67 p.
- Longomazino N., Spuig J.C., Suchard T. & Tavanae M., 1993. Surveillance de la qualité du milieu marin de la rade et du port de Papeete. Rapport RT DPHD/LESE 92-5 110 p.
- Marszalek D.S., 1987. Sewage and eutrophication. In *Human impacts on coral reefs : facts and recommendations*. Salvat B. (ed.), Antenne Muséum EPHE, French Polynesia, p. 77-90.
- Payri C. & Naim O., 1982. Variations entre 1971 et 1980 de la biomasse et de la composition des populations de macroalgues sur le récif corallien de Tiahura (Ile de Moorea, Polynésie Française). *Cryptogamie Algologie*, 3 : 229-240.
- Porcher M., 1993. Milieu littoral et récifal intertropical et aménagements. Editions du Ministère de l'Environnement Français, Neuilly sur Seine, 238 p.
- Raymond A., 1982. Observations des caractéristiques de l'eau du lagon dans la zone d'extension du port de Papeete. Note CEA-N-2313, 13 p.
- Smetacek V., Bathmann U., Nöthig E.-M. & Scharek R., 1991. Coastal eutrophication : causes and consequences. In *Ocean margin processes in Global Change*. Mantoura R.F.C., Martin J.-M. & Wollast R. (eds.), Wiley & sons, Chichester, p. 251-279.
- Smith S.V. & Buddemeier R.W., 1992. Global change and coral reef ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23 : 89-118.
- Spurgeon J.P.G., 1992. The economic valuation of coral reefs. *Mar. Poll. Bull.*, 24 : 529-536.

ANNEXE 1

Tableaux de données des missions masse d'eau

DATE : le 15 Décembre 1994

Station	ΣNO_3	NH_4	NOD	N_{tot}	PO_4	POD	P_{tot}	Si(OH)_4
0	0,08	0,20	2,59	2,87	0,51	-0,13	0,38	0,88
1	0,47	0,40	1,95	2,81	0,35	0,05	0,40	1,23
2	0,21	0,17	3,70	4,08	0,35	0,12	0,47	2,71
3	0,23	0,24	3,07	3,54	0,38	0,04	0,42	1,81
4	0,81	0,37	3,01	4,19	0,33	0,13	0,46	1,28
5	0,60	0,26	2,99	3,85	0,39	0,07	0,46	2,19
6	0,23	0,16	2,83	3,22	0,40	0,04	0,45	2,68
7	0,41	0,28	1,97	2,66	0,36	0,02	0,38	1,15
8	1,15	0,52	3,16	4,83	0,63	0,00	0,63	12,25
9	0,28	0,16	2,44	2,88	0,37	0,08	0,45	1,39
10	2,56	0,44	2,51	5,50	0,51	0,10	0,60	19,36
11	0,29	0,28	2,79	3,36	0,32	0,15	0,47	1,81
12	0,24	0,16	2,36	2,76	0,40	0,00	0,39	2,11
13	0,46	0,33	1,87	2,66	0,41	-0,05	0,36	1,39
14	0,20	0,32	2,04	2,57	0,38	0,00	0,38	1,62
15	0,20	0,17	2,00	2,36	0,39	0,02	0,41	1,54
16	0,15	0,18	2,31	2,64	0,37	0,05	0,42	1,80
17	0,18	0,19	2,04	2,40	0,44	-0,05	0,39	1,84
18	0,20	0,43	1,52	2,14	0,51	-0,11	0,40	1,51
19	0,20	0,28	1,20	1,68	0,35	0,05	0,40	1,46
20	0,17	0,22	1,71	2,10	0,43	-0,04	0,39	1,58
21	0,43	0,35	2,57	3,36	0,40	0,20	0,59	7,01
22	0,17	0,15	2,74	3,06	0,44	0,09	0,54	4,49
23	1,04	0,51	2,17	3,72	0,66	0,05	0,71	4,74
24	0,22	0,13	2,10	2,46	0,44	0,00	0,44	3,37
25	0,17	0,16	1,62	1,95	0,37	0,03	0,40	2,06
26	1,02	0,23	2,31	3,56	0,72	-0,17	0,55	15,30
27	1,29	0,85	1,84	3,98	0,77	-0,10	0,67	19,09
28	2,43	0,20	0,32	2,94	0,34	0,04	0,38	2,47
29	0,14	0,16	2,34	2,64	0,49	-0,12	0,37	2,52
30	9,42	3,02	3,14	15,58	2,74	0,36	3,09	151,93
31	0,22	0,18	1,15	1,54	0,40	-0,06	0,34	2,88

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES OBSERVEES LAGON GRAND PAPEETE

DATE : le 29 Décembre 1994

Station	ΣNO_3	NH_4	NOD	N_{tot}	PO_4	POD	P_{tot}	Si(OH)_4	pH	Sal	O_2	SPM
	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM		psu	mg/l	mg/l
0	0,26	0,46	1,99	2,70	0,24	0,27	0,51	1,62	8,24	36,0	7,52	0,45
1	0,84	0,55	1,09	2,49	0,31	0,39	0,70	7,77	8,23	35,6	7,48	1,25
2	0,45	0,45	2,06	2,96	0,28	0,31	0,59	2,22	8,23	35,9	7,47	6,25
3	0,49	0,53	1,92	2,94	0,29	0,30	0,59	2,44	8,24	35,8	7,54	0,62
4	0,40	0,44	3,91	4,74	0,25	0,27	0,52	1,17	8,24	35,9	7,50	0,62
5	0,53	0,51	2,10	3,15	0,30	0,22	0,52	2,84	8,24	35,9	7,48	1,83
6	0,55	0,53	2,12	3,21	0,31	0,25	0,56	3,17	8,29	36,3	8,36	1,88
7	0,18	0,32	1,20	1,70	0,23	0,23	0,46	0,96	8,29	36,3	8,46	1,23
8	0,66	0,60	1,35	2,61	0,35	0,23	0,59	7,39	8,24	35,5	7,27	5,00
9	0,67	0,70	0,86	2,23	0,38	0,30	0,68	4,55	8,24	35,7	7,41	2,00
10	0,71	0,71	2,67	4,08	0,34	0,28	0,62	4,00	8,24	35,5	7,33	5,00
11	3,35	2,63	0,70	6,67	1,02	1,33	2,35	33,57	8,25	31,9	7,43	32,50
12	0,41	0,84	2,38	3,63	0,31	0,14	0,45	1,83	8,24	36,0	7,31	2,00
13	0,17	0,36	1,22	1,76	0,25	0,21	0,45	1,07	8,30	36,1	8,28	6,00
14	0,36	0,44	2,21	3,01	0,30	0,17	0,46	1,69	8,26	35,9	7,49	4,00
15	0,36	0,52	2,19	3,07	0,31	0,20	0,50	2,79	8,24	35,7	7,41	1,00
16	0,23	0,49	2,49	3,22	0,27	0,22	0,49	1,45	8,28	36,1	7,81	1,00
17	0,19	0,32	2,17	2,67	0,27	0,23	0,50	1,50	8,29	36,1	7,90	6,00
18	0,30	0,43	2,49	3,22	0,30	0,26	0,56	1,95	8,28	35,8	7,88	8,00
19	0,23	0,46	1,71	2,39	0,30	0,20	0,49	1,76	8,27	35,8	7,61	6,00
20	0,32	0,48	1,54	2,34	0,31	0,18	0,49	1,83	8,28	35,8	7,82	6,00
21	2,20	1,53	1,73	5,47	1,35	1,15	2,49	23,80	8,26	24,1	7,91	18,00
22	4,13	3,01	2,37	9,51	1,26	0,56	1,83	39,32	8,23	29,0	7,81	16,00
23	6,44	19,27	-11,93	13,79	7,93	-0,49	7,44	81,64	8,03	14,6	9,12	75,00
24	2,44	2,91	1,62	6,97	1,85	0,21	2,06	17,09	8,19	31,2	7,10	48,00
25	0,51	1,04	0,11	1,65	0,43	0,23	0,66	4,66	8,27	35,7	7,61	12,00
26	1,52	1,66	2,32	5,50	1,49	0,85	2,33	36,49	8,28	31,3	8,01	15,00
27	0,97	0,98	2,10	4,04	1,00	0,51	1,51	24,27	8,26	33,4	7,73	28,00
28	0,25	0,51	2,70	3,47	0,34	0,19	0,53	2,69	8,28	35,8	7,85	10,00
29	0,16	0,42	2,04	2,62	0,32	0,21	0,53	2,74	8,28	35,7	7,84	5,26
30	6,65	3,67	3,61	13,92	2,59	0,32	2,91	159,51	8,20	22,8	7,64	2,00
31	0,25	0,37	1,04	1,66	0,37	0,22	0,59	3,86	8,28	35,4	7,74	1,00

