



# MERS REGIONALES

---

## *Écosystèmes de lagons de la Polynésie française*

*PNUE : Rapports et études des mers régionales n° 137*

*SPREP : Rapports et études n° 51*

*Préparé avec la collaboration de*



**SPREP**

# TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Préface	i
Préambule	iii
Résumé	v
CHAPITRE 1 : Géomorphologie par : GABRIE, C., MONTAGGIONI, L., SALVAT, B.	1
CHAPITRE 2 : Le milieu liquide lagunaire en Polynésie Française par : ROUGERIE, F.	61
CHAPITRE 3 : Ecosystèmes lagunaires en Polynésie Française - Eaux saumâtres - Interface eau douce - Eau salée par : DUFOUR, H.	99
CHAPITRE 4 : La production biologique par : RICARD, M.	113
CHAPITRE 5 : Exploitation du milieu lagunaire par : GRAND, S., COEROLI, M., SIU, P., LANDRET, J.P., YEN, S.	137
CHAPITRE 6 : Dégradation et nuisances par : BAGNIS, R.	165
CHAPITRE 7 : Valorisation du milieu par : FEVRE, A.	199
CHAPITRE 8 : La gestion du milieu par : INTES, A.	215
Bibliographie principale avec supplément	231

## PREFACE

Il y a maintenant 19 ans la Conférence des Nations Unies sur l'environnement (Stockholm, 5-16 juin 1972) adoptait le Plan d'action pour l'environnement, y compris les Principes généraux pour évaluer et combattre la pollution marine. C'est sur cette base que l'Assemblée générale des Nations Unies a décidé de créer le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) dont la fonction devait être "d'assurer la coordination des programmes relatifs à l'environnement dans le cadre des organismes des Nations Unies" [Résolution 2997 (XXVII) de l'Assemblée générale en date du 15 décembre 1972]. L'Assemblée invitait les organismes des Nations Unies à "adopter les mesures qui pourraient être nécessaires pour mettre en oeuvre des programmes concertés et coordonnés en ce qui concerne les problèmes internationaux d'environnement", et elle invitait également les "organisations intergouvernementales et les organisations non gouvernementales qui s'intéressent à l'environnement à apporter leur appui sans réserve et leur collaboration à l'Organisation des Nations Unies, en vue de réaliser une coopération et une coordination aussi étendues que possible". Par la suite le Conseil d'administration du PNUE a décidé que les "océans" seraient l'un des domaines prioritaires sur lequel il ferait porter ses efforts pour s'acquitter de son rôle de catalyseur et de coordonnateur.

Le Programme pour les mers régionales a été lancé dans le PNUE en 1974. Depuis lors, le Conseil d'administration du PNUE a approuvé à plusieurs reprises une approche régionale de la lutte contre la pollution marine et de la gestion des ressources marines et côtières et a demandé la mise au point de plans d'action régionaux.

Le Programme pour les mers régionales auquel plus de 140 Etats côtiers participent porte actuellement sur 12 régions<sup>1</sup>. Il est conçu comme un programme d'action qui permet de s'attaquer non seulement aux conséquences de la dégradation de l'environnement mais également à ses causes et qui inscrit la lutte menée pour résoudre les problèmes de l'environnement dans une perspective générale grâce à la gestion du milieu marin et des zones côtières. Chaque plan d'action régional est élaboré en fonction des besoins de la région, tels que les conçoivent les gouvernements intéressés. Il vise à articuler l'évaluation de la qualité du milieu marin et les causes de sa dégradation avec les activités de gestion et de mise en valeur de ce milieu marin et des zones côtières. Les plans d'action encouragent la mise au point simultanée d'instruments juridiques régionaux et de programmes d'activités concrètes<sup>2</sup>.

L'idée d'un programme régional pour la gestion de l'environnement dans le Pacifique Sud a pris corps au sein de la Commission du Pacifique Sud (CPS) en 1974. A la suite des consultations qui ont eu lieu entre la Commission du Pacifique Sud (CPS) et le PNUE, il a été suggéré, en 1975, d'organiser une conférence du Pacifique Sud sur l'environnement. Le Bureau de coopération économique du Pacifique Sud (SPEC) et la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP) se sont associés peu après à l'initiative de la CPS. Dans le cadre de son Programme pour les mers régionales, le PNUE a appuyé les travaux d'élaboration de ce qui allait devenir le Programme régional pour l'environnement du Pacifique Sud (SPREP).

La Conférence sur l'environnement du Pacifique Sud qui s'est réunie à Rarotonga, du 8 au 11 mars 1982, a adopté la Déclaration des pays océaniques sur les ressources naturelles et l'environnement, ainsi que le Plan d'action pour la gestion des ressources naturelles et de l'environnement de la région du Pacifique Sud. Elle a d'autre part accepté les dispositions financières et administratives que nécessite la mise en oeuvre du Plan d'action et adopté le plan de travail pour la phase suivante du SPREP<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Méditerranée, Plan d'action du Koweït, Afrique de l'Ouest et du Centre, Région des Caraïbes, Asie de l'Est, Pacifique du Sud-Est, Pacifique Sud, mer Rouge et golfe d'Aden, Afrique orientale, Asie du Sud, mer Noire et Pacifique du Nord-Ouest.

<sup>2</sup> Programme pour la protection des océans et des zones côtières parrainé par le PNUE. Rapports et études du PNUE sur les mers régionales No. 135, PNUE 1991.

<sup>3</sup> CPS/SPEC/CESAP/PNUE : Plan d'action pour la gestion des ressources naturelles et de l'environnement du Pacifique Sud. Rapports et études du PNUE sur les mers régionales No. 29, PNUE, 1983.

Le cadre juridique du Plan d'action a été élaboré par les experts juridiques et techniques de la région du Pacifique Sud qui ont tenu à cet effet plusieurs réunions, puis adopté par la réunion de plénipotentiaires de la Conférence de haut niveau sur la protection des ressources naturelles et de l'environnement de la région du Pacifique Sud qui a été convoquée par le Secrétaire général de la CPS à Nouméa (Nouvelle-Calédonie) du 17 au 25 novembre 1986.

Le cadre juridique adopté par la Conférence est constitué des instruments suivants<sup>4</sup> :

- La Convention pour la protection des ressources naturelles et de l'environnement de la région du Pacifique Sud;
- Le Protocole sur la prévention de la pollution de la région du Pacifique Sud résultant de l'immersion de déchets;
- Le Protocole de coopération dans les interventions d'urgence contre les incidents générateurs de pollution dans la région du Pacifique Sud.

Il s'agit d'une convention-cadre détaillée visant à la protection, à la gestion et à la mise en valeur de l'environnement marin et côtier de la région du Pacifique Sud, recensant les sources de pollution nécessitant une surveillance : la pollution par les navires, l'immersion de déchets, la pollution d'origine tellurique, l'exploration et l'exploitation des fonds marins, les rejets atmosphériques, le stockage de déchets toxiques et dangereux, les essais nucléaires, l'exploitation minière et l'érosion côtière. Elle définit également les questions de gestion de l'environnement qui demandent une coopération régionale : les zones spécialement protégées, la pollution due aux accidents, les études d'impact sur l'environnement, la coopération scientifique et technique, l'assistance technique, la responsabilité et compensation en cas de dommages résultant de la pollution. La Convention et ses Protocoles sont entrés en vigueur en août 1990.

Un certain nombre d'établissements de recherche et de formation de la région du Pacifique Sud assurent un appui considérable en vue de l'application du Plan d'action. Le présent rapport résume les nombreux travaux menés dans le domaine des lagons de la Polynésie française par un certain nombre d'organismes et de particuliers. A. Intes de l'ORSTOM (Tahiti) l'a mis au point en s'appuyant sur les conclusions d'un groupe de travail qui s'est réuni pour procéder à la synthèse des connaissances disponibles sur les écosystèmes de lagons de la Polynésie française et leur gestion en vue ensuite de leur large diffusion par le SPREP. Les nombreux auteurs sont cités au cours des chapitres traitant des questions qui leur ont été confiées.

Ce document a été achevé en 1985 et, bien que sa publication ait demandé un certain temps, il n'a pas été procédé à aucune mise à jour sur la base de travaux plus récents.

---

<sup>4</sup> Convention pour la protection des ressources naturelles et de l'environnement de la région du Pacifique Sud.

## PREAMBULE

Depuis les grandes expéditions de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, de nombreuses études ont été consacrées aux complexes récifaux et lagonaires de Polynésie Française, notamment à partir de 1965 où des chercheurs de différentes disciplines ont travaillé sur la plupart des 120 îles des archipels du territoire.

Les résultats des ces travaux demeurent souvent d'accès difficile, disséminés dans une littérature variée et il a paru nécessaire de dresser un état des connaissances acquises qui serait utile aussi bien au scientifique qu'au décideur ou au public.

Rassembler des acquis, c'est mesurer l'étendue des lacunes qui peuvent subsister; c'est aussi prendre conscience des problèmes soulevés et en particulier des menaces qui pèsent sur ces milieux complexes et fragiles.

Tels ont été les objectifs du groupe de travail dont la réunion a été sollicitée par l'ORSTOM et financée par la CORDET.

Etablir un tel bilan n'est pas chose aisée et cette synthèse n'a pu être publiée que grâce au concours de tous les organismes du territoire travaillant sur le domaine marin et à la bonne volonté des rapporteurs des thèmes retenus.

Puisse ce travail être utile à tous ceux qui s'intéressent aux systèmes lagonaires et à leur sauvegarde.

La réalisation de cet état des connaissances sur les écosystèmes lagonaires de Polynésie Française a été jalonnée de trois réunions du groupe de travail.

La première, fin 1982, créait ce groupe et définissait les objectifs à poursuivre. A cette occasion, une liste bibliographique et une synthèse des travaux propres à chaque organisme étaient demandées.

Au cours de la deuxième réunion, le 16 février 1983, les participants proposaient de centrer les débats sur les 8 thèmes que des rapporteurs se chargeaient de traiter.

Enfin, la dernière réunion des 28 et 30 mai 1984 terminait les travaux du groupe. Chaque thème était présenté et discuté, et, pour clore la séance, un débat général a permis aux participants d'évoquer les problèmes de connaissance, de dégradation et de sauvegarde des milieux lagonaires de Polynésie Française.

Les discussions ont clairement montré l'inquiétude des scientifiques devant la pollution croissante des lagons, quel qu'en soit l'origine, et la menace de généralisation du problème sur les îles les plus peuplées. Le peu d'étendue des terres émergées disponibles combinée à la pression démographique et aux impératifs du développement nécessite plus que jamais la mise en oeuvre d'une politique de gestion du milieu maritime et notamment lagonaire. Une telle politique doit définir des objectifs clairs et ambitieux, connus de tous; elle doit s'appuyer sur les acquis scientifiques et susciter de nouvelles recherches pour combler les lacunes existantes; elle nécessite le concours des organismes de recherche, des services techniques et doit être l'oeuvre de tous, du décideur au citoyen.

Ont participé aux travaux du groupe de travail:

MM. BAGNIS : Institut de Recherches Médicales Louis Malardé  
 BLANCHARD : Service du Plan  
 CARDINES : Service d'Hygiène  
 CHABANNE : Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
 Développement en Coopération  
 CHOMEL DE VARAGNES :  
 Centre Océanologique du Pacifique  
 COUPUT : Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
 Développement en Coopération  
 DUFOUR : Laboratoire d'Etude et de Surveillance de  
 l'Environnement  
 ERNOULT : Centre Océanologique du Pacifique  
 FEVRE : Centre Océanologique du Pacifique  
 FRAIZIER : Laboratoire d'Etude et de Surveillance de  
 l'Environnement  
 Mme GRAND : Etablissement de Valorisation des Activités Aquacoles  
 et Maritimes  
 MM. INTES : Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
 Développement en Coopération  
 MONNET : Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
 Développement en Coopération  
 Mlle PAYRI : Museum National d'Histoire Naturelle  
 MM. PORCHER : CETE de Méditerranée  
 RICARD : Museum National d'Histoire Naturelle  
 ROUGERIE : Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
 Développement en Coopération  
 SALVAT : Ecole Pratique des Hautes Etudes  
 Mme SAVOIE : Service d'Hygiène  
 MM. VIENNEY : Institut Français de Recherche, Scientifique pour le  
 Développement en Coopération  
 WAUTHY : Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
 Développement en Coopération  
 WONG FAT : Service du Plan  
 YUE : Service d'Hygiène

...  
 Ce document a été réalisé à l'ORSTOM Tahiti grâce à la compétence et le dévouement de Madame Maeva CRAWLEY qui a composé le texte et de Monsieur Jean-Claude JANICAUD qui a revu et amélioré l'ensemble de l'iconographie.

**RESUME**

Ce résumé des travaux du groupe de travail respecte le découpage thématique ainsi que le plan de chaque contribution afin de faciliter les recherches dans les textes originaux. Il a été rédigé par M. A. INTES, océanographe biologiste de l'ORSTOM.

## GEOMORPHOLOGIE DES ECOSYSTEMES RECIFAUX

### INTRODUCTION

La Polynésie Française comporte environ 120 îles et flots qui représentent 4 000 km<sup>2</sup> de terres émergées, réparties dans 2 500 000 km<sup>2</sup> d'océan et qui constituent 5 archipels:

- Société
- Tuamotu
- Gambier
- Australes
- Marquises.

Les données scientifiques recueillies sur ce territoire sont abondantes et remontent au début du XIX<sup>e</sup> siècle, et les travaux qui en sont issus traitent de l'origine de TAHITI et des îles volcaniques ainsi que de la morphologie et de la genèse des récifs coralliens et des atolls. Un certain nombre de volumes thématiques ont été publiés ces dernières années:

- . Moruroa: cahiers du Pacifique n°12, 1968
- . Gambier: cahiers du pacifique n°18, 1974
- . Taiaro : cahiers du Pacifique n°19, 1976
- . Marquises: cahiers du Pacifique n°21, 1978
- . Takapoto : Jour. de la Soc. des Oc. n°62, 1979
- . Australes: cahiers de l'Indo-Pacif. n°2, 1980.

Au total, 64 atolls et îles hautes ont été visités par les chercheurs et les connaissances acquises sont synthétisées ici.

### I. ORIGINE ET EVOLUTION DES RECIFS CORALLIENS

Les principaux types d'édifices coralliens représentés en Polynésie Française sont le complexe récifal d'île haute et l'atoll. Il existe en outre quelques rochers isolés (MARQUISES) et quelques bancs coralliens, émergés ou non (AUSTRALES et GAMBIE).

Plusieurs théories ont été avancées au sujet de l'origine et de la formation des récifs coralliens, et on admet actuellement deux hypothèses qui se complètent.

#### A. La théorie qui associe subsidence et eustatisme glaciaire

##### a) Origine des arcs insulaires:

Les archipels se seraient formés en bordure des plaques tectoniques ou sur les plaques elles-mêmes.

#### 1. Formation en bordure des plaques:

Certains alignements insulaires sont constitués d'îles formées sur les pentes de la ride Est Pacifique. Ces îles se déplacent du S.E. au N.O. comme la plaque qui les supporte, tout en s'enfonçant graduellement au cours de la dérive. Selon ce processus, les îles les plus occidentales sont les plus anciennes et ont subi l'enfoncement le plus important.

#### 2. Formation intraplaque:

La formation des îles volcaniques jeunes, situées loin de la ride, peut s'expliquer par la dérive des "points chauds". Ces points, supposés fixes sous la croûte terrestre, sont le siège d'émissions intermittentes de magma asthénosphérique, et la plaque se déplaçant au-dessus du point chaud, il y a formation d'un chapelet d'îles reflétant les phases d'activités volcaniques. Le déplacement de ces archipels avec la plaque tectonique s'accompagne également d'un enfoncement graduel.

Les îles volcaniques néoformées offrent des substrats colonisables par les organismes constructeurs qui édifient les formations récifales. L'enfoncement graduel de l'île lié au mouvement de la plaque tectonique fait évoluer le complexe volcanique et récifal vers le stade atoll en concordance avec le modèle de DARWIN.