Rapport de Convention - Ministère de l'Environnement de Polynésie - ORSTOM Tahiti

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES OBSERVEES LAGON GRAND PAPEETE

DATE : le 28 Mars 1995

Station	Heure	ΣNO3	NH4	NOD	Ntot	PO4	POD	Ptot	Si(OH) ₄	Temp	Sal	O2	pH	Red	SPM
		μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	°C	psu	mg/l		mV	mg/l
0	08:09	0,10	0,06	n.d.	n.d.	0,19	0,38	0,56	1,11	29,10	35,5	6,48	8,04	111	1,40
1	08:18	0,34	0,28	7,90	8,52	0,24	0,30	0,54	1,53	28,90	35,6	6,09	7,87	134	2,33
2	08:23	0,34	0,18	3,50	4,01	0,26	0,33	0,59	1,51	28,90	35,6	5,81	7,85	129	1,40
3	08:29	0,58	0,63	4,18	5,39	0,29	0,34	0,63	6,38	28,90	35,6	6,01	8,04	130	1,73
4	08:36	1,06	0,18	2,76	3,99	0,24	0,29	0,53	1,15	29,10	35,5	6,27	8,06	127	1,73
5	08:40	0,82	0,11	2,42	3,36	0,26	0,27	0,53	1,67	28,90	35,6	5,92	7,86	132	1,80
6	08:44	1,46	0,10	5,61	7,16	0,26	0,40	0,66	1,43	29,00	35,6	5,99	7,98	129	1,20
7	08:50	0,95	0,17	2,41	3,53	0,26	0,24	0,51	1,15	29,10	35,5	6,55	8,10	125	1,87
8	08:57	1,21	0,15	3,20	4,55	0,35	0,27	0,62	21,93	29,20	35,4	5,76	7,87	139	1,07
9	09:19	1,70	0,23	3,77	5,71	0,31	0,25	0,56	13,87	28,90	35,0	5,88	7,88	123	0,73
10	09:04	4,44	0,64	4,63	9,71	0,50	0,23	0,72	43,24	29,40	35,0	6,07	8,05	131	3,07
11	09:08	3,94	0,13	10,23	14,31	0,32	0,27	0,59	2,27	29,10	35,5	6,05	8,01	126	1,00
12	09:24	0,47	0,17	4,13	4,77	0,29	0,24	0,53	1,73	29,00	35,6	5,77	7,86	119	0,20
13	09:27	0,46	0,18	3,41	4,05	0,29	0,25	0,54	1,23	29,00	35,6	6,51	8,10	117	0,60
14	09:35	0,72	0,16	2,02	2,90	0,26	0,20	0,46	1,57	29,00	35,6	5,85	7,87	128	1,07
15	09:40	0,97	0,11	3,41	4,49	0,27	0,33	0,60	1,46	29,10	35,5	6,20	8,04	131	2,47
16	09:45	2,88	0,09	2,18	5,16	0,26	0,24	0,50	1,50	29,10	35,5	6,30	8,04	136	0,87
17	09:49	0,46	0,13	4,37	4,96	0,29	0,24	0,53	1,55	29,10	35,5	6,43	8,13	137	0,93
18	09:55	0,31	0,12	2,61	3,05	0,27	0,27	0,54	1,55	29,10	35,5	6,47	8,07	142	2,20
19	09:59	0,78	0,13	2,36	3,28	0,27	0,24	0,51	1,70	29,10	35,5	6,64	8,07	154	1,73
20	10:05	2,66	0,16	0,19	3,00	0,27	n.d.	n.d.	1,53	29,10	35,5	6,38	8,06	147	1,27
21	10:10	1,53	0,32	23,39	25,24	0,52	0,25	0,78	16,82	29,20	35,1	6,10	7,99	127	3,47
22	10:17	0,39	0,13	15,06	15,58	0,38	0,26	0,65	3,09	29,50	35,6	6,14	8,02	101	3,07
23	10:24	1,24	12,80	23,39	37,42	0,69	0,27	0,97	17,14	29,50	34,9	5,82	7,89	116	2,53
24	10:29	1,13	0,65	2,43	4,21	0,49	0,14	0,63	6,53	29,50	35,2	5,46	7,89	129	1,60
25	10:34	0,27	0,08	2,17	2,52	0,26	0,22	0,48	1,63	29,30	35,7	6,30	8,09	137	1,67
26	10:39	2,37	0,24	1,31	3,93	0,54	0,16	0,70	15,78	29,30	34,7	6,18	8,00	130	4,00
27	10:43	1,13	0,55	2,53	4,21	0,67	0,18	0,84	17,16	29,20	31,9	6,48	8,10	131	5,53
28	10:46	0,36	0,12	2,67	3,16	0,29	0,22	0,51	1,85	29,40	35,6	6,58	8,10	134	2,80
29	10:51	0,93	0,06	2,06	3,04	0,28	0,24	0,51	1,90	29,20	35,4	6,45	8,08	134	1,67
30	10:57	2,57	1,49	21,92	25,99	0,53	0,26	0,80	78,66	29,30	35,7	6,46	8,11	137	3,93
31	11:03	1,03	0,10	1,29	2,42	0,32	0,22	0,53	2,76	29,30	35,4	6,17	7,97	136	2,00

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES OBSERVEES LAGON GRAND PAPEETE

DATE : le 13 Juillet 1995

Station	Heure	ΣNO3	NH4	NOD	Ntot	PO4	POD	Ptot	Si(OH) ₄	Temp	Sal	O2	pH	Red	SPM
		μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	°C	psu	mg/l		mV	mg/l
0		0,08	0,31	2,14	2,54	0,09	0,29	0,37	0,79	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1		0,20	0,04	2,18	2,41	0,09	0,27	0,35	0,90	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2		0,30	0,05	2,30	2,65	0,17	0,21	0,38	0,95	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3		0,29	0,18	2,27	2,74	0,14	0,20	0,34	1,06	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
4		0,32	0,05	2,40	2,76	0,12	0,21	0,33	0,84	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
5		0,30	0,06	2,66	3,03	0,24	0,11	0,35	1,12	n.d.	35,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
6		0,35	0,02	2,39	2,76	0,16	0,19	0,35	1,78	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
7		0,25	1,04	1,35	2,63	0,14	0,23	0,37	0,90	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
8		0,33	0,02	4,83	5,18	0,29	0,28	0,56	7,61	n.d.	35,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
9		0,23	0,12	1,84	2,19	0,12	0,20	0,32	1,06	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
10		0,31	0,24	1,80	2,34	0,17	0,23	0,40	5,18	n.d.	35,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11		2,20	0,04	2,50	4,75	0,20	0,21	0,41	24,96	n.d.	34,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12		0,27	0,07	4,33	4,68	0,41	0,10	0,50	1,57	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13		0,32	0,02	2,32	2,67	0,16	0,27	0,43	0,80	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
14		0,24	0,04	2,12	2,40	0,28	0,15	0,43	1,25	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
15		0,26	0,03	2,10	2,40	0,14	0,23	0,37	1,28	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
16		0,27	0,07	1,86	2,21	0,13	0,22	0,35	1,17	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
17		0,42	0,05	2,77	3,24	0,20	0,25	0,45	0,87	n.d.	36,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
18		0,32	0,03	5,19	5,54	0,13	0,37	0,50	1,19	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
19		0,30	0,16	2,36	2,82	0,13	0,28	0,41	1,19	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20		0,55	2,27	0,27	3,09	0,15	0,33	0,49	2,77	n.d.	35,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21		1,73	0,12	3,85	5,70	0,52	0,41	0,93	96,14	n.d.	34,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
22		0,37	3,29	-0,20	3,46	0,19	0,32	0,51	2,64	n.d.	35,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23		0,46	0,17	3,20	3,83	0,34	0,39	0,73	15,32	n.d.	35,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24		0,95	0,09	5,74	6,77	0,25	0,31	0,56	5,66	n.d.	35,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
25		0,49	0,42	2,45	3,36	0,16	0,42	0,58	2,98	n.d.	35,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
26		1,47	1,05	1,04	3,56	0,24	0,29	0,52	76,91	n.d.	34,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
27		1,66	0,19	3,02	4,87	0,51	0,28	0,79	39,55	n.d.	34,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
28		1,13	0,11	2,33	3,56	0,24	0,22	0,46	12,28	n.d.	35,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
29		1,00	0,39	2,22	3,62	0,20	0,28	0,48	8,87	n.d.	35,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
30		6,15	0,14	5,47	11,76	2,36	0,62	2,98	90,32	n.d.	20,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
31		0,84	0,00	3,06	3,90	0,27	0,24	0,50	14,44	n.d.	35,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES OBSERVEES LAGON ARUE

DATE : le 08 Février 1995

Station	Heure	ΣNO_3	NH_4	NOD	N_{tot}	PO_4	POD	P_{tot}	Si(OH)_4	Temp	Sal	O_2	pH	Red	SPM
		μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM	$^{\circ}\text{C}$	psu	mg/l		mV	mg/l
1	08:57	14,24	6,75	2,82	23,82	4,42	0,17	4,59	156,78	25,2	11,0	8,54	7,82	163	45,33
2	09:08	9,12	4,98	3,05	17,15	1,89	0,11	2,00	211,94	24,8	11,5	9,02	8,19	162	132,50
3	09:13	5,57	3,03	1,80	10,40	1,58	0,16	1,74	106,24	25,3	16,6	8,50	8,19	155	53,00
4	09:18	8,22	4,86	4,82	17,90	2,35	0,14	2,50	77,61	25,3	15,8	8,29	8,09	151	29,50
5	09:22	5,24	2,99	3,08	11,31	1,66	0,19	1,85	71,32	25,5	15,9	8,32	8,14	150	22,50
6	09:26	5,80	3,20	2,01	11,00	1,53	0,19	1,72	62,63	26,5	26,9	7,97	8,27	150	24,00
7	09:35	1,38	1,95	2,11	5,44	0,50	0,16	0,66	15,25	27,3	32,3	7,67	8,33	159	5,00
8	09:42	5,61	3,53	1,30	10,44	1,37	0,18	1,55	61,30	25,8	18,3	6,81	8,08	145	9,40
9	09:47	0,70	1,66	2,07	4,43	0,34	0,15	0,49	5,28	27,3	33,2	7,93	8,36	145	1,70
10	09:51	2,61	1,86	2,48	6,95	0,84	0,16	1,00	18,63	26,9	29,6	7,98	8,34	142	9,38
11	09:56	5,26	2,77	-1,02	7,01	1,22	0,18	1,40	83,24	26,1	19,5	8,25	8,28	142	25,25
12	10:01	3,71	1,92	2,04	7,67	1,56	0,42	1,99	54,22	26,6	23,9	8,04	8,30	145	23,75

ANNEXE 2

***Présentation succincte du mémoire de DEA
présenté par O. Fouquet
Université Française du Pacifique***

Université Française du Pacifique

D.E.A.

Diplôme d'Etudes Approfondies

Connaissance et Gestion des Ecosystèmes Coralliens Littoraux et Océaniques
C.G.Mi.C.L.O.

présenté par **Odile Fouquet**

Importance du bactériobenthos dans les fonds meubles du lagon de Tahiti

sous la direction scientifique de :
Jean-Pascal TORRETON, Chargé de Recherche

Soutenu le 24 juin 1995, devant le jury composé de :

Président : **Raymond BAGNIS, Professeur.**
Membres : **Christian HERBAUT, Professeur,**
Claude Payri, Professeur,
Antoine PEYRE, Professeur.

Centre ORSTOM de Tahiti, B.P. 529 - Papeete
Tahiti, Polynésie Française

Importance du bactériobenthos dans les fonds meubles du lagon de Tahiti

RÉSUMÉ

Les méthodes de détermination de l'abondance et de la production bactériennes ont été adaptées à l'étude du premier centimètre des sédiments meubles du lagon de Tahiti. Les meilleurs résultats de dénombrement ont été obtenus après un traitement au pyrophosphate de sodium suivi d'une homogénéisation aux ultrasons. La production bactérienne aérobie a été estimée en déterminant l'incorporation de thymidine tritiée dans l'ADN bactérien. Après vérification de la linéarité de l'incorporation, la durée d'incubation retenue est de 30 min. La saturation de l'incorporation du traceur n'a pu être obtenue dans la gamme des $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Pour contourner cette difficulté, la dilution isotopique a été systématiquement déterminée. Les résultats montrent que la productivité bactérienne serait sous-estimée jusqu'à 25 fois sans cette procédure.

Les deux paramètres bactériens étudiés mettent en évidence de fortes différences entre les sites visités. Les plus fortes valeurs d'abondance et de production ont été trouvées au niveau du chenal d'Arue et les plus faibles valeurs au niveau des récifs barrières. L'abondance et la production bactériennes montrent des corrélations significatives avec la richesse organique des sédiments.

La poursuite de ce travail pourrait probablement permettre de développer un modèle prédictif de la biomasse et de la production bactériennes dans les fonds meubles du lagon de Tahiti.

MOTS CLEFS : Bactéries, production, matière organique, récifs coralliens, lagon, sédiments.

ABSTRACT

Bacterial abundance and productivity determinations were fitted to the first cm of soft bottom sediments of the lagoon of Tahiti (Society Islands). The best counting results were yielded with sodium pyrophosphate treatment followed by ultrasonic homogenization. Aerobic bacterial productivity was determined following ^3H -thymidine incorporation into bacterial DNA. When linearity of incorporation checked, optimal incubation time was found to be 30 min. The saturation of isotope incorporation was not reached in the μM range. Therefore, an isotope dilution procedure was systematically applied. The results show that thymidine incorporation could be underestimated up to 25 fold without this procedure.

Strong variations were observed between the sites investigated with maximum values in the Arue channel and lowest ones near the barrier reef. Bacterial abundance and productivity are significantly correlated to the organic content of sediments.

A future work would likely allow the development of a predictive model for bacteriobenthos biomass and productivity.

KEY WORDS : Bacteria, productivity, organic matter, coral reefs, lagoon, sediments.

ANNEXE 3

***Compte rendu de l'action de recherche sur les
capacités métaboliques bactériennes du lagon de
Papeete***

Microbial planktonic populations in lagoon and sea in French Polynesia. A preliminary assessment.