Cependant, d'autres mécanismes entraînent des variations du niveau relatif de la mer et influent corrélativement sur l'évolution des récifs. Ce sont:

1. Les bombements asthénosphériques: Les cellules de convection actives au sein de l'asthénosphère engendrent des bombements de la croûte terrestre dont l'amplitude peut atteindre 300 à 600 mètres pour une longueur d'onde de 500 à 2 000 km. Ces bombements permettent d'expliquer le soulèvement d'atolls comme MAKATEA ou MATAIVA.

2. La subsidence isostatique: Si la seule masse d'une île volcanique est insuffisante pour assurer sa submersion par subsidence, les phénomènes isostatiques ne sont cependant pas à négliger. Ils peuvent entraîner un léger enfoncement des îles ou atolls et, en compensation, provoquer une légère surélévation des structures périphériques.

3. L'eustatisme glaciaire: A ces différents mouvements des îles, il convient d'ajouter les phénomènes d'eustatisme glaciaire. Les variations du ni-

veau de la mer au cours des alternances glaciation-interglaciation ont provoqué des immersions et émergences des récifs polynésiens qui ont fortement influencé leur morphologie actuelle.

#### B. La théorie associant subsidence, eustatisme et érosion

Dans cette théorie, le schéma d'évolution est conservé dans ses généralités, mais la dépression abritant le lagon n'est plus liée à une croissance différentielle des organismes: elle résulte d'une érosion biochimique au cours d'une phase d'érosion de l'île, érosion due notamment aux eaux météoriques. L'immersion de l'édifice par subsidence ou eustatisme provoque l'ennoyage de la plate-forme érodée en son centre et forme un atoll.

### II. LES COMPARTIMENTS RECIFAUX

Du large vers le rivage, le complexe récifal comporte une série de zones à caractéristiques propres: les compartiments récifaux, dont seule l'énumération est donnée ici.

#### A. La pente externe

C'est la région la plus florissante de l'édifice récifal. Elle comporte de façon typique:

- une zone à organisation radiaire, superficielle: la plate-forme rainurée, la zone à éperons sillons.

- le glacis récifal
- le tombant.

#### B. La zone frontale

Il s'agit du bord externe du récif, concrétionné par des algues calcaires d'autant plus abondantes que le mode est battu et constituant la crête algale.

#### C. Le platier récifal

C'est un ensemble immergé ou émergé, dépendant soit d'un récif barrière, soit d'un récif frangeant, soit d'un atoll. Les platiers émergés portent les motu qui sont des îlots résultant de l'accumulation de débris organogènes. Les platiers d'atolls sont sillonnés transversalement par des collecteurs ou hoa qui assurent une grande partie des échanges d'eau entre le lagon et l'océan.

#### D. Le lagon

C'est le plan d'eau intérieur des atolls ou la zone située entre le récif barrière et le récif frangeant des îles hautes. Les fonds de lagon sont

de nature sédimentaire et peuvent être plus ou moins accidentés de pâtés coralliens, ou de pinacles, ou de récifs en épi.

#### E. Les passes

Une passe est une entaille majeure qui affecte toute la largeur de la couronne récifale. De profondeur et de largeur variables, les passes sont le siège d'une circulation très active entre le lagon et l'océan.

### III. LES RECIFS CORALLIENS EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

#### 1. Archipel de la Société

Composé de 14 îles situées sur une bande de 720 km, cet archipel s'est formé à partir de l'activité d'un point chaud situé vers MAHETIA. Une grande variété de types morphorécifaux peut y être observée:

- MAHETIA est un cône volcanique jeune (10 000 ans) qui comporte seulement quelques récifs frangeants.
- TAHITI ET MOOREA sont des îles hautes à récif frangeant et récif barrière relativement développés, mais à lagon étroit et peu profond, parfois réduit à un simple chenal.
- MAIAO et HUAHINE montrent des récifs barrières développés, cependant encore proches de la côte.
- RAIATEA et TAHAA ont un récif barrière commun, bien dégagé du cône central.
- BORA BORA et MAUPITI possèdent une barrière très développée ceinturant un cône volcanique partiellement immergé et un lagon très large. Ces deux îles ont atteint le stade presque atoll.

Les autres îles de l'archipel ont évolué jusqu'au stade atoll. Ce sont:

- TUPAI qui est un petit atoll fermé dont la partie sud est en voie de comblement.
- MOPELIA ou MAUPIHOA qui est ouvert par une passe étroite et peu profonde. Le lagon est divisé en bassins et présente de nombreux pâtés et pinacles.
- SCILLY ou MANUAE qui est un atoll fermé dont les bordures est et ouest sont immergées. Le lagon est profond et peu accidenté.
- BELLINGSHAUSEN ou MOTU ONE qui est un petit atoll à nombreux pâtés coralliens.
- TETIAROA qui est un atoll de petite dimension, entièrement fermé.

## 2. Archipel des Tuamotu

L'archipel se serait formé à partir de la dorsale océanique, ainsi qu'en atteste le grand nombre d'îles et la faible distance qui les sépare. Le soulèvement de certains atolls serait dû à un bombement asthénosphérique résultant de la surcharge de certaines îles volcaniques comme TAHITI et MOOREA.

Les îles Tuamotu comportent 76 atolls, répartis sur une bande de 2 800 km et formant 10 groupes: Le groupe Nord-Ouest, les îles du Roi Georges, les îles Palisser, les îles du Désappointement, le groupe Centre-Ouest, le groupe Centre-Est, le groupe Est, les îles du Duc de Gloucester, le groupe Sud et les îles Actaeon.

La taille de ces atolls est très variable, allant de 3 km de longueur (NUKUTUPIPI, REKAREKA) jusqu'à 70 ou 80 km (FAKARAVA, MAKEMO, RANGIROA). Chacun d'eux représente un stade différent d'une évolution qui tend à les combler tous: une cinquantaine de lagons sont fermés, une vingtaine sont ouverts par une passe et une dizaine possèdent deux passes.

. Atolls ouverts à plusieurs passes: AMANU, APATAKI, ARATIKA, FAKARAVA, KATIU, KAUKURA, MOTU TUNGA, RANGIROA, TAHANEA, TAKUME, TOAU.

. Atolls ouverts à une passe: AHE, ARUTUA, FAAITE, HARAIKI, KAUEHI, MANIHI, MAROKAU, MARUTEA Sud, MATAIVA, MORUROA, NENGENGO, RARAKA, TAENGA, TAKAROA, TEPOTO, TIKEHAU, TEKOKOTO, TUANAKE. (FANGATAUFA possède une passe artificielle.)

Tous les autres atolls sont fermés, mais montrent des stades différents d'évolution.

. Atolls fermés, barrière partiellement immergée, hoa fonctionnels à ANUANURUNGA, HEREHERETUE, MARUTEA Nord, MORANE, NUKUTUPIPI, TAKUME.

. Atoll fermé avec nombreux hoa fonctionnels: REAO.

. Atoll fermé avec peu de hoa fonctionnels: TAKAPOTO.

. Atoll fermé avec hoa occasionnellement fonctionnels: TAIARO, TUREIA.

. Atoll fermé avec hoa non fonctionnels: FAKAHINA, MARIA.

. Atoll presque comblé: NIAU, PUKAPUKA, REKAREKA.

. Atoll comblé: AKI AKI, NUKUTAVAKE, TIKEI, TEPOTO.

. L'archipel présente en outre un atoll soulevé: MAKATEA.

## 3. Archipel des Gambier

L'archipel se serait constitué à partir d'un point chaud situé vers PITCAIRN, et certains atolls du sud des Tuamotu feraient partie de cet alignement (îles situées au sud du 20<sup>e</sup> parallèle).

L'archipel comporte différents types récifaux:

. Haut-fond: récif d'EBRILL.

. Atoll submergé: PORTLAND dont le fond se situe à environ - 20 m.

. Atolls fermés: TEMOE et OENO.

. Îles volcaniques: au nombre d'une dizaine, elles sont entourées d'un récif barrière unique d'environ 90 km: ce sont: MANGAREVA, AUKENA, TARAVAI, AGAKANITAI, KAMEKA, MAKAOA, MANUI, MOTU TEIKU et MEKIRO.

La barrière est émergée ou peu immergée sur 42% de sa longueur et porte quelques motu; le restant se trouve actuellement sous environ 15 m d'eau. Sur les îles volcaniques se sont établis des récifs frangeants plus ou moins développés, depuis le récif tablier jusqu'au récif mature ou nécrosé.

## 4. Archipel des Australes

L'activité du point chaud situé à la verticale du Mont Mc Donald (cône volcanique en voie d'émission?) aurait donné naissance à ces îles. Le schéma d'évolution de l'archipel est complexe. A TUBUAI, une période de stabilité récente aurait permis la constitution d'une plate-forme d'abrasion qui supporte le récif barrière actuel.

Étendu sur 1 400 km, l'archipel comporte une grande variété de types récifaux:

. MAROTIRI et RAPA sont des îles volcaniques à récifs frangeants faiblement développés.

. RAEVAVAE est entourée d'un récif barrière presque continu, entaillé par trois passes. Le lagon est peu profond sauf dans le chenal qui atteint une vingtaine de mètres. Les récifs frangeants sont bien développés et ne sont vivants que sur leur bordure externe.

. TUBUAI possède un récif barrière très large qui ceinture un lagon peu profond (15 m au maximum) et dont la largeur la plus grande atteint 5 km. Les récifs frangeants, bien développés au nord, sont en majeure partie morts et érodés.

. RURUTU est entourée d'un récif frangeant étroit. Le cône volcanique culmine à 400 m et les récifs

anciens sont soulevés jusqu'à plus de 200 m.

RIMATARA offre une structure semblable mais les récifs anciens sont soulevés à une dizaine de mètres au plus.

L'archipel comprend également des bancs coralliens affleurants (récif de MOSES) ou submergés (récif NELSON et récif du PRESIDENT THIERS).

Enfin, dans le même ensemble, on rencontre un atoll: MARIA des Australes.

#### 5. Archipel des Marquises

Formées à partir d'un point chaud, les Marquises présentent deux traits particuliers:

- Leur axe d'allongement diffère de celui des autres archipels.
- Les récifs coralliens sont faiblement développés.

La bathymétrie permet de distinguer deux groupes d'îles:

- Les Marquises du Nord qui comprennent trois îles (NUKU HIVA, UA UKA, UA PU), des îlots (EIAO, HATU ITI, HATU TU, MOTU ONE) et quelques bancs coralliens (HINAKURA, CLARK, LAWSON).
- Les Marquises du Sud qui comptent quatre îles (FATU HIVA, HIVA OA, MOHOTANE, TAHUATA) et quelques rochers et hauts-fonds (DUMONT D'URVILLE, FATU HUKU, THOMASSET).

Les récifs coralliens sont généralement peu développés, voire absents sur certaines côtes. Cependant, les formations suivantes peuvent être reconnues:

a) Formations embryonnaires: les organismes sont isolés et ne parviennent pas à édifier de structure continue (baies de TAIOHAE, HANE, HANAMATE, PUNAHE, TAAOA).

b) Véritables récifs dont la longueur ne dépasse jamais 1 km. Certains sont rudimentaires, peu épais (baie du CONTROLEUR, anse HAKATEA). D'autres sont épais de plusieurs mètres et jouent un rôle déterminant sur la sédimentation de la baie où ils se sont édifiés (baie de ANAHO et HANAIAPA). Quelques-uns de ces récifs ont atteint leur stade de maturité (MOTUPU, HANA HEVANE, HANA TETOI).

+ + +

#### IV. MORPHOLOGIE ET STRUCTURE INTERNE D'UN EDIFICE

##### RECIFAL: EXEMPLE MORUROA

(Consulter BUIGUES, 1982 - REPELIN, 1975.)

##### 1. Structure interne

Les forages effectués ont révélé les successions stratigraphiques suivantes, depuis la surface:

a) les calcaires: Des niveaux de formation cimentées alternent avec des niveaux friables sédimentaires. Les faciès représentés vont des édifices construits aux sédiments fins. Les sables homogènes dominent sous le lagon tandis que les sédiments hétérométriques sont plus abondants sous la couronne.

b) les dolomies: Elles sont représentées dans un massif karstifié, sous-jacent aux calcaires, dans lequel les faciès lagunaires dominent.

c) la zone de transition: A la base de la série dolomitique, des galets basaltiques sont mélangés aux sédiments coralliens.

d) le socle basaltique: Le toit du socle basaltique présente une pente faible et régulière depuis le centre du lagon vers l'océan et se situe entre 450 et 360 m sous la couronne et entre 270 et 180 m sous le lagon.

##### 2. Paléographie

La phase volcanique a pris fin il y a 6 ou 7 millions d'années et la mise en place de l'édifice carbonaté s'est réalisée depuis de manière discontinue en relation avec des phases d'émersion.

a) ensemble dolomitique: Le cône volcanique émergé, récemment éteint, est soumis à une altération en milieu chaud et humide attestée par la présence d'argiles et de latérites. Des récifs frangeants s'édifient à la périphérie du volcan qui, à ce stade, émerge d'environ 150 m. Les formations coralliennes se situent au niveau actuel - 330 m. Au cours de la période d'émersion qui succède, les récifs sont soumis à des conditions climatiques qui induisent leur dolomitisation progressive et leur karstification. Les eaux météoriques ruisselant sur le volcan se chargent en fer et colorent les sédiments en cours de dolomitisation. A la suite de cette première émersion, une remontée du niveau

marin provoque la précipitation de la dolomite dans le karst précédemment formé. Le niveau continuant à s'élever, la bioconstruction reprend sur les reliefs alors que les dépressions sont le siège d'une sédimentation lagunaire. Ces formations se trouvent aux environs du niveau actuel - 280 m.

Des phénomènes identiques se reproduisent en succession et correspondent aux niveaux actuels situés de - 280 à - 250 m, - 250 à - 230 et enfin - 230 à - 200 m sous le lagon et - 230 à - 120 m sous la couronne. Tout au long de cette période, le socle volcanique subit un enfoncement progressif et n'émerge plus que d'une cinquantaine de mètres à la fin du dernier épisode.

b) ensemble calcaire et immersion du volcan:

1. Les calcaires inférieurs du lagon. Stade plate-forme:

Les sédiments lagunaires tendent à combler les dépressions de l'édifice dolomitique sous-jacent. Les coraux prolifèrent pour former des bancs et même des plates-formes dans le lagon. Cette colonisation se fait en plusieurs temps entre des phases régressives au cours desquelles on n'observe jamais de dolomitisation. Les formations se situent entre le toit des dolomites et le niveau actuel - 120 m.

2. Les calcaires supérieurs - stade atoll. Leur mise en place correspondait au quaternaire. Après la période de bioconstruction précédente, une émergence se manifeste vers le niveau - 20 et induit une karstification intense, réduisant considérablement les surfaces colonisables par les constructeurs de récifs à l'intérieur du lagon. Celui-ci comportait néanmoins des formations coralliennes beaucoup plus importantes qu'à l'heure actuelle. Cette émergence pourrait être datée du début du pléistocène, soit entre 1,6 et 2 M.A. Les derniers phénomènes glaciaires du WURM se situent vers le niveau actuel - 10 m.

Les périodes d'émergence tiennent une place essentielle dans l'histoire de l'atoll et les processus de karstification qui en ont résulté ont conditionné la morphologie des constructions successives. Les pinacles actuels du lagon représentent sans doute les derniers témoins de cette érosion karstique.

+ + + +

## LE MILIEU LIQUIDE LAGONAIRE

### INTRODUCTION

Les surfaces occupées par les lagons polynésiens représentent plus de deux fois la surface totale des terres émergées de ce territoire alors que le volume d'eau qu'ils renferment atteint au plus la 1/100 000<sup>è</sup> partie du volume océanique de la zone économique exclusive.