J. T. Hollibaugh,
Tiburon Center, San Francisco State University,
POB 855 Tiburon, California 94920, USA

J. Pagès & J.-P. Torréton
ORSTOM, BP 529, Papeete, French Polynesia

The work presented here was done during a working visit by Dr. J.T. Hollibaugh to our laboratory in Tahiti. This visit was meant to try and develop an effective collaboration between two teams sharing an interest in the functioning of microbial populations in tropical coastal waters. In particular, we had planned a demonstration (by J.T.H.) of now-standard methods used in other environments for bacterial genetic identification and for characterization of their main metabolic trends.

Although a preliminary test of feasibility under local conditions, the results presented here are deemed interesting and a good omen for future activities, both from a material scientific point of view and on a collaborative level.

1: Material and methods

The main goals of the study were to characterize and to compare the bacterioplanktonic communities in different locations in the lagoon of Tahiti. Some supportive measurements were also made. Most samples came from the lagoon around Tahiti in areas presenting very different trophic status, while some others were taken in Tikehau lagoon.

The objectives of this project were thus to obtain data on the distribution of the following characteristics of microbial communities from the waters off Tahiti:

- 1) abundance of bacterioplankton;
- 2) the metabolic capabilities of the microbial community, and;
- 3) the species composition of the bacterial community.
- 4) [6-3H]thymidine/[methyl-3H]thymidine Incorporation Ratio.

Other characteristics of the water column were:

- 5) Chlorophyll
- 6) Photosynthesis
- 7) Dissolved organic matter

1.1: Background

French Polynesia lies in the tropic humid Pacific, by 16 to 18° S. The investigations described here took place at the very beginning of the rains, after a particularly marked dry season. We had heavy rains on October 10th.

Water temperatures were around 27°C, air temperature ranged between 23°C and 29°C. Tidal amplitude is always low in the region. Predicted levels (anon., 1995) were 0.3 and 0.55 m for low and high tide during the whole two weeks of the study. Trade winds are frequent; some squalls from the East were felt. Swell mostly comes from the southern quadrant; it was low (~ 0.5 m) during our study.

Tahiti is a mountainous island of magmatic origin, surrounded by a barrier reef broken by several passes in front of the main rivers. The lagoon is relatively narrow and subjected to various terrestrial influences, sometimes with a significant anthropic impact from a population of about 60 000 concentrated on both sides of Papeete along the narrow coastal plain.

Tikehau is an atoll in the Tuamotu archipelago. These islands are built by corals upon an older basaltic basis. An inner lagoon is surrounded by a chain of low islands (the *motu*)¹ separated by shallow channels (the *hoa*). Tikehau exhibits the somewhat seldom feature (in the Tuamotu) of a wide pass. Population amounts to some 60 inhabitants in one village in the South.

In all cases, hydrodynamics are dominated by swell overlapping across the barrier reef and pouring (either directly or through the *hoa*) into the lagoon.

1.2: Samples

All samples were taken from just below the surface (0.2 m), mostly from a small boat. We filled various acid-cleaned containers: wide - mouthed glass 2-L glass jars with plastic screw-caps, or Nalgene 1-L narrow-mouth polycarbonate bottles, or polyethylene (alimentary grade) 5-L jerrycans. These containers were kept in insulated boxes at approximately the ambient temperature during the trip back to the laboratory (less than two hours).

Sampling dates and location are given in table 1. The general characteristics of the locations we sampled areas may be summarized as follows:

# 1:	Mahaena	clean lagoon
# 2:	Maeva Hotel	eutrophied (organic) bay
# 3:	Reef	back reef, close to barrier reef
# 4:	Papeava	eutrophied (urban industrial) bay
# 5:	Ocean	open sea
# 6-7	Tikehau	clean lagoon

1.3. abundance of bacterioplankton;

Single 5 to 20 ml subsamples were filtered onto 0.2 µm Nuclepore membranes. Bacteria were stained with DAPI (10⁻⁵ final concentration, Porter & Feig, 1980) and counted under epifluorescence (magnification x 1000). Enumeration of cyanobacteria was made on the same slides by switching from the ultraviolet filter set required for DAPI (Leitz Ploemopak A, with BP340-380 excitation filter, RKP 400 dichroic mirror, LP 430 barrier filter) to the blue filter set (Leitz Ploemopak 12/3, with BP 450-490 excitation filter, RKP 510 dichroic mirror, LP 515 barrier filter). Cyanobacteria were then easily distinguished by their bright orange fluorescence. We counted more than 400 bacteria and more than 200 cyanobacteria on at least 20 fields.

1.4. Community Metabolic Capability.

This was assessed by the use of BIOLOG GN plates. These are 96 well microtiter plates loaded with 95 different C sources (and one blank). Each well was inoculated with 100 µl of unfiltered lagoon or oceanic water and incubated at room temperature until color developed (4-5 days at ca 25 °C). Growth on a given substrate was scored positive if there was a change in color or if cloudiness developed. A control was run by inoculating a plate with 0.22 µm filtered (Sterivex, Millipore) water.

1.5. Bacterioplankton Species Composition.

Water samples (2 to 6 liters) were filtered through 0.22 µm pore size Sterivex filters (GS, Millipore) using a peristaltic pump. The outflow port of each filter was plugged with "Cha-seal" (Chase Instruments Corp, Cat # 510), sterile lysis buffer was added (1.5 mL to cover filter surface) and the inflow port of the filter was capped with a male Luer-Lok cap. The samples were mixed briefly by rolling them on a table top, then the filters were frozen (-20 °C) until processed at the Tiburon Center.

A portion of the 16S rRNA gene will be amplified by PCR, then the mixture will be resolved by denaturing gradient gel electrophoresis. The banding pattern developed will indicate how many different "species" were present in the original sample, and will give some idea of their relative abundance and their distribution among the different sampling locations.

¹ for the plural form, without an 's', we conform to Dale *et al.* (1986). The term "*motu*" is presented as accepted also by Scoffin (1993)

1.6. [$6\text{-}^3\text{H}$]thymidine/[*methyl*- ^3H]thymidine Incorporation Ratio.

Hollibaugh (1994) has suggested that determining the ratio of the incorporation rates of label from *methyl*- versus $6\text{-}^3\text{H}$ -labeled thymidine is a quick and easy way to assess the propensity of a bacterioplankton community to degrade TdR. He has also suggested that the propensity of a community to degrade, or not degrade TdR is related in a general way to the kinds and diversity of C sources available to and used by the community as growth substrates. This measurement thus complements the BIOLOG plate measurement described above. TdR incorporation is also used to provide information on growth rates.

TdR incorporation was performed by amending duplicate 30 ml subsamples (for lagoon water and oceanic water, respectively) with 20 nM [*methyl*- ^3H]thymidine (Fuhrman & Azam, 1980; final concentration, Amersham TRK637, 1.70 TBq/nmol). An other duplicate set was amended with 20 nM [$6\text{-}^3\text{H}$]thymidine (Hollibaugh 1994; final concentration, Amersham TRK61, 925 GBq/nmol). After 30 to 60 min incubation with the label at 30°C ($\pm 1^\circ\text{C}$ *in situ* temperature), the incubation was stopped by adding buffered formaldehyde (1.5% final concentration). Samples were then filtered immediately onto $0.2\ \mu\text{m}$ Nuclepore polycarbonate membranes and rinsed with 5 ml of $0.2\ \mu\text{m}$ filtered lagoon water. The vacuum was disconnected and filters received 15 ml ice-cold 5% TCA. After 15 min, vacuum was reapplied and the membranes were rinsed 3 times with 5 ml of ice-cold 5% TCA. Filters were placed in scintillation counting vials and DNA was hydrolyzed with 0.5 ml of 0.5N HCl heated to 100°C for 30 min (Fuhrman & Azam, 1980, Torréton & Bouvy, 1991). Scintillation cocktail (Aquasol 2, NEN Research Products) was added to the vials which were counted after holding them overnight in the dark to minimize chemiluminescence. Quench correction was made with external standards. Incorporation was calculated after subtracting a zero time blank. Incorporation was linear for more than 90 min while incorporation rate always saturated at less than 5 nM TdR (checked on every field trip, data not shown).

The ratio of the amount of label from $6\text{-}^3\text{H}$ - to the amount of label from *methyl*- ^3H -TdR incorporated by the bacterial community was calculated (from the dpm incorporated, the incubation length and the specific activities of the substrates) as the molar ratio of the rates (nominally expressed in pM/hr) at which the bacteria incorporated the substrates ($6\text{-}^3\text{H}$ or *methyl*- ^3H -TdR).

To calculate bacterial production, we assumed that the percent of [*methyl*- ^3H]thymidine recovery into DNA represents 73,6 % of the radioactivity recovered in cold TCA precipitate as in Tikehau lagoon samples (Torréton & Dufour, submitted). Bacterial production (BP, cell $\text{l}^{-1}\text{h}^{-1}$) was then estimated using the TdR conversion factor determined in Tikehau lagoon (1×10^{18} cell per mol [*methyl*- ^3H]thymidine into DNA, Torréton & Dufour, submitted). Daily production was computed from hourly production multiplied by 24. Growth rate (μ , day^{-1}) is defined as the ratio of BP on abundance. Doubling time (Dt, day) is the inverse of μ .

1.7. chlorophyll

Samples of 0.5 to 1.0 L were filtered through Whatman GF/F filters, which were extracted with 5 ml of methanol (24 - 48 hrs at 4°C). We measured the fluorescence of only the non-acidified, unfiltered extracts. We hence express results as "chlorophyll", *i.e.* "total" chlorophyll(s) without specifying "chl a".

1.8. photosynthesis

We used the ^{14}C method under "simulated *in situ*" conditions; an halogen projector delivered an irradiance of 500 - 1500 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ at the highest light level (see details in appendix A). Tracer was sodium carbonate (Amersham, CFA2 / B227, at 53 mCi.mmol $^{-1}$). Approximately $4.6 \cdot 10^6$ dpm was added to a 0.5-L Nalgene polycarbonate bottles filled with sample. Incubations lasted 4 hours, and were terminated by filtration through Whatman GF/F filters of the whole bottle (except for sample 4). Filters had been wet before filtration with ~ 5 mL of filtered ($0.2\ \mu\text{m}$) seawater, and were rinsed after filtration with ~ 10 mL of seawater. Filters were counterd after adding 10 mL of Instagel onto still-wet filters.

For computation of carbon fixation, we assumed a DIC concentration of 2.2 mmol DIC-C.L $^{-1}$. We did not try to fit our figures to any particular regression model, but merely computed α (initial slope) from the regression of P against E across the (visually) linear portion of the curve. The highest value (averaged) of P was recorded as P_{mb} . Saturating irradiance, E_k , was computed as the ratio P_{mb} / α .

1.9. dissolved organic matter

Dissolved organic matter was assessed by *in vitro* spectrophotometry in the UV (250 to 400 nm), following a procedure being tested in the waters of several lagoons. Samples were either untreated, or filtered through $0.2\ \mu\text{m}$ Sterivex cartridges. Spectrum was scanned at 12 preset wavelengths (quartz cell, 10 cm path). Spectrum slope, S^* , was computed from regression of $\ln A_\lambda$ vs wavelength λ . Absorption at 254 nm (A_{254}) was also recorded.

Previous measurements made in several atoll lagoons in the Tuamotus have shown that A_{254} and S^* are inversely correlated. For any data point, defined by its coordinates A_{254} and S , we define IOsp, as the distance along the regression curve measured between an arbitrary origin and the orthogonal projection of a given data point onto the regression curve. The advantage of IOsp lies in replacing the two coordinates by a single figure.

2 : Results and discussion

2.1. abundance of bacterioplankton;

Abundances (Tab. 1) range from 0.37 to $1.28 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$ in the lagoon of Tahiti. The " reef " value is in the range of the values ($0.23\text{-}0.43 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$) previously reported for the barrier reef areas of the lagoon of Tahiti (Fouquet, 1995). No measurement of bacterioplankton abundance was made in the site of Mahaena, but the low abundance we observed ($0.37 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$) is typical of lagoon values when terrestrial runoff is minimal ($0.29\text{-}0.51 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$, Fouquet, 1995). The highest values (1.12 and $1.28 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$) were found as expected in the Maeva and Papeava eutrophicated sites respectively. Note that in Papeava we found on other occasions much higher bacterial numbers, up to $12.5 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$ (Fouquet, 1995). The ocean site showed a surprisingly high abundance ($0.78 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$). " usual values " are in the $0.3\text{-}0.5 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$ range. The abundances in Tikehau samples were $1.34 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$ in the reference station and $1.23 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$ near the pass, and fall within the range previously reported ($1.84 \pm 0.58 \cdot 10^6 \text{ ml}^{-1}$ Torrérton & Dufour, submitted).

2.2. Community Metabolic Capability.

Of the 95 different substrates on the BIOLOG GN plates, growth was observed on 5 of the substrates on all plates, 21 substrates were used on all but 1 plate, 7 were not used on any plates, and growth was observed on only one plate with 5 of the substrates. There was a dramatic shift in the diversity of substrates used by bacteria along a gradient from the Papeava site to the open ocean. The Papeava site was demonstrably influenced by runoff and/or freshwater discharges as indicated by depressed salinity at this site (33 PSU, see Table IV). The phytoplankton community also contained numerous diatoms, not seen in samples from other stations. The bacteria community found at the Papeava site contained the capability of using utilizing most of the substrates presented to them in the BIOLOG plates (Tables II and III). There were some differences between the duplicate plates for this site, with 16 of the substrates used by one or the other of the plates, but not by both. The bacterioplankton communities from the Maeva and Mahaena sites were similar to each other in the diversity of substrates used and were slightly more sampled. The Mahaena community was quite distinctive visually, with many large rods, spirochetes and vibrios in evidence. The communities from the rest of the sites appeared similar under the microscope. The reef community was more fastidious, and the ocean community was the most fastidious containing cells capable of growing on only 1/3 of the substrates. Replication for this sample was not very good, with only 7 substrates showing growth on all plates from this station.

Despite the variability we saw in the replication of growth on a specific substrate, the use of BIOLOG plates shows promise as a diagnostic tool for evaluating the ability of bacterioplankton communities to degrade substrates. As such, this approach might be used to reveal subtle differences in communities from apparently similar environments (i.e. atoll lagoons) that show few differences by the usual methods (biomass, growth rate, cell size and morphology). With additional experimentation and data analysis, this approach might also be of use in evaluating the ability of microbial communities to metabolize specific xenobiotic compounds of concern to environmental health.

2.3. Bacterioplankton Species Composition.

Completion of this section awaits analysis of samples, which is a lengthy process and has not been completed as of the release date of this report.

2.4. [$6\text{-}^3\text{H}$]thymidine/[$\text{methyl-}^3\text{H}$]thymidine Incorporation Ratio.

[$\text{methyl-}^3\text{H}$]thymidine Incorporation

[$\text{methyl-}^3\text{H}$]thymidine Incorporation (Tab. 1) range from 8.7 to $43.4 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ in the lagoon of Tahiti. The " reef " value ($10.6 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) is higher than the values ($2.5\text{-}3.8 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) previously reported for barrier reef areas of the lagoon of Tahiti (Fouquet, 1995) when run-off is moderate. No measurement of TdR incorporation was made in the site of Mahaena, but the relatively low incorporation ($9.9 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) is in the upper range of lagoon values when land runoff is minimal ($5.4\text{-}12.8 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$, Fouquet, 1995). The highest values (43.4 and $40.7 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) were found in the Maeva and Papeava eutrophicated sites respectively and are in the range already reported for the most eutrophicated areas of the lagoon of Tahiti ($19.3\text{-}51.8 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$, Fouquet 1995).