Les lagons se comportent comme des vasques où les eaux océaniques superficielles transitent plus ou moins rapidement en subissant des modifications de leurs caractéristiques. Toute étude du milieu lagunaire demande une connaissance minimale de la couche de surface de l'océan dont les principales caractéristiques sont résumées dans le chapitre suivant.

### I. CARACTERISTIQUES GLOBALES DE LA ZONE OCEANIQUE ENVIRONNANTE

#### 1. Hydroclimat et dynamique

La zone maritime polynésienne est soumise aux alizés du Pacifique Sud qui se manifestent par des vents à composante Est dominante et dont la fréquence diminue avec les latitudes croissantes (75% aux Marquises, 50% à Rapa).

Deux saisons marines types peuvent être définies à partir des interactions océan-atmosphère.

• En été austral: les alizés s'affaiblissent et un couloir dépressionnaire peut alors s'établir selon un axe des Salomon - Cook et Australes, vers lequel convergent les vents de S.E. et de N.E. Ce couloir constitue l'axe de progression vers l'est du Contre-Courant Equatorial Sud, caractérisé par la faible salinité de ses eaux ( $S \leq 35,5\%$ ). Au nord de cette zone, le courant équatorial dont les eaux sont plus salées (de l'ordre de 36%) porte à l'ouest.

Les températures de surface oscillent de 27° à 29° dans le nord du territoire, à 24° dans le sud.

• En hiver austral: les alizés sont généralement forts et engendrent un régime sec et frais. Le contre-courant des Marquises constitue vraisemblablement un flux de retour vers l'est du Contre-Courant Equatorial Sud. Le renforcement

du courant équatorial, dont la vitesse peut atteindre 0,5 m/s, favorise au niveau des îles de la Société, l'extension superficielle de l'Eau Subtropicale Sud, très salée ( $S < 36,5\%$ ), formée au N.E. des Tuamotu-Gambier.

Les températures hivernales descendent à 16° à Tahiti et 18° à Rapa.

## 2. Houles et marées

Ces phénomènes ont une action très importante sur l'état moyen des lagons (niveau et dynamique).

. Les houles: 3 types de houle touchent régulièrement la Polynésie:

- une houle de secteur Est engendrée par les alizés;
- une houle de secteur Sud-Ouest, formée dans les hautes latitudes sud parvient jusqu'au Territoire en hiver austral;
- une houle de secteur Nord à Nord-Ouest, originaire des hautes latitudes Nord se propage jusqu'en Polynésie en été austral.

Dans ces 3 cas, les creux atteignent au plus 4 mètres.

Par ailleurs, des houles exceptionnelles peuvent être levées par les dépressions tropicales et les cyclones avec des vagues atteignant 10 mètres. Enfin, on doit citer la possibilité d'arrivée d'un raz de marée (tsunami) dont le danger potentiel reste faible en Polynésie.

. Les marées: le réseau de marégraphes installés à Tahiti, aux Marquises et aux Tuamotu-Gambier montrent que des différences importantes existent d'un archipel à l'autre. La marée est de type semi-diurne à faible inégalité et à Tahiti, l'amplitude moyenne est de l'ordre de  $\pm 15$  m. Des anomalies climatiques peuvent engendrer des variations importantes du niveau marin, comme on l'a constaté à la suite des cyclones de 1983.

## 3. Caractéristiques physicochimiques

Les variations saisonnières de faible amplitude observées pour la température et la salinité ne s'accompagnent pas de modifications équivalentes pour les autres paramètres. La couche superficielle est toujours particulièrement oligotrophe avec des concentrations en chlorophylle de l'ordre de 0,1 mg/m<sup>3</sup>. La limpidité des eaux témoigne de leur très faible charge en matériel particulaire.

## II. LE MILIEU LAGONAIRE

### 1. Les lagons d'îles hautes

Chaque lagon ou secteur de lagon possède des caractéristiques propres selon la topographie de son bassin, les apports terrigènes qu'il reçoit et son exposition aux vents dominants ou aux houles. Les principaux résultats obtenus sur les sites les mieux étudiés sont résumés ci-dessous.

#### a) Les lagons de Tahiti:

. VAIRAO: Ce lagon abrite depuis 1972 les installations du Centre Océanologique du Pacifique. Ses caractéristiques hydrologiques sont peu différentes de celles de la couche superficielle océanique sauf pour la silice dont les teneurs peuvent être de 2 à 6 fois plus élevées dans le lagon et les concentrations en chlorophylle qui sont en moyenne 4 fois plus importantes. De fortes crues des rivières entraînent une augmentation des teneurs en nutriments jusqu'à 100 fois la teneur océanique pour les silicates et de l'ordre de 10 à 20 fois pour les autres éléments nutritifs. Le temps de résidence des eaux semble assez bref. L'oxygénation se maintient en permanence au-dessus du niveau de saturation.

. PORT-PHAETON: C'est une baie peu profonde dont plus de la moitié de la surface se situe à moins de 5 mètres de profondeur. Les sédiments terrigènes dominent dans la partie Nord. Au plan hydrologique, les teneurs en substances nutritives dissoutes sont équivalentes à celles de VAIRAO. Les teneurs en chlorophylle sont proches des valeurs océaniques et cette faiblesse serait en rapport avec l'action probable de facteurs inhibiteurs de la photosynthèse. Le renouvellement des eaux est actif en régime d'alizés, mais en période de calme le temps de résidence augmente et des déséquilibres importants peuvent subvenir. Cette baie constitue un écosystème semi-confiné fragile.

. FAAA: En temps normal, les échanges entre le lagon et l'océan sont essentiellement assurés par la houle, qui remplit le lagon par déferlement au-dessus du récif barrière,

et l'excédent s'évacue par les passes de Taapuna et de Papeete. Le temps de résidence a pu être évalué à environ 10 jours.

ZONE URBAINE: de TAAPUNA à la baie de MATAVAI:

Les arrivées d'eau douce constituent le véhicule des charges solides et des polluants qui affectent essentiellement la zone frangeante lorsqu'elle existe encore. En effet, la diffusion du matériel terrigène vers le récif barrière est pratiquement nulle. La charge sestonique varie de 9 à 12 mg/l.

Les populations phytoplanctoniques sont peu florissantes comme le montre le faible pourcentage de pigments chlorophylliens actifs (moins de 50%), mais les concentrations en chlorophylle révèlent une biomasse équivalente à celle des lagons déjà cités.

Les travaux réalisés montrent une dégradation très importante de cet écosystème au cours de la dernière décade, entraînant des conséquences graves, voire irréversibles, au niveau des structures coralliennes et de la chaîne alimentaire. Cependant, la circulation semble suffisamment active pour préserver ce lagon de la pollution chimique, du moins pour le moment.

LE PORT DE PAPEETE: Les modifications topographiques et morphologiques entraînées par les installations portuaires réalisées ou en cours, altèrent la circulation des eaux et entraînent des conséquences sur la vie de l'écosystème dont les plus évidentes sont l'augmentation de la turbidité et la mort de la plupart des algues et coraux.

b) Le lagon de Moorea:

Les agressions humaines étant encore limitées, la situation hydrologique et physicochimique de ce lagon est encore saine. Cependant, les études menées prouvent la gravité du problème posé par l'extraction des sables coralliens. Le bilan de production primaire effectué avant et après les opérations révèle que le gain de production primaire planctonique est très nettement inférieur à la perte due à la mort des coraux et des algues unicellulaires.

c) Raiatea: la baie de Faaroa:

Les conditions hydrologiques moyennes sont caractérisées par la présence de trois couches d'eau:

- la couche superficielle dessalée par les eaux météoriques;
- la couche intermédiaire d'origine océanique;
- la couche profonde résultant du mélange de l'eau intermédiaire avec l'eau des rivières.

Les teneurs en nutriments azotés et phosphatés sont faibles dans les trois couches, mais les silicates sont beaucoup plus abondants dans les couches de surface et de fond. Les teneurs en chlorophylle varient de 0,1 mg/m<sup>3</sup> à l'entrée de la passe à 1 mg/m<sup>3</sup> près de la rivière. La dynamique des eaux est très active: les entrées d'eau océanique sub-superficielle sont compensées par un flux sortant de surface.

d) Autres îles:

Seules quelques données ponctuelles existent pour les lagons des autres îles, recueillies à l'occasion de missions diverses menées par les organismes du Territoire.

2. Les lagons d'atolls

Les principales études portent sur les lagons suivants:

SCILLY: Les eaux du lagon sont aussi pauvres en sels nutritifs que l'océan mais plus riches en pigments chlorophylliens. La turbidité est relativement forte (6 à 14 mg/l). La morphologie de la couronne récifale est telle que les échanges avec l'océan sont pratiquement nuls, si bien que le lagon de Scilly possède toutes les caractéristiques d'un atoll fermé en cours de comblement.

TUPAI: Ce petit lagon est en cours d'étude (Muséum - EPHE).

MATAVAI: C'est le seul lagon réticulé de Polynésie, constitué de bassins peu profonds (8 - 12 m) séparés par des seuils sédimentaires subsuperficiels (50 cm). Les précipitations régissent les salinités et à de fortes pluies peuvent succéder des dessalures importantes (de l'ordre de 3 %),

allant jusqu'à provoquer des inversions thermiques. La stagnation des eaux dans les vasques peu profondes peut entraîner l'apparition d'un milieu réducteur au niveau du fond. La turbidité varie de 1mg/l en surface à 10 mg/l au fond.

. TIKEHAU: Le lagon est en cours d'étude (ORSTOM).

. RANGIROA: Malgré la grande dimension du lagon, l'eau ne présente pas de spécificité marquée par rapport à l'océan. Les teneurs très faibles en sels nutritifs s'accompagnent d'une relative abondance des pigments chlorophylliens. Les lagunes périphériques, saumâtres, renferment de fortes teneurs en silice dissoute et sont riches en diatomées. Les courants de passe sont généralement forts, de l'ordre de trois noeuds avec prédominance de flux sortant. Globalement, il y aurait transport d'eau entre la couronne récifale du Sud-Est et la région des passes.

. TAKAPOTO: Les échanges avec l'océan se limitent au débit intermittent, rentrant, de deux hoas. Le milieu est stratifié en salinité et des inversions thermiques peuvent être observées. La salinité moyenne est proche de 40‰. Le calcul du temps de résidence aboutit à un renouvellement à 50% de l'eau lagonaire en deux ans et demi.

Bassin pratiquement fermé, le lagon devrait être sursaturé en sel du fait d'une forte évaporation positive (50 cm par an). Ceci n'étant pas le cas, il faut invoquer une évacuation de l'excès à travers la couronne ou le soubassement corallien poreux, accompagnée d'un réajustement hydraulique. Inversement, un transfert ionique de l'océan vers le lagon peut expliquer un apport de sels nutritifs suffisant pour maintenir une production primaire quatre fois plus élevée que dans l'océan.

. TAIARO: Erigé en réserve scientifique intégrale en 1972, ce petit lagon montre quelques particularités. Son niveau est toujours

inférieur à celui de l'océan et ses eaux sont nettement sursalées (43%).

. TAKUME: Une étude a été menée sur ce lagon à l'occasion d'un déséquilibre écologique (eaux rouges).

. HAO: Des données hydrologiques, courantométriques et physicochimiques sont disponibles (SMCB et Museum-EPHE). Le courant de passe peut être particulièrement violent (10 noeuds).

. MORUROA: Ce lagon a donné lieu à de nombreuses études qui ont permis de bien connaître son hydrologie, sa dynamique interne et son niveau de richesse. Les pigments chlorophylliens montrent des teneurs analogues à celles des autres lagons. On note des teneurs en silice anormalement élevées. Un bilan de biomasse estime la perte quotidienne à 10 tonnes. Le lagon pompe une eau océanique pauvre et restitue le même volume considérablement enrichi. Les mesures hydrologiques effectuées dans des puits atteignant le socle basaltique ont montré qu'à un niveau égal, l'eau interstitielle est plus riche en sels nutritifs que la couche éclairée océanique. Le maintien de la fertilité du lagon serait donc assuré par une diffusion verticale des nutriments à travers le soubassement corallien, depuis l'eau océanique intermédiaire jusqu'au fond du lagon où ils seraient immédiatement consommés.

. CLIPPERTON: Hors de la zone polynésienne, l'atoll est rattaché à l'administration de Tahiti. C'est un lagon confiné, riche en matière organique et en plancton où la vie microbienne est intense. Des teneurs élevées en soufre et hydrocarbures polycycliques ont été décelées.

+ + + +

## LES EAUX SAUMATRES

### INTRODUCTION

Le bilan des connaissances a été dressé essentiellement pour les atolls et s'appuie sur les relevés expérimentaux acquis dans le cadre d'études spécifiques à objectifs particuliers (Projet d'exploitation des phosphates de MATAIVA, Etudes d'impact d'environnement, Aquaculture).

Les eaux saumâtres se rencontrent dans les lentilles d'eau douce de la couche supérieure du massif corallien et dans les lagunes, naturelles ou artificielles, situées sur les bords des lagons.

#### La lentille d'eau douce:

Cette lentille forme une poche d'eau située au-dessus du niveau du lagon et de l'océan. Sa présence et son maintien sont le résultat d'un équilibre osmotique réalisé entre l'eau de pluie infiltrée dans le massif corallien et l'eau salée qui imbibe la masse de l'île. Entre ces deux liquides de densité différente s'établit un interface d'épaisseur variable où se manifeste un gradient de salinité croissant avec les profondeurs.

Des mesures réalisées à Mataiva avant et après pompage montrent les mouvements de cet interface, en déplacement constant. Entre 2 et 11 mètres de profondeur, les salinités sont de l'ordre de 1 à 1,5‰ avant pompage. A l'arrêt du pompage, la salinité devient supérieure à 2‰, ce qui indique une remontée rapide de l'interface, puis revient à sa valeur antérieure, 5 jours après l'arrêt du pompage, laps de temps nécessaire au rétablissement de l'équilibre de l'interface. Indépendamment de ce gradient vertical, les salinités sont plus élevées à niveaux comparables du côté de l'océan.

Les caractéristiques salines de ces lentilles les amènent parfois à la limite de la potabilité, mais les pompages répétitifs font rapidement remonter les salinités et les rendent impropres à la consommation.

#### Les lagunes:

Les lagunes de Rangiroa font l'objet d'études suivies car elles sont utilisées pour l'élevage du *Charos charos*. La salinité est éminemment variable selon la pluviométrie et le degré de confinement.

En général, on observe un gradient de salinité en fonction de la distance du lagon, les points les plus éloignés ayant les salinités les plus faibles. Lors de pluies abondantes, la répartition des salinités est plus homogène et les valeurs diminuent. Les valeurs enregistrées dans certaines lagunes sont à rapprocher de celles observées au niveau supérieur des lentilles.

L'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation de certaines cultures en développement sur les atolls devrait inciter à compléter les connaissances dans ce domaine.

+ + + +

## LA PRODUCTION BIOLOGIQUE

### INTRODUCTION

Deux approches permettent d'aborder la production biologique naturelle des systèmes coralliens: l'analyse globale du fonctionnement de l'écosystème ou l'analyse fractionnée de chacun des constituants de la chaîne alimentaire. La méthode globale ne permet pas l'identification et l'estimation de la production des différents maillons, mais son aspect synthétique la rend séduisante. L'étude de la chaîne alimentaire porte sur la notion de producteurs primaires et secondaires.

Les producteurs primaires sont des organismes végétaux qui fixent le gaz carbonique au cours de la photosynthèse et la lumière constitue l'agent énergétique essentiel.

Les producteurs secondaires comprennent deux sous-ensembles:

- . Les consommateurs primaires qui s'alimentent aux dépens des producteurs primaires (comme le zooplancton).
- . Les consommateurs secondaires qui consomment uniquement d'autres producteurs secondaires (comme les poissons carnivores).

### I. LES PRODUCTEURS PRIMAIRES

Les algues assurent en Polynésie la quasi totalité de la production de matière organique par photosynthèse. Par commodité, deux groupes sont envisagés dans cet exposé: les algues microscopiques ou microphytes et les algues de grande taille ou macrophytes.