The ocean site showed a rather elevated TdR incorporation rate ($8.7 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$) compared to March 95 value ($2.8 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$, low run-off) and oceanic waters near Tikehau atoll lagoon ($1.9 \pm 1.4 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$, Torrétion & Dufour, submitted). No measurement was made in Tikehau during that work but in previous studies TdR incorporation rate fluctuated in a narrow range around a mean value ($12.2 \pm 2.8 \text{ pmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$, $n=77$, Torrétion & Dufour, *accepted*).

[6-³H]thymidine

[6-³H]thymidine followed a pattern very similar to that of [methyl-³H]thymidine Incorporation (Tab. 1). [6-³H]thymidine/[methyl-³H]thymidine ratio fluctuated then very moderately from 0.5 (ocean) to 0.68 (Mahaena). This could reflect the high and constant percentage of label recovered into DNA in a comparable area (Tikehau, Torrétion & Dufour, *accepted*).

Growth rates and doubling time for bacterioplankton.

Growth rates and doubling time for bacterioplankton (see on Tab. 1) were determined using the [methyl-³H]thymidine Incorporation (see methods) and bacterial abundance. Therefore they should be considered as indicative values. The lowest doubling time values (1.5 and 1.8 d) were found in Maeva and Papeava in agreement with their eutrophic status. These sites showed doubling times of 0.7 and 0.8 d in March 95. Mahaena shows a comparable doubling time value (2.1 d). The reef value is quite short (1.9 d) compared to March 95 values (4.0-5.3 d) and indicates enriched conditions. The oceanic value (5.1 d) is also short compared to the March 95 value of 9.9 d (Fouquet, 1995).

2.5. chlorophyll

Concentrations are "normal" for the local conditions, with uncontaminated samples containing about $0.2 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Tab. IV). Predictably eutrophied waters exhibit higher concentrations between 0.4 and $0.6 \mu\text{g.L}^{-1}$.

2.6. photosynthesis

Our incubator was an experimental model just being tested on these samples. Apart from some details, the principle appears sound - at least for operation on firm land. It remains to be seen how high-sea conditions will affect the overall working.

We may note that samples # 2-3-4 were processed at the same time. For lack of space in the incubator, we used fewer bottles for each sample, and have hence only 4 light levels. The resulting data points are obviously too scattered for a satisfactory P vs E curve.

P vs E curves show no noteworthy feature. In particular, there is no significant "photoinhibition", despite some misgivings about effectiveness of cooling the upper (more illuminated) samples. Sample #4 (urban bay, Papeava) exhibits the lowest P_{mb} value. Reef and urban bay show the lowest α values. Saturating irradiance, E_k , is also lowest for Papeava, while the ocean sample has an intermediate value ($350 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{S}^{-1}$) against a high group with $\sim 550 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{S}^{-1}$.

Despite the paucity of data (five samples), we can observe that P_{mb} and α show a parallel trend (not a significant correlation !) analogous to the one we observed in a fully different setting (Pagès, 1992).

2.7. dissolved organic matter

Spectra showed the classical monotonous shape of aquatic DOM, amounting to a straight line in a semi-log plot. The most "oceanic" sample (#5) shows A_{254} and S^* values similar to those found in open sea samples off various atolls. In sharp contrast to this, bacterial counts indicate a significant contamination by bacteria-laden water of probable terrestrial origin. It thus appears that we are unable to detect very small amounts of extraneous water in a given sample. We are currently trying to understand what our spectrophotometric measurements actually represent in terms of amount *and* nature of DOM.

All A_{254} and S^* values fit into the ranges found for comparable water types. They also show the negative A_{254} vs S^* correlation observed for various lagoon waters. Comparison of the present results with atoll lagoon data indicate that DOM concentrations are mostly about $1.2 - 1.5 \text{ mg C.L}^{-1}$.

References

- Dale (W.R.), Waterhouse (B.C.), Risk (G.F.), Petty (D.R.), 1986 - Coral island hydrology. A training guide for field practice. *Commonwealth Sci. Council techn. Publ. Ser., n° 214 (CSC(86) WMR-8)*:
- Fuhrman JA, Azam F (1980). Bacterioplankton secondary production estimates from coastal waters of British Columbia, Antarctica and California. *Appl Environ Microbiol* 39:1085-1095
- Fuhrman JA, Azam F (1982) Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: Evaluation and field results. *Mar Biol* 66:109-120
- Hollibaugh JT (1994) Relationship between thymidine metabolism, bacterioplankton community metabolic capabilities, and sources of organic matter. *Microb Ecol* 28:117-131
- Pagès J (1992) Biomasse et production phytoplanctoniques dans deux systèmes paraliques d'Afrique de l'Ouest. ORSTOM Paris, Trav. Doc. microéd. n° 82 : 202p.
- Porter KG, Feig YS (1980) The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol Oceanogr* 25:943-948
- Scoffin (T.P.), 1993 - The geological effects of hurricanes on coral reefs and the interpretation of storm deposits. *Coral Reefs, 12/3-4: 203-221*.
- Torréon J-P, Bouvy M (1991) Estimating bacterial DNA synthesis from ^3H -thymidine incorporation: Discrepancies among macromolecular extraction procedures. *Limnol Oceanogr* 36:299-306
- Torréon JP, Dufour P (*accepted*) Bacterioplankton production determined by DNA synthesis, protein synthesis and frequency of dividing cells in Tuamotu atoll lagoons and surrounding ocean. *Microb. Ecol. (in press)*

Tables

Table I. Bacterial abundance and activity over the different sampling sites

SITE	DATE	Time	$6\text{-}^3\text{H-}$	<i>methyl-^3H</i>	$6\text{-}^3\text{H} /$	BACT 10^6 ml^{-1}	CB 10^6 ml^{-1}	PROD $10^9 \text{ l}^{-1} \text{ d}^{-1}$	μ d^{-1}	Dt day
			TdR inc pmol/l/h	TdR inc pmol/l/h	<i>methyl-^3H</i> ratio					
Mahaena	09/10/95	10:30	6.7	9.9	0.68	0.37	0.022	0.17	0.47	2.1
Maeva	10/10/95	09:00	29.1	43.4	0.67	1.12	0.028	0.76	0.68	1.5
Papeava	10/10/95	09:30	25.5	40.7	0.63	1.28	0.019	0.71	0.56	1.8
reef	10/10/95	09:15	6.0	10.6	0.57	0.34	0.011	0.19	0.54	1.9
ocean	11/10/95	08:00	4.3	8.7	0.50	0.78	0.025	0.15	0.20	5.1
Tikehau 1 (lagoon)						1.34	0.052			
Tikehau 2 (pass)						1.23	0.045			

Table II. Use of carbon substrates on Biolog plates by bacteria from Tahiti lagoon and the Ocean.

Site	Number of Substrates Used	Number Not Replicated (N° that grew on only 1 plate)
Papeava	78, 75	16
Maeva	69, 63	18
Mahaena	61, 63	14
Reef	50, 51	9
Ocean	32, 29, 28	14
	24	2
	7	3

Rapport de Convention - Ministère de l'Environnement de Polynésie - ORSTOM Tahiti

Table III. Results of tests of metabolic capabilities of bacterioplankton at the study sites using BIOLOG GN plates.

Key: blank=no growth, 1=dark purple; 2=faint purple; 3=white precipitate, X=no data or a problem with this well (i.e. spill over between wells). Designations were scored after visual examination against white and dark backgrounds. Plates for Mahaena samples were scored twice, blanks were scored once and examined on 3 other occasions as indicated. Column headings (i.e. a1...h12) correspond to the coordinates of the wells on BIOLOG plates. See manufacturer's product specifications for the identity of the C source in each well. The blank was 0.22 um Sterivex-filtered reef sample collected and inoculated 11 October.

Sample ID	Sample Date	Read Date	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
Papeava1	Oct 11	Oct 16		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Papeava2	Oct 11	Oct 16			1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Maeva1	Oct 11	Oct 16		1	1	1	1			1	3	1	1	1
Maeva2 ^a	Oct 11	Oct 16		1	1	1	1	1		1	3	1	1	1
Mahaena1	Oct 10	Oct 16			1	1	1	1		1	3	1	1	1
Mahaena2	Oct 10	Oct 16			1	1	1	1		1	3	X	1	1
Reef1	Oct 11	Oct 16		1	2	2	1	2		1	1	3	3	1
Reef2	Oct 11	Oct 16			1	1	1	1	3	1	2		3	1
Ocean1	Oct 12	Oct 17					1	3		1	3		3	1
Ocean2	Oct 12	Oct 17				1	1	3		1	3		3	1
Ocean3	Oct 12	Oct 17			1	2	1	3		1	3			
Mahaena1	Oct 10	Oct 12		1	1	1	1	1		1		1		1
Mahaena2	Oct 10	Oct 12			1	1	1	1		1		X		1
Blank ^b	Oct 10	Oct 17					3			3			3	3
Blank	Oct 10	Oct 12	No color in any wells											
Blank	Oct 10	Oct 16	No color in any wells											
Blank	Oct 10	Oct 20	No color in any wells											

Sample ID	Sample Date	Read Date	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12
Papeava1	Oct 11	Oct 16		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Papeava2	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1
Maeva1	Oct 11	Oct 16		1	3	1	1	1	2	1	3	1	1	1
Maeva2	Oct 11	Oct 16		1	3	1	1	1	1	2	3	1	1	1
Mahaena1	Oct 10	Oct 16	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mahaena2	Oct 10	Oct 16	1	1	3	1	1	2	1	1	3		1	1
Reef1	Oct 11	Oct 16		1		1		1		1	3	1	1	1
Reef2	Oct 11	Oct 16		1		1	1	1	3	3	3	1	1	1
Ocean1	Oct 12	Oct 17		3		1	3	1	3	3	3	1	3	1
Ocean2	Oct 12	Oct 17		1		1	1	3		3	3	1	3	1
Ocean3	Oct 12	Oct 17		1	3		3	1		3			1	3
Mahaena1	Oct 10	Oct 12		1		1		1	1		1	1	1	1
Mahaena2	Oct 10	Oct 12		1		1	1	1	1	1			1	1
Blank	Oct 10	Oct 17			3		3	3		3	3			3

- a) Bad plate, spill over between wells, esp. in region e8 - h12
- b) White material in this plate (and others) appears to be mineral ppt

Rapport de Convention - Ministère de l'Environnement de Polynésie - ORSTOM Tahiti

Sample ID	Sample Date	Read Date	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12
Papeava1	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
Papeava2	Oct 11	Oct 16	1	1		1	1	1	1	1	3	2	1	2
Maeva1	Oct 11	Oct 16	1	1	2	1	2	1	1	1	2	3	1	2
Maeva2	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	
Mahaena1	Oct 10	Oct 16	1	1	1		3	1	1	1	1	2	1	2
Mahaena2	Oct 10	Oct 16	1	1	2	2	3	1	1	1	2	2	2	
Reef1	Oct 11	Oct 16		1	2		3	3	1	1	2		1	
Reef2	Oct 11	Oct 16	1	1	2		3		1	1	1	3	1	
Ocean1	Oct 12	Oct 17	1	3	2		3	3	3	1	3		1	
Ocean2	Oct 12	Oct 17	2	3	2	1	3		3	1	3			3
Ocean3	Oct 12	Oct 17		3				3	1		3		1	3
Mahaena1	Oct 10	Oct 12	1	1	1			1	1	1	1	1	1	
Mahaena2	Oct 10	Oct 12		1					1	1	1		1	
Blank	Oct 10	Oct 17		3					3		3	3		3

Sample ID	Sample Date	Read Date	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12
Papeava1	Oct 11	Oct 16	2	1	1	3	1	1	1		1	3	1	1
Papeava2	Oct 11	Oct 16	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	3
Maeva1	Oct 11	Oct 16	1	1	1	3		1	1	2	2	1	2	
Maeva2	Oct 11	Oct 16	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	2	1
Mahaena1	Oct 10	Oct 16	1	1	1		1	2	1	2		3	1	3
Mahaena2	Oct 10	Oct 16	2	2	1		3	1	1		1	3	1	3
Reef1	Oct 11	Oct 16	2	1	1				1	2	1	2		3
Reef2	Oct 11	Oct 16	1	1	1				1	3	1	3		3
Ocean1	Oct 12	Oct 17	3	1	1		2			3	3			
Ocean2	Oct 12	Oct 17	2	2	1		3		3	3	3	3		3
Ocean3	Oct 12	Oct 17	3	3	1	3			1			3	2	3
Mahaena1	Oct 10	Oct 12	1	1	1		1		1				1	
Mahaena2	Oct 10	Oct 12	1	1	1			1	1		1			
Blank	Oct 10	Oct 17	3	3	3					3	3	3	3	3

Sample ID	Sample Date	Read Date	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12
Papeava1	Oct 11	Oct 16		3		1		1	1	1	1	1	2	1
Papeava2	Oct 11	Oct 16	1		2	1		1	1	1	1	1		1
Maeva1	Oct 11	Oct 16	3			1	3	1		1	3	1		1
Maeva2	Oct 11	Oct 16	3	1	3		3	1				3		1
Mahaena1	Oct 10	Oct 16	3			1		1		1	3			1
Mahaena2	Oct 10	Oct 16	3			1		1		2	1			1
Reef1	Oct 11	Oct 16						1	3	1				1
Reef2	Oct 11	Oct 16				1	3	1	3	1	1	3		1
Ocean1	Oct 12	Oct 17		3		1		2	3	2	3	3		1
Ocean2	Oct 12	Oct 17								3	3	3	3	
Ocean3	Oct 12	Oct 17				1		3	3	1	2			1
Mahaena1	Oct 10	Oct 12				1				1				1
Mahaena2	Oct 10	Oct 12				1		1			1			1
Blank	Oct 10	Oct 17						3		3	3	3		

Rapport de Convention - Ministère de l'Environnement de Polynésie - ORSTOM Tahiti

Sample ID	Sample Date	Read Date	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11	f12
Papeava1	Oct 11	Oct 16	1	2			1	1	1	1	1	1	2	
Papeava2	Oct 11	Oct 16	1	2		3	1	1	1	1	1	1	1	1
Maeva1	Oct 11	Oct 16	1	2			2	1	1	1	1	1	1	1
Maeva2	Oct 11	Oct 16	1			3	1	1	1	1	1	1	1	1
Mahaena1	Oct 10	Oct 16	1				1	1	1	1	1	1	1	1
Mahaena2	Oct 10	Oct 16	1				1	1	1	1	1	1	1	1
Reef1	Oct 11	Oct 16	1			3	2	1	1	1	1	1	1	1
Reef2	Oct 11	Oct 16	2			3	1	1	1	1	1	1	1	1
Ocean1	Oct 12	Oct 17	1				2	3	1	3	1		1	1
Ocean2	Oct 12	Oct 17	3					1	3	1	1	1	1	1
Ocean3	Oct 12	Oct 17	2					1	1	1			1	1
Mahaena1	Oct 10	Oct 12	1				1	1	1	1	1	1	1	1
Mahaena2	Oct 10	Oct 12	1				1	1	1	1	1	1	1	1
Blank	Oct 10	Oct 17	3					3	3	3	3		3	3