#### 1. Les algues microscopiques

Elles comprennent trois grands groupes: les algues planctoniques, benthiques et symbiotiques.

##### a) Les algues planctoniques:

Ce sont les seuls producteurs primaires en milieu océanique alors qu'elles ne représentent qu'une faible part de la production en milieu côtier et lagunaire.

Les études réalisées ont porté essentiellement sur:

- . l'inventaire des espèces des principaux groupes
- . la biomasse et la production de matière organique,
- . les cycles annuels, saisonniers et rythmés,
- . les espèces indicatrices de certains phénomènes: pollution, effet de masse insulaire.

Les résultats acquis montrent que les eaux lagunaires sont en moyenne de 2 à 4 fois plus riches que les eaux océaniques, mais elles restent cependant des eaux pauvres en comparaison d'autres régions de la planète. L'influence de la masse insulaire est très importante pour le renouvellement en sels nutritifs qui s'opère soit par l'apport des eaux de ruissellement dans les îles hautes, soit par diffusion à travers le soubassement corallien dans les atolls.

##### b) Les algues benthiques:

Seules quelques recherches ponctuelles ont été poursuivies. Cependant, la production primaire au niveau des sédiments est largement supérieure à la production planctonique (de l'ordre de 6 fois pour les mesures effectuées). Par ailleurs, certaines algues comme les cyanophycées, fixent directement l'azote atmosphérique, et sont supposées contribuer ainsi fortement à l'enrichissement du milieu en azote minéral.

##### c) Les algues symbiotiques:

La symbiose entre certains animaux et les algues unicellulaires est une particularité des écosystèmes coralliens. Cette association est bien connue chez les coraux et chez les bédouilles par exemple. Les travaux réalisés permettent d'évaluer les valeurs de production propres à l'hôte ou au symbiote.

#### 2. Les macrophytes

En Polynésie, les algues représentent les organismes producteurs les plus actifs, en produisant jusqu'à 100 fois plus de matière organique par unité de surface que le phytoplancton. Deux grands groupes peuvent être distingués:

##### a) Les algues calcaires:

Les travaux ont porté sur l'anatomie, la reproduction et la calcification. Une évaluation du métabolisme global réalisée à Moorea a révélé:

- Une production brute élevée mais une production nette faible.
- Un déficit en calcification de la zone d'étude, laissant penser à une régression du système.

b) Les algues non calcaires:

Des études se sont déroulées essentiellement à Moorea et à Mataiva.

- Moorea: Le secteur étudié est relativement pauvre en espèces d'algues molles (une centaine) dont la répartition est connue. Ces algues sont peu abondantes en ne représentant que 6% de la surface prospectée. Dans chaque milieu, une espèce domine quant au recouvrement: *Padina* pour le récif frangeant et *Turbinaria* pour le récif barrière. Outre ces grandes algues, des revêtements gazonnants sont présents sur les récifs coralliens et semblent aussi importants en terme de productivité que les grandes algues citées, même si leur biomasse paraît négligeable. Des variations importantes dans le temps et dans l'espace ont été observées, cependant le bilan global varie peu d'année en année.
- Mataiva: Exceptionnellement, on observe un herbier de phanérogames (*Halophila*) à Mataiva. Les algues *Halimeda* et les cyanophycées sont également abondantes dans ce lagon.

## II. LES PRODUCTEURS SECONDAIRES

### 1. Le zooplancton

De nombreux travaux ont été réalisés dans les atolls des Tuamotu: Moruroa, Fangataufa, Hao, Takapoto, Mataiva, Rangiroa. Dans un atoll fermé comme Takapoto, la stratification hydrologique induit des niveaux de richesse différents entre les eaux superficielles (4 à 47 mg/m<sup>3</sup>) et les eaux sous-jacentes (jusqu'à 170 mg/m<sup>3</sup>). Ces valeurs sont de 2,5 à 6 fois supérieures à celles de l'océan.

Dans un atoll ouvert comme Rangiroa, les biomasses moyennes peuvent atteindre 13 fois celles de l'océan proche.

Ces valeurs varient considérablement au cours du cycle nyctéméral, le maximum d'abondance en surface étant observé entre 18 et 24 heures. Dans les îles hautes, la distribution des biomasses varie énormément selon la morphologie du lagon et les influences océaniques ou continentales.

### 2. Les peuplements benthiques (animaux)

De très nombreuses études sur les peuplements animaux vivant sur le fond des lagons ont porté sur:

- l'inventaire des espèces
- l'écologie des espèces: répartition qualitative, relations trophiques.
- le bilan quantitatif des peuplements.
- l'évaluation de la production de la matière vivante.

L'aspect production biologique sera particulièrement retenu dans la revue des principaux groupes qui suit:

#### a) les madréporaires:

La faune corallienne est plus riche en espèces sur les récifs des îles hautes que sur les atolls, et cette faune se raréfie vers le sud-est en fonction de la diminution progressive des températures des eaux superficielles.

Dans les atolls des Tuamotu, on observe peu de différences entre les parties externes des différentes îles mais il existe des variations très importantes d'un lagon à l'autre. La diversité et la répartition des coraux sont liées à l'intensité des échanges entre le lagon et l'océan, notamment à travers les hoa. La diversité diminue avec le confinement, et c'est ainsi qu'une seule espèce est présente dans le lagon fermé de Taiaro.

Dans le lagon de Moorea, les espèces encroûtantes ou semi-branchues dominant et occupent plus de 88% de l'espace colonisé par les coraux.

Les estimations de biomasse sont comprises entre 58 g/m<sup>2</sup> en zone frangeante et 73 g/m<sup>2</sup> en zone barrière. Des études de métabolisme viennent compléter ces travaux, qui se poursuivent activement.

#### b) Les Mollusques

La faune malacologique polynésienne est bien connue et comme précédemment, les complexes d'îles hautes renferment une plus grande richesse spécifique que les atolls, en particulier dans les zones abritées.

Les lagons d'atolls fermés renferment les plus grandes densités de peuplements (plus de 50 individus/m<sup>2</sup>), puis viennent les récifs d'îles hautes (21,9 individus/m<sup>2</sup> en moyenne) et enfin les lagons d'atolls ouverts (20 individus/m<sup>2</sup> en moyenne).

En terme de biomasse, les grands bivalves jouent un rôle prépondérant dans les lagons d'atolls (*Tridacna*, *Chama*, *Arca*) avec des maxima de l'ordre de 350 g/m<sup>2</sup>. Dans les lagons d'îles hautes, les gastéropodes et les lamellibranches sont représentés dans les biomasses les plus grandes, de l'ordre de 37 mg/m<sup>2</sup> (*Dendropoma*, *Chama* et *Trochus*). A l'inverse des densités, les biomasses sont plus élevées en zone barrière qu'en zone frangeante.

Que l'on considère la densité ou la biomasse, le niveau de richesse est toujours lié à l'abondance d'un nombre réduit d'espèces. A Moorea, 5 espèces représentent plus de 70% du nombre d'individus et 3 espèces totalisent 90% de la biomasse.

Les études de production ont permis de distinguer trois groupes d'espèces:

. Les espèces à forte production, biomasse importante et croissance rapide dont le rapport P/B est élevé. Exemple: *Cardium fragum* dont la production peut atteindre 460 kg/ha/an.

. Les espèces à production moyenne, biomasse importante et croissance lente dont le rapport P/B reste très faible. Exemple: *Tridacna maxima*, *Arca imbricata*, dont la production varie de 1 à 4,8 kg/ha/an.

Où les espèces à biomasse et production faibles mais dont le rapport P/B reste élevé comme *Erosaria obvelata*.

. Les espèces à faible production, biomasse faible ou moyenne et croissance lente dont le rapport P/B est assez bas comme *Tectarius grandinatus*, *Mitra mitra*, *Nerita plicata*.

Certaines espèces ont fait l'objet de travaux particuliers en raison de leur intérêt économique potentiel ou réel comme le bénitier, la palourde ou la nacre.

#### c) Les échinodermes:

Relativement peu d'espèces sont recensées en Polynésie, mais elles sont souvent caractéristiques de leur habitat et présentent donc un intérêt bionomique. Certaines peuvent être abondantes, comme l'holothurie *Halodeima atra*, qui caractérise les zones sableuses côtières des récifs. Les densités peuvent être élevées (17 ind./m<sup>2</sup> à Moorea). Les holothuries jouent un rôle important dans le remaniement des sédiments.

#### d) Les crustacés:

La systématique de la faune polynésienne est assez bien connue et la bionomie de plusieurs groupes, libres ou associés, a été largement abordée. Les données quantitatives, recueillies à Moorea, montrent que les crustacés dominent numériquement dans la faune associée aux algues (69%). Quelques mesures de biomasse ont également été effectuées.

#### e) Les alcyonnaires:

Ce groupe n'est bien représenté que dans quelques îles des Gambier et ne joue qu'un rôle secondaire dans les écosystèmes récifaux de Polynésie.

#### f) Les annélides:

Les annélides ont été étudiées du point de vue de leur distribution qualitative et quantitative dans certains biotopes. La production n'en a pas été abordée.

#### g) Les éponges:

Parmi les macroespèces, ce groupe revêt une importance secondaire, au moins dans les lagons.

#### h) Les actinies:

Quelques données sont disponibles sur l'inventaire et la répartition des espèces.

#### i) Les hydraires et les bryozoaires:

Comme précédemment, seuls les travaux d'inventaire et de distribution sont publiés.

#### j) Les foraminifères:

Des travaux d'inventaire et de répartition des espèces ont été réalisés à Moorea, Takapoto et Scilly. Ces organismes peuvent abriter des algues symbiotiques qui participent activement à la production primaire benthique.

#### k) La méiofaune interstitielle:

Différentes études qualitatives et quantitatives permettent de préciser la contribution de cette faune à la production de l'écosystème. La matière organique totale (MOT) augmente lorsqu'on passe des sédiments grossiers à des sédiments fins et ceci est essentiellement dû à un accroissement des matières organiques détritiques (MOD). La distribution de la matière organique vivante (MOV) ne semble pas suivre strictement l'évolution de la granu-

lométrie. Cependant, sa répartition verticale est fortement influencée par la taille des constituants du sédiment: plus le sédiment est fin, plus la colonisation est superficielle (80% de la matière vivante dans les deux premiers centimètres des sédiments très fins). Les taux de matière organique varient selon les sédiments de 80 à 440 mg pour 100 g de sédiment sec dans l'atoll de Marutei-Vavao. La répartition des matières organiques est très importante pour la bionomie des lagons car elle conditionne la distribution des peuplements, notamment des poissons.

### 3. Les poissons

Un grand nombre d'études est consacré à la faune ichtyologique de Polynésie (plus de 70 publications). Parmi celles-ci, près de la moitié traitent de systématique et d'inventaire alors que 5% seulement s'intéresse à la biologie et à la dynamique des populations.

Le bilan des connaissances acquises s'articule sur les 7 points suivants:

- Inventaire systématique: la liste la plus complète recense 616 espèces pour les Iles de la Société.
- Distribution qualitative - Bionomie: le schéma général peut être considéré comme acquis pour les espèces communes de Moorea.
- Distribution quantitative - Biomasse-Densité: la faune des espèces herbivores est la mieux connue à ce point de vue, à Moorea en particulier.
- Variations quantitatives dans le temps: Tout reste à faire.
- Relations interspécifiques et tropiques: Quelques études ont abordé ces questions pour un très petit nombre d'espèces.
- Biologie - Métabolisme - Physiologie: Très peu de travaux sont disponibles et ils ne concernent que très peu d'espèces.
- Production: Les évaluations directes révèlent un peuplement moyen en densité identique (15 ind./m<sup>2</sup>) entre ce récif frangeant et le platier récifal et plus important que celui du chenal (8 ind./10 m<sup>2</sup>). Ce peuplement moyen correspond à des biomasses de 83g/m<sup>2</sup> pour le platier récifal et les biomasses les plus élevées se rencontrent sur ce récif frangeant, près du chenal (153 g/m<sup>2</sup>). Ces données ont été recueillies à Nouméa.

Des travaux ont également été réalisés sur les pentes externes d'atolls ou d'îles hautes et les recherches se poursuivent actuellement sur ce groupe dont l'importance économique est évidente.

### 4. Le métabolisme des récifs

Les premières études datent d'une dizaine d'années seulement et éclairent d'un jour nouveau certains aspects de la production en milieu corallien. Trois points sont abordés dans ces travaux:

#### A. Production organique:

La méthode de l'oxygène permet d'établir les bilans de production primaire soit d'organismes isolés, soit de portions de zones caractéristiques. Les productions brutes sont toujours élevées mais les productions nettes (après déduction des pertes respiratoires) sont faibles, parfois déficitaires, selon les organismes, la profondeur, la saison.

Le rôle du phytoplancton est variable, mais toujours négligeable devant la production primaire benthique.

#### B. Métabolisme et écomorphoses:

Le scléractiniaire *Porites (Cynarea) conveza* et l'algue *Caulerpa urvilliana* ont été étudiés en fonction de la bathymétrie notamment. Au niveau du sédiment, les algues associées aux foraminifères benthiques revêtent une importance particulière dans l'activité métabolique globale.

#### C. Calcification et croissance:

L'étude de la croissance des madréporaires n'a été entreprise que tardivement. Un premier bilan établi en 1980 à Moorea laisse à penser que la zone étudiée est en cours de décalcification bien que la production organique demeure élevée.

+ + + +

## L'EXPLOITATION DU MILIEU NATUREL

### INTRODUCTION

Le milieu lagonaire représente la partie la plus accessible du milieu marin pour les populations riveraines. Sa richesse relative et son accessibilité font qu'il a toujours été le siège d'une exploitation tournée vers l'alimentation, l'extraction des matériaux de construction, le prélèvement d'objets destinés à l'ornementation ou à la fabrication d'ustensiles. De plus, il constitue une aire de loisirs ou de détente largement fréquentée de nos jours.

L'exploitation des ressources biologiques porte essentiellement sur:

- la nacre
- les poissons récifo-lagonaires
- les mollusques
- les crustacés et les échinodermes.

Les franges littorales offrent des sites favorables à l'aquaculture, aussi bien pour les mollusques que pour les crustacés et les poissons.

### I. L'HUITRE NACRIERE ET PERLIERE: PINCTADA MARGARITIFERA (L.), VAR. CUMINGUI (JAMESON)

C'est une espèce que l'on rencontre dans tout l'océan indopacifique intertropical. La variété polynésienne est caractérisée par la couleur noir verdâtre de la nacre du bord interne de ses valves, d'où son nom "Pintadine à lèvres noires".

#### 1. Biologie

La biologie de la nacre est assez bien connue:

C'est un organisme filtreur qui s'alimente aux dépens du phytoplancton et même de la matière organique dissoute.

Les nacres sont matures dès l'âge de deux à trois ans, mais le sex ratio montre une dominance mâle très nette jusqu'à environ 5 ans, puis il s'équilibre.

La reproduction a lieu toute l'année, avec cependant deux périodes d'intensité maxima correspondant aux changements de saison. La fécondité est très élevée puisqu'une femelle de cinq ans libère jusqu'à 40 millions d'ovules. L'oeuf fécondé

donne naissance à une larve dont la vie planctonique dure de 24 à 31 jours. La fixation au stade naissain s'accompagne d'une véritable métamorphose.

Des études en cours sur la génétique de l'espèce tendent à démontrer que l'isolement des différents lagons a conduit à une différenciation des populations de chacune des îles et au développement des caractéristiques propres de chaque population.

#### 2. Exploitation

L'exploitation intense des stocks date des premières années du XIX<sup>e</sup> siècle et s'est poursuivie jusqu'à leur épuisement, particulièrement marqué dans les années 1960. Les données les plus récentes confirment la surexploitation de la plupart des lagons et l'état critique des populations qu'ils renferment. Seuls les lagons de Takapoto et de Scilly offrent encore des effectifs importants.

Les essais de greffe perlière menés à Bora-Bora en 1963 et reconduits à Manihi et Takapoto en 1968 ont été couronnés de succès. Depuis, la perliculture est en développement constant et manifeste des besoins de plus en plus importants en animaux aptes à subir l'opération. Or, les tentatives d'élevage intégral n'ont, pour l'instant, pas permis de produire du naissain en écloserie et, de ce fait, seuls les stocks naturels permettent de subvenir à la demande des professionnels.

L'exploitation actuelle est menée par deux voies:

- La plongée des animaux adultes qui se poursuit encore de nos jours, mais est appelée à disparaître totalement à court terme.

- Le collectage de naissain dont la pratique se développe dans plusieurs îles à partir de la technique mise au point par le Service de la Pêche.

Les collecteurs immergés sont soit naturels (fagots de miki miki ou de uu, fibre de cocotier) soit synthétiques (films, filets, grillages en matières plastiques diverses). Les collecteurs rassemblés sur des filières sont immergés d'une profondeur de l'ordre de 3 mètres et sont retirés au bout de 4 à 6 mois. Le naissain est alors prélevé et mis en élevage dans des paniers immergés à 5 mètres de profondeur.

Les meilleurs rendements sont obtenus dans les régions sous le vent des lagons, au cours des périodes de changement de saison et en position subsuperficielle. Les lagons les plus productifs sont ceux où le stock naturel est encore notable comme Takapoto et Scilly.

### 3. Elevage et Perliculture

La croissance du naissain en élevage dépend de la profondeur d'immersion et de la densité dans les paniers. Les résultats moyens observés à Takapoto montrent les chiffres suivants:

- 1 mois: 0,2 à 0,3 mm
- 3 mois: 8 à 10 mm
- 6 mois: 40-50 mm
- 1 an : 70-80 mm
- 2 ans : 100-120 mm
- 3 ans : 120-150 mm.

#### La greffe perlière:

La gonade est utilisée comme réceptacle. Le greffeur y introduit un greffon prélevé sur le manteau d'une jeune pintadine et un nucleus constitué d'une sphère taillée dans la coquille d'un mollusque d'eau douce. Le greffon se transforme en sac perlier et secrète une couche de nacre d'environ 1,5 mm d'épaisseur autour du nucleus pendant les deux ans que dure l'élevage après la greffe.

Les résultats moyens de la greffe sont les suivants en Polynésie:

- 35% de perles produites dont 17,5% de qualité exportable et seulement 1,7% de qualité supérieure.

Le succès de la greffe dépend de nombreux facteurs tels que:

- l'expérience et l'habileté du greffeur.
- l'état de l'animal receveur: provenance, état de maturité de la gonade,
- l'élevage post-opératoire: profondeur, condition du milieu.

La production perlière a pris une place très importante dans l'économie du Territoire et représente en 1983 le premier poste des exportations en valeur déclarée avec 800 millions de FCP.

## II. LES POISSONS RECIFO-LAGONAIRES

Depuis une vingtaine d'années, l'essor démographique du Territoire et l'appauvrissement des lagons de Tahiti ont nécessité l'importation de poissons des autres archipels pour alimenter le marché. Les atolls des Tuamotu fournissent actuellement environ 75% du marché de Papeete.

### 1. Techniques et engins de pêche

#### 1.1. Le parc:

Les premiers parcs commerciaux construits en grillage à poulailler apparaissent vers 1960 à Rangiroa, et leur usage s'est généralisé. Les poissons capturés sont maintenus dans une chambre du piège et ne sont pêchés qu'au moment de leur livraison à la goélette qui les achemine vers Tahiti. L'installation de parcs est soumise à la réglementation d'occupation du domaine maritime.

#### 1.2. Les filets:

Deux types de filets sont utilisés:

- . les filets maillants qui s'adressent à une grande variété d'espèces et
- . les filets cernants qui permettent la capture de bancs repérés tels que les ature, les mulets, les perroquets, etc.

#### 1.3. Autres méthodes:

La pêche à la ligne de fond est souvent pratiquée à des fins commerciales et intéresse surtout les becs de cane, les loches, etc. La pêche à la traîne, à la canne, la pose de nasses et surtout la chasse sous-marine assurent des captures généralement destinées à l'autoconsommation.

### 2. La flottille

Les pirogues traditionnelles ont pratiquement disparu au bénéfice de bateaux de 3 à 7 mètres, construits sur place en contreplaqué marine et dotés de moteurs hors-bord de puissance variable, de 7 à 80 CV.

### 3. Les pêcheurs

Dans l'archipel des Tuamotu, certaines familles vivent exclusivement des revenus de la pêche, alors que dans les fles hautes cette activité représente généralement un appoint.

#### 4. Production

Avec 1 300 tonnes vendues, la production lagonaire des Tuamotu représente 72% de la consommation locale en poissons frais. Les principaux centres de pêche sont les atolls de Kaukura (370 T.), Arutua (344 T.), Tikehau (301 T.), et Apataki (130 T.). Les espèces commercialisées sont essentiellement *Albula vulpes* (Ioio), les *Lutjanus* (Toau) et *Lethrinus* (Oeo), *Ephinephelus microdon* (Haapu), les scaridés (perroquets) et les carangidés (Carangues).

### III. LES ECHINODERMES

#### 1. Les holothuries

Traitées par fumage et séchage, elles constituent le "trepang" dont le marché asiatique est toujours fortement demandeur. Les espèces les plus recherchées sont *Microthela nobilis*, *Thelenota ananas*, *Actinopyga sp.* Les holothuries ont été exploitées de 1920 à 1936 et les études en cours pour une éventuelle relance de cette pêche, montrent que seuls les atolls des Tuamotu pourraient assurer une production cependant limitée.

#### 2. L'oursin noir

*Echinometra diadema*, est parfois commercialisé pour ses glandes génitales.

### IV. LES CRUSTACES

Les espèces locales commercialisées sont la langouste, le vano, la cigale et le crabe. La pêche est limitée car les stocks naturels sont très faibles et ne permet pas de subvenir à la demande du marché.

### V. LES MOLLUSQUES

#### a) origine locale:

- *Turbo setosus* ou maua: cette espèce est récoltée sur la crête algale. Devenu rare dans les îles du Vent, le turbo reste abondant dans les Tuamotu et les îles-Sous-Le-Vent.

- *Tridacna maxima* ou bénitier: bien que consommé, le bénitier reste abondant dans de nombreux lagons d'atolls ou d'îles hautes.

- Coquillages de collection ou d'ornement:

Le ramassage reste le plus souvent au stade individuel et aucune donnée ne peut être recueillie sur ces prélèvements.

#### b) Introduits:

- *Trochus niloticus* ou troca. Introduite en 1957 à Tahiti, l'espèce a si bien proliféré que l'exploitation a pu commencer en 1971. La pêche est réglementée (secteurs et quotas). De 240 tonnes en 1978, la capture est descendue à 75 tonnes en 1983 et des mesures de sauvegarde et de régénération doivent être envisagées.

- *Turbo marmorata* ou burgo. Importé en 1967, l'espèce a étéensemencée à Tahiti, Moorea, et aux Tuamotu-Gambier. La pêche en est toujours interdite.

### VI. LES CORAUX

Quelques prélèvements épisodiques de corail noir (*Cirripathes sp.*) trouvent un débouché en bijouterie.

Les matériaux coralliens sont abondamment utilisés pour les travaux d'aménagement et les problèmes posés sont traités dans les autres chapitres.

### VII. SITES D'AQUACULTURE

#### 1. Tuamotu

A Rangiroa se poursuivent des travaux d'élevage de *Chanos chanos*, poisson utilisé comme appât par la pêche thonière. Les meilleurs rendements sont obtenus dans les lagunes "Kopara" mais d'autres sites peuvent être envisagés: hoa non fonctionnels et plus ou moins comblés ou baies délimitées par des îlots ou cordons sableux.

D'autres espèces de poissons pourraient être élevées en cage flottante ou en enclos, avec apport de nourriture.

Certaines espèces de crevettes pourraient être élevées également dans les lagunes.

#### 2. Australes

Les possibilités y sont très réduites du fait du petit nombre de baies, du manque d'eau douce et de la faible profondeur des lagons.

#### 3. Société

Le potentiel en baies et lagunes est intéressant pour l'élevage des mollusques ou des cre-

vettes ou pour l'implantation d'écloseries.

Les espèces suivantes peuvent actuellement être élevées car le cycle est pratiquement maîtrisé.

- La crevette *Penaeus monodon* en élevage extensif.

- L'huître *Saccostrea echinata* mais il faut habituer le consommateur à ce produit un peu inhabituel.

- La moule verte *Perna viridis* dont la production se développe.

+ + + +

## DEGRADATIONS ET NUISANCES

### INTRODUCTION

Les organismes qui composent la communauté récifale n'ont pas eu à développer au cours de leur évolution de réactions d'adaptations importantes vis-à-vis du milieu relativement stable qui les entoure, mais ils ont noué entre eux des relations complexes, notamment sur le plan trophique. Les espèces manifestent donc une faible tolérance aux variations des facteurs physico-chimiques de l'environnement. Ainsi, les coraux constructeurs de récifs requièrent des conditions strictes pour se développer, au plan de la température, de la lumière, de l'hydrodynamisme, de la sédimentation, etc. Si l'un des facteurs devient défavorable, les coraux meurent et l'ensemble de la communauté qui leur est inféodée disparaît. L'inventaire de toutes les menaces qui pèsent sur l'écosystème est fort difficile à réaliser; certaines naissent au sein du milieu marin mais la plupart sont d'origine terrestre. Si l'homme est le plus souvent responsable, certains cataclysmes naturels entraînent également des dégâts considérables (cyclones).

L'exposé qui suit traite des principales causes de dégradations, mais on doit souligner que dans la plupart des cas, plusieurs facteurs agissant simultanément.

### I. DESCRIPTION DES DEGRADATIONS ET NUISANCES

#### 1. La modification de la morphologie littorale

Ce sont tous les aménagements qui altèrent la structure naturelle de la côte ou du lagon comme les digues, remblaiements de récifs, dragage de chenaux... Toutes ces altérations entraînent trois conséquences immédiates:

- le récif frangeant disparaît
- la circulation du lagon est modifiée et le renouvellement des eaux est généralement ralenti.
- les constructions nouvelles offrent des substrats neufs à la colonisation des organismes dont les effets peuvent être néfastes.

Le profil de la côte est le résultat d'une longue évolution des influences marines et terrestres et la succession des formations coralliennes est le résultat de l'équilibre de ces influences. La destruction d'un récif amène un appauvrissement considérable de la flore et de la faune, une augmentation de la turbidité des eaux et souvent une accumulation de produits organiques qui se décomposent et d'apports terrigènes qui sédimentent.

La zone urbaine de Tahiti montre de nombreux exemples de ce type de dégradations: Aéroport de Faaa, port de Papeete, Marina du Lotus, zone du Yacht-Club.

## 2. Extraction de sables coralliens

Les sables sont souvent extraits près de leur site d'utilisation et on assiste à une prolifération des points de dragage. Les zones exploitées se situent le plus souvent dans des endroits calmes et les particules mises en suspension sont mal évacuées. La turbidité est très forte et entraîne une diminution importante de la pénétration de la lumière, ainsi que d'une sédimentation forte entraînant la mort des coraux autour du point exploité. Ces travaux induisent une destruction directe du milieu et ont la même influence à distance que les modifications du profil de côte. Ces extractions sont comme des "chancés" dans l'écosystème où la dégradation est irréversible. Cependant, quelques espèces peuvent proliférer dans ces milieux perturbés comme les algues *Dadina* ou *Galaxaura* ou la porcelaine *Erosaria obvelata*. Des exemples de destruction se trouvent sur de nombreuses îles dont certaines sont des hauts lieux touristiques comme MOOREA ou BORA-BORA. A TAHITI, il faut citer la vasque du TAAONE et l'ensemble du récif frangeant de TAAPUNA au TAHARAA.

L'érosion naturelle, accrue par les terrassements littoraux, amène dans le lagon un champ terrigène qui engendre pratiquement les mêmes effets et aggrave la situation générale.

## 3. Les dépôts de détritits et les substrats neufs

Les substrats solides immergés offrent théoriquement de nouvelles surfaces à la colonisation biologique qui se fait lentement et par étapes.

Cependant, tous ces apports exogènes ne présentent pas les mêmes qualités: les caoutchoucs et les plastiques ne sont guère favorables à la fixation de la plupart des larves d'invertébrés. Les dépôts de détritits ont un aspect esthétique désastreux et si, de plus, des produits toxiques figurent parmi ces rejets, l'impact sur le milieu peut être catastrophique.

Les exemples de dépotoirs lagonaires sont nombreux et pas seulement limités à Tahiti. On y trouve les objets les plus hétéroclites et cette pratique est à dénoncer vigoureusement.

Les substrats neufs sont également importants dans les constructions et aménagements littoraux. Les structures bétonnées sont généralement dominées par des coraux et des mollusques si les conditions écologiques de survie sont réunies, mais ne semblent pas favoriser l'installation des algues et de la faune qui leur est inféodée. L'hypothèse de régénérations de récifs à partir de telles constructions est à manier avec la plus grande prudence, car ce succès relatif de réinstallation d'organismes ne peut être comparé à la richesse du récif préexistant. Des exemples de rétablissements faunistiques partiels existent par exemple au niveau de la zone frangeante de FAAA où les travaux de construction de la piste datent de trente ans.

## 4. Les apports hydrauliques terrestres

Sur les îles hautes, l'érosion naturelle est très active et les particules terrigènes arrivent dans les lagons soit par les eaux de ruissellement, soit par les rivières. Les apports d'éléments nutritifs terrigènes contribuent à la prospérité des peuplements lagonaires, mais les apports importants de "boues" ont les effets néfastes déjà évoqués précédemment, si la sédimentation provoque l'envasement du biotope. La circulation des eaux joue ici un rôle prépondérant, en assurant l'évacuation de l'excès de la charge.

La dessalure, l'envasement et la turbidité sont particulièrement ressentis par les coraux, et seules quelques espèces sont relativement tolérantes envers ces facteurs (*Montipora*, *Pocillopora*).

La traversée des zones urbanisées par les rivières donne une nouvelle dimension à l'effet de

ces apports. Souvent transformées en égout à ciel ouvert, elles charrient toutes sortes de rejets.

Les eaux de ruissellement peuvent entraîner des produits toxiques (herbicides, pesticides) difficilement dégradables, susceptibles de se concentrer dans des zones abritées du lagon. Bien que cette accumulation n'ait pas encore été réellement démontrée, le risque est reconnu par tous.

#### 5. Les rejets d'eaux usées

Ce problème relativement récent est lié à l'urbanisation du littoral des côtes nord-ouest et ouest de Tahiti. Les rejets ont déjà affecté irrémédiablement certains lagons et récifs.

a) Les eaux usées domestiques sont riches en matières organiques, nitrates et phosphates. Leur arrivée en mer provoque une prolifération des algues planctoniques et benthiques dont la décomposition provoque une chute brutale de la teneur en oxygène dissous. Il se développe une flore bactérienne anaérobie dans un milieu devenu réducteur. Au cours de ce processus, seules quelques espèces arrivent à survivre un certain temps, comme les synaptès, les éponges et quelques algues. A la fin de cette évolution, le récif est mort.

#### b) Pollution chimique:

Huiles usagées et hydrocarbures: aucun phénomène important de marée noire n'a été constaté en Polynésie. Les huiles affectent essentiellement les organismes qui émergent même temporairement et ceci est flagrant dans le port de Papeete.

Pesticides et insecticides: les plus nocifs sont les composés organo-chlorés, non dégradables et on tend à préconiser l'emploi d'organophosphorés biodégradables et à faible rémanence. Bien qu'aucune mesure ne révèle de concentrations inquiétantes pour le moment, le danger potentiel existe.