Sample ID	Sample Date	Read Date	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12
Papeava1	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	3	1	3	3	1	1		1
Papeava2	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	2	2
Maeva1	Oct 11	Oct 16	1	1	1	2	3	1	3	1	1	1	3	2
Maeva2	Oct 11	Oct 16	1	2			3	1	1	1	1	1	3	
Mahaena1	Oct 10	Oct 16	1					1	1	1	1	3	3	3
Mahaena2	Oct 10	Oct 16	1	2	1	1		1	1		1	1	3	
Reef1	Oct 11	Oct 16	1	1	2	1	3	1	3	1	1	1		
Reef2	Oct 11	Oct 16	1	1	2			1		1	1	1		
Ocean1	Oct 12	Oct 17				3		1	3	1	1	1	3	3
Ocean2	Oct 12	Oct 17	1			3		1	3	3	1	1		
Ocean3	Oct 12	Oct 17	1				3	3	3	3	3	1	3	
Mahaena1	Oct 10	Oct 12	1					1		1	1			
Mahaena2	Oct 10	Oct 12	1			1		1	1		1	1		
Blank	Oct 10	Oct 17	3					3	3	3	3	3		3

Sample ID	Sample Date	Read Date	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
Papeava1	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1		2		3	1	2	1	1
Papeava2	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	3	1			1	1	1	1
Maeva1	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	3	1	3	3	1	1	1	1
Maeva2	Oct 11	Oct 16	1	1	1	3	3	3	3	3	1	2	1	
Mahaena1	Oct 10	Oct 16	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1
Mahaena2	Oct 10	Oct 16	1	1	1			3			1	1	1	1
Reef1	Oct 11	Oct 16	1	1	1	1	3	1	3	3	1	1	1	1
Reef2	Oct 11	Oct 16	2	1	1	1	3	2		3	1	1	1	1
Ocean1	Oct 12	Oct 17	1	2		1	3			3	1		3	3
Ocean2	Oct 12	Oct 17	2	1		3	3			3	1	3	3	3
Ocean3	Oct 12	Oct 17	1	1		1	3		3	3	1	3	3	
Mahaena1	Oct 10	Oct 12	1	1	1	1					1	1	1	1
Mahaena2	Oct 10	Oct 12	1	1	1						1	1	1	1
Blank	Oct 10	Oct 17	3	3		3				3		3	3	3

Table IV. Results of supportive measurements : DOM, chlorophyll and photosynthesis

sample station date	Tahiti 1 Mahaena 09	Tahiti 2 Maeva 10	Tahiti 3 reef 10	Tahiti 4 Papeava 10	Tahiti 5 ocean 11
Salinity			35.8	33.1	35.8
A ₂₅₄	0.38	0.61	0.42	2.82	0.35
S*	.0222	.0149	.0198		.0343
IO _{sp}	12.9	17.3	13.8	> 45	7.4
chl	0.17	0.40	0.18	0.58	0.18
P _{mb}	23.4	22.6	15.2	5.8	19.8
α	0.043	0.045	0.026	0.029	0.056
E _k	544	502	585	200	353

units:

A₂₅₄ : m⁻¹ ; S* : nm⁻¹

chl: μg . L⁻¹

P_{mb} : μg C. (μg chl. hr)⁻¹ ; α : μg C. (μg chl. hr)⁻¹ (μE.m⁻².S⁻¹)⁻¹.

E_k : μE.m⁻².S⁻¹

ANNEXE 4

***Présentation synthétique du programme
ANTROPIC-ECOTROPE
(ORSTOM-Tahiti)***

**PROGRAMME ANTROPIC (ORSTOM)
FICHE SYNTHETIQUE**

OBJECTIFS

Le programme Antropic cherche à identifier les relations entre les modifications des conditions de milieu provoquées par l'activité humaine et l'évolution des peuplements dans les milieux coralliens. Nous nous intéresserons plus spécifiquement aux processus d'eutrophisation et d'hypersédimentation qui sont reconnus comme étant parmi les principales sources d'altération en milieu corallien. Le travail de recherche prévu pour 1995 cherchera à définir les conditions du milieu sur le système récifo-lagonaire de Tahiti à déterminer l'impact de ces conditions de milieu sur les peuplements en place et enfin à replacer l'évolution de l'environnement dans un contexte historique récent.

CONTEXTE

Le développement économique des pays de la zone tropicale est responsable de modifications majeures de l'environnement côtier. Les écosystèmes coralliens bien adaptés aux eaux océaniques oligotrophes sont particulièrement sensibles aux modifications de la turbidité et de la charge en éléments nutritifs des eaux. Dans le cas des îles hautes, en raison du faible temps de résidence des eaux lagunaires, ces perturbations se traduisent généralement par un remplacement des peuplements de coraux par des peuplements à base de macroalgues. Les bilans qui ont été dressés démontrent que ces altérations ont une répartition qui concerne l'ensemble de l'océan mondial et que la forte synergie qui existe entre les phénomènes naturels ou anthropique aussi bien à l'échelle globale que régionale doit être prise en compte.

FINALITES

En terme de développement les implications de ce programme de recherche concernent directement les populations et les pouvoirs politiques du Territoire de Polynésie Française mais elles s'inscrivent bien évidemment dans un contexte «géoscientifique» beaucoup plus général. Les perturbations anthropiques sont de plus en plus clairement perçues par les responsables du développement économique comme une menace à moyen terme sur la santé de l'écosystème récifal et donc aussi sur son potentiel financier. En terme d'application, la mise au point d'un outil de diagnostic est indispensable si l'on envisage de lutter contre les altérations existantes ou potentielles de l'environnement.

REALISATION

Les études envisagées peuvent être découpés en 3 étapes complémentaires

- 1 - Etude des peuplements benthiques de substrats meubles (macrofaune) et de substrats durs (coraux, macroalgues), recherche d'espèces ou d'assemblages spécifiques.
- 2 - Etude sur un an des caractéristiques physico-chimiques de l'environnement (masse d'eau, sédiment, apports continentaux).
- 3 - Cartographie sédimentaire et apports particuliers à l'interface eau-sédiment. Analyse du matériel sédimentaire en tant qu'archives historiques des conditions d'environnement pendant le siècle dernier (métaux, dérivés des lignines, pigments, hydrocarbures, isotopes stables, etc.).

La mise en commun de ces résultats permettra de rechercher des espèces ou des groupements d'espèces pouvant être utilisés comme bioindicateurs des perturbations anthropiques. L'étude des archives sédimentaires permettra de replacer la situation actuelle dans un contexte historique et de prévoir les tendances évolutives.

PARTICIPANTS

Chercheurs ORSTOM : R. Fichez (responsable), J. Pagès, J.-P. Torréton, P. Frouin, P. Harris, V. Talbot
Chercheurs associés : A. Arnoux (Univ., Marseille), C. Badie (LESE-CEA), G. Cauwet (CNRS, Banyuls), J.M. Fernandez (CEA), M. Fontugne (CFR-CNRS, Gif), C. Hily (CNRS), C. Payri (Univ., Papeete), A. Saliot (Univ., Paris VI).
Collaborations étrangères : J. Brodie (GBRMPA, Austr.), G. Brunskill (AIMS, Austr.), G. Gold-Bouchot (CINVESTAV, Mexique), P. Hutchings (Museum, Austr.), D. Klumpp (AIMS, Austr.), K. Woolfe (Univ. J. Cook, Austr.).
Assistance technique ORSTOM : L. Chungue, R. Jouen, N. Maihota, J. Orempuller, J. Paoaafaite, J. Teuri.

ECHEANCES

Déroulement du programme prévu de début 1995 à fin 1996. Au-delà de cette échéance le programme ANTROPIC se prolongera au travers du programme ECOTROPE de l'ORSTOM (UR16) sur les écosystèmes côtiers tropicaux.

BUDGET 1995

ORSTOM	280 KF
CORDET	100 KF
Territoire Polynésie Française (Recherche, Environnement)	50 KF
Coopération franco-australienne	40 KF