#### c) Les métaux lourds:

Certains ont un effet toxique reconnu (Mercure, Cadmium, Plomb, Chrome) ou possèdent une fonction métabolique et leur excès est toxique (Cuivre, Fer, Zinc). En dehors des zones urbanisées, les teneurs ne sont guère supérieures aux taux naturels. Dans la région de Papeete, les teneurs peu-

vent être plus importantes et les métaux incriminés sont directement liés aux activités humaines en amont. Trois rivières ont été étudiées: la PA-PENOO, la PAPEAVA et la TIPAERUI. Les données montrent que les rivières du secteur urbain et le lagon proche de leur estuaire présentent des taux de pollution critiques pour le Mercure, le Cadmium, le Plomb, le Cuivre, le Zinc et le Chrome.

#### 6. Les prélèvements intensifs de flore et de faune

Deux groupes sont plus particulièrement visés: les mollusques et les poissons.

Les chercheurs de coquillages retournent les blocs ou même les colonies coralliennes vivantes ce qui entraîne la mort des organismes fixés. De plus, le simple fait de marcher sur le platier récifal détruit les colonies jeunes ou branchues et fragiles. Les dégâts occasionnés par ces collectionneurs s'observent facilement dans la région des grands hôtels, et déjà un certain nombre de grandes et belles espèces se sont notablement raréfiées dans les lagons de Tahiti.

Un processus de surpêche est flagrant dans la région urbaine et suburbaine et s'étend à l'ensemble de l'île de Tahiti. La pêche sous-marine a décimé les grandes espèces et l'utilisation de filets à mailles de plus en plus fines permet la capture des petites espèces et surtout de nombreux juvéniles. Les stocks de poissons lagunaires de cette île ont diminué de façon inquiétante.

#### 7. Pollution bactériologique

Les études significatives concernent la zone urbaine de Tahiti. Les apports de germes sont en rapport direct avec l'importance des cours d'eau et les densités les plus élevées s'observent aux embouchures des rivières TIPAERUI, PAPEAVA, FAUTAUA. Généralement, les prélèvements de surface sont plus riches que ceux du fond, et cette pollution s'étend jusqu'au récif barrière.

Le nombre et la distribution des germes coliformes, entraînés par les eaux de ruissellement, est influencé par la pluviométrie. Les plus fortes concentrations se rencontrent dans le port de PAPEETE et le secteur du TAAONE.

La pollution fécale s'apprécie par le dénombrement des Entérocoques et de *Escherichia coli*. L'origine humaine ou animale se détecte par la proportion des deux types présents. Dans les divers secteurs prospectés, les germes d'origine animale dominent nettement, notamment dans la baie d'UTUMAORO.

Les bactéries *E. coli* peuvent provoquer des gastroentérites aiguës et servent de traceurs à d'autres germes pathogènes comme les bacilles typhoïdiques ou dysentériques.

Quelques points du littoral sont particulièrement sensibles et peuvent devenir des zones à hauts risques comme la plage CIGOGNE, la baie d'UTUMAORO, le lagon d'ARUE ou le quartier TAUNOA.

#### 8. Pollution thermique

La zone du port de Papeete, soumise aux rejets des eaux de refroidissement de l'usine thermique montre une élévation de température de 1 à 2,5° C par rapport au secteur environnant. Cette zone étant déjà fortement atteinte, on peut admettre à la rigueur que ce phénomène a peu d'importance à cet endroit. Cependant, un tel risque ne doit pas être minimisé dans le cas de nouvelles installations dans des régions plus saines.

#### 9. Les cyclones

En 1983 une série de cyclones a gravement affecté l'écosystème corallien, au moins sur certaines îles. Le niveau d'eau a pu monter de trois mètres et la houle cyclonique a atteint des creux de plus de 10 mètres. Les pentes externes ont été particulièrement touchées, parfois totalement détruites de la surface jusqu'à plus de 60 mètres, par effet d'avalanches. Les coraux ont disparu, ainsi que la faune associée et la plupart des espèces de poissons.

## II. LA CIGUATERA

La ciguatera est une intoxication alimentaire consécutive à la consommation de poissons de récifs, appartenant à des espèces habituellement sans risques, en parfait état de fraîcheur. Bien qu'elle soit connue depuis des siècles, on commence seulement à discerner ses mécanismes. Trois toxines

entrent en jeu; elles sont plus actives que la plupart des autres toxines marines sur la souris, mais leur structure chimique n'est pas encore élucidée. La source initiale de ces toxines a été découverte aux îles Gambier: il s'agit d'une algue microscopique baptisée *Gambierdiscus toxicus*. Cette algue prolifère sur les coraux morts où elle est consommée par les poissons brouteurs. La toxicité est ensuite transmise dans la chaîne alimentaire jusqu'aux poissons carnivores.

Les flambées d'intoxications sont consécutives à des destructions de portions plus ou moins étendues de récifs, qu'elles soient naturelles ou dues à l'action humaine.

## III. RETOMBÉES DES EXPERIMENTATIONS NUCLEAIRES ATMOSPHERIQUES

La région Pacifique a servi de champ de tir aux essais nucléaires atmosphériques de plusieurs pays (Etats-Unis, Grande-Bretagne, France) entre 1946 et 1974. La puissance expérimentée totale représente 167 mégatonnes dont 7% pour les essais français en Polynésie. Les populations étant particulièrement sensibilisées à la radioactivité induite par ces tirs, de nombreux laboratoires de différentes nationalités effectuent régulièrement des analyses et de nombreuses publications traitent de ce sujet. Il faut souligner une grande concordance au plan des résultats des analyses et au plan de l'interprétation des résultats.

#### - Résultats des analyses:

Des séries chronologiques importantes sont réunies, parfois depuis 1959 et les résultats concordent pour les radioéléments en cause et pour le calcul du niveau de radioactivité. Le maximum de radioactivité a été atteint en 1964-65 pour l'ensemble du Pacifique, avec des taux quatre fois supérieurs pour le Pacifique Nord. Depuis cette date, le niveau décroît graduellement bien que les tirs aériens se soient poursuivis à Moruroa jusqu'en 1974. Seuls les éléments répandus dans l'atmosphère ont été retrouvés et aucune contamination terrestre ou océanique n'a été décelée, même depuis le passage aux tirs souterrains. Actuellement, les doses reçues se situent à 0,5% de la moyenne d'exposition aux sources naturelles.

- Interprétation des résultats:

- . La radioactivité artificielle observée en Polynésie est très faible, inférieure à celle du Pacifique Nord.
- . Cette radioactivité décroît régulièrement.
- . En 1982, les tests effectués sur les poissons montrent une activité inférieure à celle mesurée sur les poissons de Méditerranée.
- . L'essentiel de la radioactivité globale de Polynésie est d'origine naturelle.

+ + +

VALORISATION DU MILIEU

INTRODUCTION

La valorisation du milieu peut être comparée à l'agriculture alors que l'exploitation est à mettre sur le même plan que la cueillette ou la chasse.

La valorisation implique de ce fait une action humaine qui tend à modifier ou réguler l'environnement de manière à assurer une production optimale de la ressource visée.

La mise en valeur du milieu lagunaire et récifal correspond à une nécessité de développement économique des archipels. Elle implique la mise en oeuvre de techniques dont certaines sont déjà mises au point, alors que d'autres restent du domaine de la futurologie, quelques-unes sont en cours d'étude de faisabilité.

Les chapitres précédents ont montré la fragilité de l'écosystème récifo-lagunaire. Sa valorisation comporte donc des contraintes dont la méconnaissance et non-observation entraîneraient des dégradations et des nuisances contraires à l'objectif poursuivi.

Les ressources susceptibles d'être valorisées peuvent se ranger sous trois rubriques:

- . ressources minérales
- . ressources énergétiques
- . ressources biologiques.

I. LES RESSOURCES MINERALES

Extraction des sables coralliens

L'aspect négatif de ces extractions sur la vie de l'écosystème a été décrit dans les chapitres précédents, et il ne s'agit certes pas là de valorisation du milieu. Cependant, la régénération des sites détruits ou leur utilisation à des fins des productions pourraient être envisagées. En effet, les "carrières" ainsi créées pourraient être aménagées en bassins aquacoles par exemple.

Exploitation des gisements de phosphates

Les gisements de l'atoll soulevé de MAKATEA

ont représenté une des premières ressources du territoire et sont épuisés. Les prospections récentes ont conclu à l'exploitation possible des phosphates du lagon de Mataiva et on envisage une extraction de 12 millions de tonnes répartie sur 15 ans. Il serait possible de remédier aux dégradations inévitables en utilisant les rejets stériles pour édifier des enceintes d'élevage. L'exploitation minière permettrait d'aménager le milieu de façon à ce qu'une activité d'aquaculture puisse prendre le relais.

## II. LES RESSOURCES ENERGETIQUES

Les seules sources énergétiques d'origine marine intéressant les écosystèmes récifaux actuellement utilisables sont:

- les sources dynamiques: les marées, les courants de passe, les houles.
- les sources thermiques qui utilisent la différence de température entre les eaux froides profondes et les eaux chaudes superficielles.

Deux de ces possibilités intéressent plus particulièrement la Polynésie: l'énergie de la houle et l'énergie thermique.

- L'énergie de la houle: Lorsque la houle est régulière, il est possible de faire fonctionner de petites unités de quelques dizaines de kilowatt. La houle frappe un plan incliné et remplit un réservoir dont l'écoulement est muni d'une turbine. Les expérimentations effectuées montrent qu'une barge réservoir utilisant 50 mètres de front de vagues pourrait produire de 100 à 200 kilowatt.

- L'énergie thermique des mers: Les couronnes récifales représentent des lieux privilégiés pour ce genre d'exploitation, car les grands fonds océaniques sont très proches. Cependant, la production d'énergie nécessite la mise en oeuvre de moyens complexes et coûteux qui ne peuvent se concevoir que pour une unité importante. De ce fait, une telle centrale ne pourrait être envisagée sur la plupart des îles que si une implantation industrielle lui était couplée.

Les eaux froides, riches en éléments nutritifs, rejetées dans un lagon, permettraient d'induire une production primaire importante, constituant le

premier maillon d'un enrichissement global. D'autre part, leur utilisation en bassins permettrait d'élargir la gamme des espèces élevables localement, par introduction d'espèces tempérées par exemple. Les rejets d'eau chaude permettraient d'aménager la circulation des eaux lagunaires, notamment dans les zones les plus confinées.

## III. LES RESSOURCES BIOLOGIQUES

Plusieurs filières peuvent être envisagées pour la mise en valeur des ressources biologiques des lagons polynésiens, depuis l'exploitation des ressources disponibles dans le milieu naturel, jusqu'à l'élevage total des espèces les plus prisées. L'idée d'utiliser les lagons en aquaculture a été souvent évoquée, mais la dimension des plans d'eau et les peuplements qu'ils renferment constituent des difficultés non encore résolues. Il semble cependant possible d'aménager les caractéristiques physiques lagunaires en vue d'augmenter leur productivité (injection d'eaux profondes par exemple). S'il ne peut être question dans l'immédiat d'envisager un lagon comme un bassin d'élevage unique, il est par contre possible de développer des activités déjà en cours ou de prévoir des installations pour lesquelles le savoir-faire existe.

Les productions aquacoles possibles comprennent les algues, les mollusques, les crustacés, les poissons et les tortues. Le manque d'eau douce sur les atolls interdit certains élevage comme celui de la chevrette.

### Les algues:

Les algues produisent des protéines végétales qui, introduites dans les aliments pour animaux permettraient au territoire de s'affranchir des importations. Cependant, les eaux lagunaires doivent être enrichies en sels nutritifs pour obtenir une forte production, soit par adjonction d'engrais à base de nitrates, phosphates et silicates, soit par pompage d'eau profonde. Les expériences réalisées aux îles Vierges montrent que l'on peut obtenir des rendements de 6,5 tonnes de matière sèche par hectare et par an, avec les algues *Spirulines* et de 18 tonnes pour les algues *Chaetoceros gracilis*.

Les coquillages comestibles:

Les techniques d'élevage des mollusques comestibles (huîtres, palourdes, moules) sont maîtrisées mais reposent sur une alimentation naturelle des animaux. La pauvreté relative des eaux lagunaires n'est pas favorable à une bonne croissance de la plupart des espèces et cet élevage ne peut se concevoir que dans certaines lagunes ou après fertilisation des eaux.

Les Mollusques nacriers et perliers:

Seuls des élevages extensifs de gastéropodes brouteurs profitant de la production naturelle du récif peuvent être envisagés. L'amélioration de la production passe par le réensemencement régulier en juvéniles produits en éclosérie; ce qui pourrait être appliqué aux *trocus* et aux *burgos* déjà introduits à Tahiti.

Les stocks naturels de nacre, quoique en régression pour la plupart d'entre eux, fournissent le cheptel d'une industrie perlière en expansion. Les essais de production contrôlée en éclosérie sont restés sans succès, mais le captage de naissains est par contre bien maîtrisé, et devrait à brève échéance satisfaire les besoins des professionnels. Le développement de cette activité est conditionné par une saine gestion des stocks existants.

Les crustacés

- Crevettes de mer:

Seules les crevettes pénéides offrent des possibilités d'élevage dont la rentabilité a été prouvée. Comme il n'existe pas d'espèces indigènes en Polynésie, il n'est pas possible de capturer les reproducteurs ou les juvéniles dans le milieu naturel et le cycle complet des espèces retenues doit être maîtrisé. L'élevage proprement dit peut se faire soit en bassins, soit en cages flottantes.

- Langoustes et homards:

La langouste présente l'inconvénient d'avoir une vie larvaire très longue (6 mois) et ne peut être élevée actuellement.

L'élevage du homard nécessite des eaux froides au stade du grossissement et ne peut être envisagé que couplé avec une usine E.T.M.

Les Poissons:

Le *Chanos chanos* est la seule espèce dont l'élevage est actuellement possible en quantité sur le territoire. Les juvéniles sont capturés dans le milieu et grossis jusqu'à la taille où ils sont utilisables comme appât pour la pêche thonière.

Beaucoup d'espèces sont théoriquement intéressantes pour l'élevage: les Carangidés, les thons, les coryphènes, les siganidae, les merous. Le grossissement pourrait être réalisé en cages flottantes techniques bien adaptées au milieu lagunaire. Cependant, la reproduction en captivité et l'élevage larvaire ne sont pas du tout maîtrisés. Certaines espèces tempérées peuvent être élevées en milieu tropical avec des taux de croissance accrus mais leur reproduction sur place peut poser des problèmes et semble nécessiter une source d'eaux froides.

Les tortues:

Deux fermes pilotes (La Réunion et Grand Cayman) ont prouvé la faisabilité de l'élevage des tortues bien que deux difficultés demeurent:

- l'approvisionnement en jeunes individus et
- le contrôle des maladies.

L'élevage jusqu'à la taille commerciale dure deux ou trois ans mais nécessite la fourniture d'un aliment dont la qualité conditionne la croissance des jeunes tortues.

+ + + +

## LA GESTION DU MILIEU

### INTRODUCTION

L'expansion humaine pose deux problèmes écologiques majeurs à l'échelle de la planète : la démographie et la pollution. La Polynésie n'échappe pas à cette évolution. En effet, la population est en plein essor démographique (53 % de moins de 20 ans). L'augmentation des échanges commerciaux et touristiques et la mise en place d'unités industrielles induisent un remaniement de l'environnement dont les manifestations néfastes sur l'écosystème lagunaire s'étendent de plus en plus.

Le milieu récifal et lagunaire est soumis à toutes les agressions engendrées par les activités liées au développement de la communauté humaine : Il possède le redoutable privilège de se situer en aval de tous les facteurs polluants émanant du milieu terrestre véhiculés par les eaux douces ; ses ressources, les plus accessibles du milieu marin, sont exploitées depuis fort longtemps et il est de plus directement atteint par les aménagements littoraux. Ces facteurs entraînent globalement une diminution de la richesse spécifique quand ils ne conduisent pas à la mort du récif.

L'exploitation des ressources biologiques, répondent aux demandes des marchés extérieurs et aux besoins locaux ont amené certains stocks à un stade proche de l'épuisement (Nacres, tortues).

Les dégradations du milieu et les nuisances qu'elles entraînent se sont développées au cours des dix dernières années et affectent surtout les zones urbanisées. Dans les cas extrêmes, les destructions sont irréversibles (récifs frangeants) et les pollutions en arrivent à menacer la santé des populations riveraines (pollution bactériologique). Si cette évolution devait se poursuivre, les lagons des zones urbanisées deviendraient des déserts putrides, et par contamination, entraîneraient la mort de l'ensemble des lagons des îles les plus peuplées. Un tel processus ne peut être enrayé que par le renforcement d'une politique de gestion du milieu dont la rigueur doit être à la dimension des problèmes posés.

### I - LES ATTEINTES AU MILIEU LAGONAIRE

Deux types de facteurs peuvent être distingués :

- les facteurs extérieurs au milieu lagunaire, d'origine atmosphérique, océanique ou terrestre.
- les facteurs appliqués directement au sein du milieu.

#### 1 - Les facteurs d'origine externe

Origine océanique : Ce sont les variations du niveau de la mer, comme par exemple la baisse exceptionnelle enregistrée au mois d'avril 1983, qui échappent au contrôle de l'homme. Par contre, des pollutions telles que nappe de pétrole ou autres produits nocifs peuvent survenir à la suite d'accidents de navigation. La prévention dépend aussi bien du droit international que des instances territoriales et la protection civile pour un rôle essentiel pour pallier aux dégâts éventuels.

Origine atmosphérique : Les dépressions et cyclones tropicaux engendrent de très fortes houles dont l'effet destructeur peut être très important et entraîne l'anéantissement de toute forme de vie fixée sur de vastes zones de récifs jusqu'à plus de 60 mètres de profondeur. Aucune intervention humaine ne peut en atténuer la portée, mais l'évolution des zones sinistrées doit être suivie pour évaluer leur régénération et pour détecter les effets secondaires éventuels (Ciguatera ?).

Aucune pollution atmosphérique alarmante n'a été observée, même pour la radioactivité en dépit des essais aériens français et étrangers dans le Pacifique.

Origine terrestre : La plupart des facteurs de dégradation d'origine terrestre sont véhiculés vers les lagons par les eaux douces et ils représentent la menace essentielle qui pèse sur les lagons des îles hautes. La charge particulière des rivières et des eaux de ruissellement provient de l'érosion des sols qui est aggravée par les travaux de terrassement. La sédimentation de ces matériaux entraîne un engorgement des zones lagunaires les plus confinées. Les insecticides et pesticides employés par l'agriculture sont entraînés par les eaux de pluie et leur accumulation

constitue un danger potentiel. L'usage des produits organosphosphorés, biodégradables, doit être préconisé. Mais c'est surtout lorsque les rivières traversent les régions urbanisées que les risques augmentent considérablement.

Les rivières jouent le rôle de collecteur des eaux usées et sont transformées en égout à ciel ouvert. De plus, elles reçoivent des déversements directs de toutes sortes de détritiques. Il en résulte une pollution visuelle et esthétique d'une part et une pollution chimique et bactériologique d'autre part.

Les eaux usées domestiques enrichissent le milieu en matière organique dont l'excès peut provoquer l'eutrophisation de secteurs du lagon. Les teneurs en certains métaux lourds tendent à devenir préoccupantes, mais leur origine doit être identifiée avant d'envisager des mesures de prévention.

La pollution bactériologique, notamment d'origine fécale, pose un problème de salubrité en certains points critiques où des interdictions de baignade ont dû être prononcées.

L'agglomération urbaine de Papeete est la plus touchée et seule la réalisation d'un plan d'assainissement global peut remédier à l'aggravation continuelle de la situation. Deux problèmes techniques sont à résoudre : le traitement et le rejet des eaux usées. Les solutions retenues ailleurs peuvent servir d'exemple pour la Polynésie.

## 2 - Les facteurs d'origine interne

Les modifications de la morphologie des lagons et l'exploitation des ressources constituent l'essentiel de ces facteurs.

Les modifications du profil de côte, généralement avec remblai, font disparaître les récifs frangeants et altèrent le régime de circulation des eaux.

Les extractions de sables coralliens libèrent en suspension de grandes quantités d'éléments fins qui vont sédimenter à distance et causent la destruction de zones récifales beaucoup plus importantes que le site d'exploitation.

La création de substrats neufs est souvent favorable à la colonisation par les invertébrés. On peut penser qu'il serait possible de créer des récifs artificiels pour régénérer les parties les plus atteintes des récifs naturels, cependant des études complémentaires sont nécessaires pour évaluer les limites d'une telle méthode, par ailleurs fort onéreuse.

L'exploitation des ressources biologiques s'exerce à différents niveaux. Au niveau individuel du pêcheur amateur ou du collectionneur de coquillages, les effets se font sentir surtout dans les régions urbanisées : La fréquentation intense du milieu et la somme des prélèvements individuels entraîne la dégradation des structures coralliennes et la raréfaction des espèces les plus prisées : poissons de taille consommable, coquillages divers.

L'exploitation prend une autre dimension lorsque les produits sont commercialisables, surtout s'ils atteignent une valeur marchande élevée. C'est ainsi que les stocks de nacre sont pour la plupart épuisés après une pêche intense de longue durée. Les populations de tortues sont également fortement affaiblies et leur sauvegarde pose un problème au plan international.

## II - LES GRANDS RISQUES ACTUELS

Trois types de menaces sont particulièrement importants : les déchets, les travaux d'aménagement et l'exploitation des ressources.

Le problème des déchets : Le seul principe de base qui doit prévaloir à ce sujet est le suivant : "Plus de rejets dans les lagons". Le problème est particulièrement aigu dans les zones urbanisées, mais les solutions techniques existent.

Les travaux d'aménagement : Les récifs frangeants sont les premiers menacés, mais déjà certaines zones du récif barrière sont atteintes. La disparition des biotopes entraîne la disparition des espèces qui leur sont inféodées (jeunes poissons dans le récif frangeant).

L'altération de la circulation des eaux entraîne des risques d'accumulation de polluants

divers avec toutes les conséquences que cela comporte. L'exploitation des ressources biologiques : Les prélèvements effectués doivent être proportionnés aux capacités de production de stocks naturels. Les outils de gestion développés actuellement permettent de déterminer l'effort supportable pour peu que les données biologiques de base soient acquises.

#### CONCLUSION

La gestion du milieu apparaît comme une nécessité évidente pour tous ceux qui fréquentent les lagons. Cependant la complexité de cet écosystème et la multiplicité des facteurs agissants rendent inefficaces les mesures ponctuelles prises au coup par coup. Une politique ambitieuse de gestion peut seule assurer la conservation et la sauvegarde des lagons, par des actions coordonnées et programmées. Une telle politique est directement liée à la stratégie de développement définie par le pouvoir politique et son application dépend de la volonté de tous de préserver le patrimoine naturel. Les moyens de cette gestion sont présents en Polynésie (organismes de recherches, services techniques) et seront mis en oeuvre d'autant plus efficacement que les objectifs seront mieux définis.

## CHAPITRE I

### GEOMORPHOLOGIE

par

GABRIE Catherine (1)  
MONTAGGIONI Lucien (2)  
SALVAT Bernard (1)

(1) E.P.H.E., Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie -  
55, rue Buffon - 75005 - PARIS

(2) Laboratoire de Géologie, Université Française de l'Océan Indien -  
B.P. 5 - 97490 - Sainte-Clotilde - LA REUNION

## P L A N

### I - INTRODUCTION

1. Situation géographique de la Polynésie Française
2. Historique des principaux travaux scientifiques en P.F.

### II - ORIGINE ET EVOLUTION DES RECIFS CORALLIENS

1. Les principaux types de récifs coralliens
  - 1.1. Complexe récifal d'île haute volcanique
    - a) Le récif barrière
    - b) Le lagon
    - c) Le récif frangeant
  - 1.2. L'atoll
    - a) La couronne récifale
    - b) Le lagon
2. Origine des récifs coralliens
  - 2.1. Les premières théories
  - 2.2. Les théories récentes
    - a) La théorie qui associe subsidence et eustatisme glaciaire
      - a.1. Origine des alignements insulaires
        - a.1.1. Formation des alignements insulaires en bordure de plaque
        - a.1.2. Formation des alignements insulaires en zone intraplaque
      - a.2. Origine des différentes formations récifales
      - a.3. Les autres mécanismes
        - a.3.1. Les bombements asthénosphériques
        - a.3.2. La subsidence isostatique
      - a.4. Schéma synthétique des différents stades d'évolution des îles volcaniques et des récifs
    - b) La théorie qui associe subsidence, eustatisme glaciaire et érosion aérienne
    - c) Application aux archipels de Polynésie Française
      - c.1. Archipel de la Société
      - c.2. Archipel des Tuamotu
      - c.3. Archipel des Gambier
      - c.4. Archipel des Australes
      - c.5. Archipel des Marquises

### III - MORPHOLOGIE DES COMPARTIMENTS RECIFAUX ET LAGONAIRES

#### 1. La pente externe

##### 1.1. Zonation générale de la pente externe

##### 1.2. Les terrasses

##### 1.3. Aspect général de la pente externe

- a) Forte inclinaison générale
- b) Moyenne inclinaison générale
- c) Faible inclinaison générale

##### 1.4. Morphologie de la zone à éperons et sillons

- a) Dans les régions exposées
- b) Dans les régions plus abritées
- c) En mode calme

##### 1.5. Principales caractéristiques bionomiques de la pente externe

#### 2. La zone frontale

##### 2.1. Forme générale de la zone frontale en fonction du mode hydrodynamique

- a) Dans les régions exposées à une forte houle
- b) Régions plus protégées
- c) Régions abritées

##### 2.2. Constitution de la zone frontale

- a) Crête algale
- b) Crête à algues et coraux
- c) La dalle frontale

##### 2.3. Cas particulier des Marquises

#### 3. Le platier récifal

##### 3.1. Platiers immergés

- a) Platiers de récifs barrières
- b) Platiers immergés d'atolls (kikia)
- c) Platiers de récifs frangeants

##### 3.2. Platiers émergés

- a) Le platier externe : La dalle de platier
- b) La couronne récifale émergée
- c) Le platier interne

3.3. Les hoa (collecteurs de platier)

- a) Description
- b) Les différents types de hoa
- c) Origine des hoa

4. La zone d'arrière-récif (lagon)

- 4.1. Le chenal
- 4.2. Le lagon

- a) La pente interne des lagons
- b) Les fonds de lagon
- c) Cas particulier du lagon de Mataiva

5. Les passes

- 5.1. Description
- 5.2. Origine

IV - REPARTITION DES RECIFS CORALLIENS DANS LES ARCHIPELS POLYNESIENS

- 1. Archipel de la Société
- 2. Archipel des Tuamotu
- 3. Archipel des Gambier
- 4. Archipel des Australes (ou de Tubuai)
- 5. Archipel des Marquises

V - APERCU SUR LA MORPHOLOGIE ET LA STRUCTURE INTERNE D'UN EDIFICE RECIFAL -  
EXEMPLE DE L'ATOLL DE MURUROA

1. Structure interne de l'atoll

- 1.1. Les calcaires
- 1.2. Les dolomies
- 1.3. La zone de transition
- 1.4. Le socle basaltique

2. Essai de reconstitution paléogéographique

- 2.1. Mise en place de l'ensemble dolomitique : stades récifs frangeants et récifs barrières
- 2.2. Enfouissement du pointement volcanique central et mise en place de l'ensemble calcaire

- a) Episode correspondant aux calcaires "inférieurs" du lagon
- b) Episode correspondant aux "calcaires supérieurs" du lagon

VI - PERSPECTIVES DE RECHERCHE

- 1. Géologie récifale
- 2. Anciens niveaux marins
- 3. Télédétection

## I - INTRODUCTION

### 1. Situation géographique de la Polynésie Française

La Polynésie Française couvre un vaste domaine océanique situé à l'extrémité est de la Province Indo-Pacifique. Les terres polynésiennes s'étendent entre les longitudes 134°28'0 (île de Temoe) et 154°40'0. (île de Scilly) et entre les latitudes 7°50' S (îlot de Motu One) et 27°36' S. (île de Rapa).

La Polynésie Française est constituée d'environ 120 îles ou îlots, îles hautes volcaniques ou îles basses coralliennes, qui représentent 4 000 km<sup>2</sup> de terres émergées sur 2 500 000 km<sup>2</sup> d'océan.

Ces îles se regroupent en cinq archipels, tous disposés selon un axe général nord-ouest, sud-est :

- l'archipel de la Société,
- l'archipel des Tuamotu,
- l'archipel des Gambier,
- l'archipel des Australes,
- l'archipel des Marquises.

(Figure 1 : Carte générale de la Polynésie Française).

### 2. Historique des principaux travaux scientifiques en Polynésie Française

Depuis la découverte de la Polynésie Française par les Européens à la fin du XVIIIème siècle, de nombreux scientifiques de toutes disciplines se sont succédé sur les îles polynésiennes. Nous évoquerons ici les différentes étapes de ces recherches, et plus particulièrement celles qui, de près ou de loin ont contribué à une meilleure connaissance de la géomorphologie des systèmes récifaux et lagunaires de Polynésie Française.

Les premières expéditions scientifiques datent du XIXème siècle, parmi lesquelles les plus célèbres sont celles du **Beagle** (1835), de la **Zélé** et de l'**Astrolabe** (1838), du **Challenger** (1875), de l'**Albatros** (1891) puis 1904 et 1905). Ces expéditions ont permis les premières descriptions des formations récifales et l'établissement des premières théories sur la formation des atolls (DARWIN, 1842 ; DANA, 1849-1885 ; MURRAY, 1895).

Dès le début du XXème siècle, les recherches s'intensifient dans les divers archipels. L'origine de Tahiti et des îles volcaniques de la Polynésie Française donne lieu à de nombreuses études (MARSHALL, 1913-1915 ; IDDINGS, 1916 ; CHUBB, 1924, 1930, 1933 ; LACROIX, 1927 ; WILLIAMS, 1933 ; STARK et HOWLAND, 1941 ; AUBERT DE LA RUE, 1956, 1958, 1964 ; OBELLIANNE, 1955), tandis que les récifs coralliens sont plus particulièrement étudiés par AGASSIZ, 1903 ; DALY, 1915 ; DAVIS, 1928 ; CROSSLAND, 1928, 1939 ; SETCHELL, 1926 ; RANSON, 1953, 1955, 1958 ; et NEWELL, 1954, 1956.

Entre 1950 et 1965, les recherches s'orientent surtout vers la Nouvelle-Calédonie, avec les expéditions de la Fondation Singer Polignac. En Polynésie Française, signalons le passage de DOUMENGE à Makatea (1963), et l'expédition à Mopelia et Bora-Bora, en 1963, de GUILCHER, BERTHOIS,

DOUMENGE et MICHELL (1966). Notons enfin, pour cette période, l'ouvrage important de WIENS (1962) sur les atolls du monde entier.

C'est surtout à partir de 1965 que sont organisées de nombreuses missions sur les atolls et îles hautes, et ceci dans le cadre de conventions passées entre le Museum d'Histoire Naturelle, à Paris, et la direction des Centres d'Expérimentations Nucléaires (mission à Mururoa, Fangataufa et sur les atolls du S.-E. des Tuamotu). Il faut également signaler la mission de STODDART à Rangiroa (1969).

Depuis 1971 s'est implantée sur l'île de Moorea une antenne du Museum d'Histoire Naturelle et de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Depuis lors, les travaux de toutes disciplines se sont multipliés et concernent diverses îles et atolls de Polynésie Française (voir le rapport de SALVAT, 1983). Les principaux travaux de géomorphologie sont dus à CHEVALIER, SALVAT, DENIZOT et BROUSSE. Les travaux de l'antenne ont été, ou sont, actuellement focalisés sur quelques îles types :

- Depuis l'implantation de l'antenne, la plupart des chercheurs ont travaillé sur Moorea et sur Takapoto, également sur Mataiva (1981-1982).

- Des missions expéditions ont été réalisées sur Taïaro (1972), Scilly (1979) et Makatea (1982).

- Plus récemment, on note le développement des recherches sur l'atoll de Tupai (archipel de la Société) et, dans le cadre d'une collaboration avec l'ORSTOM, sur l'atoll de Tikehau, depuis 1982.

- Par ailleurs, dans le cadre des conventions avec la D.I.R.C.E.N., ont été étudiés divers archipels de Polynésie Française (les Gambier, les Australes, les Marquises).

- A ce jour, un certain nombre de volumes thématiques ont été publiés, regroupant plusieurs articles sur une île ou un archipel :

Mururoa,	<b>Cahiers du Pacifique</b>	n° 12, 1968
Gambier,	<b>Cahiers du Pacifique</b>	n° 18, 1974
Marquises,	<b>Cahiers du Pacifique</b>	n° 21, 1978
Australes,	<b>Cahiers Indo-Pacifique</b>	n° 2, 1980
Taïaro,	<b>Cahiers du Pacifique</b>	n° 19, 1976
Takapoto,	<b>Journ. Soc. Océanistes</b>	62, 1979.

Le tableau 1 donne la liste des îles visitées dans chaque archipel.

## II - ORIGINE ET EVOLUTION DES RECIFS CORALLIENS

### 1. Les principaux types de récifs coralliens

Il existe en Polynésie Française quelques rochers isolés (par exemple Motu Nao aux Marquises), ainsi que quelques bancs coralliens, édifices récifaux de haute mer de forme quelconque, émergés ou non (par exemple : récif d'Ebrill dans l'archipel des Gambier, récif Moses aux

Tableau 4 : Bilan des îles visitées du début du programme à la fin 1982

		Îles visitées	Missions 1982			Îles visitées	Missions 1982
<b>ARCHIPEL DE LA SOCIÉTÉ</b>							
1.	BELLINGSHAUSEN	Atoll		66	REITORU	Atoll	
2	BORA BORA	Île haute	*	67	REKA REKA	Atoll	
3	MUAHINE	Île haute	*	68	TAENGA	Atoll	
4	MAIETIA	Île haute		69	TAHAMEA	Atoll	
5	MAUPITI	Île haute	*	70	TAIARO	Atoll	
6	MOOHEA	Île haute	*	71	TAKAPOTO	Atoll	*
7	MOPELIA	Atoll		72	TAKAROA	Atoll	*
8	RATATEA	Île haute	*	73	TAKUME	Atoll	*
9	SCILLY	Atoll	*	74	TATAKOTO	Atoll	
10	TAHAA	Île haute	*	75	TAUERE	Atoll	
11	TAHITI	Île haute	*	76	TEKOKOTO	Atoll	
12	TEIJAROA	Atoll	*	77	TEMATANGI	Atoll	
13	TUBUAI MANU	Île haute	*	78	TENARARO	Atoll	
14	TUPAI	Atoll	*	79	TENARUNGA	Atoll	
<b>ARCHIPEL DES TUAMOTOU</b>							
15	AJHE	Atoll		80	TEPOTO NORD	Atoll	
16	AMURUJ	Atoll		81	TEPOTO SUD	Atoll	
17	AKI AKI	Atoll comblé		82	TIKEHAU	Atoll	*
18	AKAMU	Atoll	*	83	TIKEI	Atoll comblé	*
19	ANAA	Atoll	*	84	TOAU	Atoll	
20	ANU AMURARO	Atoll		85	TUANAKE	Atoll	
21	ANU AMURUNGA	Atoll		86	TUREIA	Atoll	*
22	APATAKI	Atoll	*	87	VAHANGA	Atoll	
23	ARATIKA	Atoll		88	VAHITAHU	Atoll	*
24	ARUTUA	Atoll	*	89	VAIRAATEA	Atoll	*
25	FAAITÉ	Atoll		90	VANAVANA	Atoll	
26	FAKARAVA	Atoll		<b>ARCHIPEL DES GAMBIER</b>			
27	FANCAHINA	Atoll		91	ACAKAUITAI	Île haute	*
28	FANCATAU	Atoll		92	AKAMARU	Île haute	*
29	FANGATAUFA	Atoll	*	93	AUKENA	Île haute	*
30	HAO	Atoll	*	94	KAKAKA	Île haute	*
31	HARAIKI	Atoll		95	MANGAREVA	Île haute	*
32	HEREHERETUE	Atoll	*	96	MANUI	Île haute	
33	HIKVERU	Atoll		97	MAKAROA	Île haute	*
34	HITJ	Atoll		98	MOTU TEIKU	Île haute	*
35	KATUI	Atoll		99	TARAVAI	Île haute	*
36	KAUEHI	Atoll	*	100	TIMOE	Île haute	*
37	KAUKURA	Atoll	*	101	TOTECEGIE	Îlot extérieur	*
38	MAKATEA	Atoll soulevé	*	<b>ARCHIPEL DES MARQUISES</b>			
39	MAKEMO	Atoll		102	EIAO	Île haute	*
40	MANIHI	Atoll	*	103	FATU HIVA	Île haute	*
41	MARIA	Atoll		104	FATU HUKU	Île haute	
42	MAROKAU	Atoll		105	HATUTU	Île haute	
43	MARUTEA	Atoll		106	HIVA OA	Île haute	*
44	MARUTEA SUD	Atoll	*	107	MOTANE	Île haute	*
45	MATAIVA	Atoll	*	108	MOTU ONE	Îlot de sable	*
46	MATIREI VAVAO	Atoll	*	109	MOTU ITI	Île haute	
47	MORANE	Atoll		110	NUKU HIVA	Île haute	*
48	MOTUTUNGA	Atoll		111	TAHUATA	Île haute	*
49	MURUROA	Atoll	*	112	UA HUKA	Île haute	*
50	NANUHANGI	Atoll		113	UA POU	Île haute	*
51	NAPUKA	Atoll		<b>ARCHIPEL DES AUSTRALES</b>			
52	NENGO NENGO	Atoll		114	MARIA	Atoll	
53	NIAU	Atoll		115	MAHOTIRI	Île haute	
54	NIHIRU	Atoll		116	RAEVAVAE	Île haute	*
55	MUKUTAVAKE	Atoll comblé	*	117	RAPA	Île haute	*
56	MUKUPIPIPI	Atoll	*	118	RIMATANA	Île haute	*
57	PARAO	Atoll		119	RUKUTU	Île haute	*
58	PIMAKI	Atoll comblé		120	TUBUAI	Île haute	*
59	PUKA PUKA	Atoll	*				
60	PUKAHUA	Atoll	*				
61	RANGIMOA	Atoll	*				
62	HAHAAA	Atoll					
63	HAHOIA	Atoll					
64	HAVAHERE	Atoll					
65	HEAO	Atoll	*				

Australes). Les principaux types d'édifices récifaux de Polynésie Française sont l'atoll et le complexe récifal d'île haute volcanique.

Nous décrivons brièvement dans ce paragraphe les caractéristiques géomorphologiques générales de ces complexes, qui seront ensuite détaillées dans le paragraphe III.

### 1.1. Le complexe récifal d'île haute volcanique

Depuis le récif tablier (\*) qui est un récif embryonnaire, jusqu'au récif barrière très développé avec un grand lagon, les îles hautes volcaniques de Polynésie Française présentent une grande variété de types récifaux (fig. 2).

Le complexe récifal type comprend, depuis la haute mer vers le rivage, le récif barrière, le lagon et le récif frangeant (fig. 3).

#### a) Le récif barrière (\*)

Il comprend la pente externe et le platier récifal. La pente externe débute fréquemment par une plate-forme rainurée à laquelle fait suite une zone à éperons et sillons, (parfois à contreforts et vallons). Le glacis inférieur qui suit est une plate-forme en pente douce qui se termine, à des profondeurs variables, par un tombant subvertical.

Le platier récifal débute par le front récifal qui se présente sous la forme d'un platier compact externe, élaboré par les Mélobésiées encroûtantes (*Porolithon*). La zone la plus interne est constituée de pâtés coralliens (*Porites*, *Synarea*, *Acropora*) dispersés sur des fonds indurés (dalle corallienne) ou sédimentaires. Les accumulations sédimentaires peuvent aboutir, par fixation, à la formation de motu.

Localement, la barrière est interrompue par des passes qui sont des entailles majeures affectant l'édifice plus ou moins profondément. Ces passes permettent les échanges d'eau entre la pleine mer et le lagon.

#### b) Le lagon (\*)

C'est une dépression profonde de quelques mètres à quelques dizaines de mètres et large de quelques dizaines de mètres (chenal d'arrière-récif) à 1 kilomètre.

Le lagon peut être accidenté de pâtés coralliens ou de pinacles. Il remonte généralement en pente douce vers le récif frangeant.

(\*) Pour les termes géomorphologiques, on consultera BATTISTINI et al., 1975.

c) Le récif frangeant (\*)

Il est formé d'un platier récifal à micro atolls ou à pâtés coralliens, plus ou moins dispersés sur des fonds sédimentaires ou sur la dalle de platier. Cette zone se poursuit par des fonds sableux volcaniques ou coralliens qui, en milieu intertidal et aérien, forment la plage.

Dans certains cas, fréquemment en face des passes, le récif frangeant est absent. Le fond du lagon remonte alors en pente douce vers le littoral où s'individualisent des accumulations sédimentaires de fond de baie.

1.2. L'atoll

L'atoll est un édifice récifal de haute mer, émergé à marée haute, sans roche volcanique affleurante, de forme annulaire avec un lagon central.

La couronne récifale est large de quelques centaines de mètres à 2 kilomètres. Elle émerge au maximum de 7 m à marée haute et porte la cocoteraie. Elle entoure le lagon qui peut atteindre plusieurs kilomètres de long (longueur maximale : 84 km à Rangiroa) et dont la profondeur moyenne ne dépasse pas 60 mètres.

Si l'on effectue une coupe transversale d'une partie de l'atoll (figure 3) la succession des unités morphologiques est la suivante :

a) La couronne récifale (\*) : débute par la pente externe qui est la partie la plus vivante de tout l'édifice corallien. Celle-ci descend en pente relativement abrupte (30 à 60°) jusqu'à la roche volcanique.

Elle se poursuit par le platier récifal qui comprend le platier externe, les motu et le platier interne.

Le platier externe débute par le front récifal qui se présente sous la forme d'une crête algale ou d'une dalle, plus ou moins concrétionnées par les algues calcaires suivant l'exposition. On trouve ensuite la dalle corallienne subhorizontale qui peut être entaillée de chenaux de houle. Cette dalle se poursuit vers les motu par le conglomérat récifal et le **beach rock**.

Les motu sont des filots constitués de matériaux sédimentaires ; ils sont séparés entre eux par les hoa, dépressions entaillant la partie interne du platier.

Le platier interne est une plate-forme subhorizontale qui borde le motu, côté lagon ; elle est le plus souvent recouverte d'accumulations sédimentaires.

b) Le lagon (\*) : débute par une pente interne de déclivité variable, donnant sur les fonds sableux d'où s'élèvent des pâtés coralliens et des pinacles.

c) Le récif frangeant (\*)

Il est formé d'un platier récifal à micro atolls ou à pâtés coralliens, plus ou moins dispersés sur des fonds sédimentaires ou sur la dalle de platier. Cette zone se poursuit par des fonds sableux volcaniques ou coralliens qui, en milieu intertidal et aérien, forment la plage.

Dans certains cas, fréquemment en face des passes, le récif frangeant est absent. Le fond du lagon remonte alors en pente douce vers le littoral où s'individualisent des accumulations sédimentaires de fond de baie.

1.2. L'atoll

L'atoll est un édifice récifal de haute mer, émergé à marée haute, sans roche volcanique affleurante, de forme annulaire avec un lagon central.

La couronne récifale est large de quelques centaines de mètres à 2 kilomètres. Elle émerge au maximum de 7 m à marée haute et porte la cocoteraie. Elle entoure le lagon qui peut atteindre plusieurs kilomètres de long (longueur maximale : 84 km à Rangiroa) et dont la profondeur moyenne ne dépasse pas 60 mètres.

Si l'on effectue une coupe transversale d'une partie de l'atoll (figure 3) la succession des unités morphologiques est la suivante :

a) La couronne récifale (\*) : débute par la pente externe qui est la partie la plus vivante de tout l'édifice corallien. Celle-ci descend en pente relativement abrupte (30 à 60°) jusqu'à la roche volcanique.

Elle se poursuit par le platier récifal qui comprend le platier externe, les motu et le platier interne.

Le platier externe débute par le front récifal qui se présente sous la forme d'une crête algale ou d'une dalle, plus ou moins concrétionnées par les algues calcaires suivant l'exposition. On trouve ensuite la dalle corallienne subhorizontale qui peut être entaillée de chenaux de houle. Cette dalle se poursuit vers les motu par le conglomérat récifal et le **beach rock**.

Les motu sont des flots constitués de matériaux sédimentaires ; ils sont séparés entre eux par les hoa, dépressions entaillant la partie interne du platier.

Le platier interne est une plate-forme subhorizontale qui borde le motu, côté lagon ; elle est le plus souvent recouverte d'accumulations sédimentaires.

b) Le lagon (\*) : débute par une pente interne de déclivité variable, donnant sur les fonds sableux d'où s'élèvent des pâtés coralliens et des pinacles.

Le lagon communique avec la pleine mer par trois types de figures :

- les hoa
- les platiers immergés (kikia)
- les passes (ava)

L'existence de ces passes est un élément essentiel pour le milieu lagonaire, et l'on classe les atolls en fonction de l'importance des échanges hydrodynamiques entre l'océan et le lagon. On distingue, en fonction de ces échanges, plusieurs types d'atolls (d'après SALVAT, 1979) :

T Y P E D' A T O L L	E X E M P L E
Atoll comblé - Lagon entièrement occupé par la cocoteraie	NUKUTAVAKE
Atoll presque comblé - Lagon sableux à eau résiduelle	PUKAPUKA
Atoll complètement fermé - Entrée d'eau au cours de raz de marée ou par très mauvais temps, niveau lagon inférieur à celui de l'océan	TAIARO
Atoll fermé à cocoteraie presque continue mais quelques hoa	TAKAPOTO
Atoll fermé à cocoteraie importante mais à très nombreux hoa (généralement sur un seul versant de l'île)	READ
Atoll fermé à cocoteraie peu importante et à grande surface de platiers immergés	SCILLY
Atoll ouvert à une passe relativement étroite	HAO
Atoll ouvert à une passe large et profonde bordée de platiers immergés	avec une passe MURUROA  avec deux passes RANGIROA

En plus de ces huit types, on doit mentionner l'existence :

- d'un atoll soulevé : MAKATEA - archipel des Tuamotu
- d'atolls submergés : jusqu'à présent, seul celui de PORTLAND - archipel des Gambier - est connu.

## 2. Origine des récifs coralliens

### 2.1. Les premières théories

De nombreuses théories sur l'origine et la formation des différents édifices coralliens ont été proposées, particulièrement au XIXème siècle et au début du XXème. Seules les principales théories seront abordées ici (figure 5).

La théorie la plus ancienne, maintenant abandonnée, est celle de VON CHAMISSO (1821), pour qui les récifs se seraient installés sur le bord d'anciens cratères volcaniques. DARWIN (1842) proposa un modèle de formation des récifs intégrant les divers types (frangeant, barrière, atoll) en une même série évolutive, le moteur de l'évolution étant la subsidence du socle volcanique sur lequel reposent les formations coralliennes. Les récifs se maintiennent au niveau de l'océan par la croissance des polypes qui contrebalance l'affaissement lent et continu de l'édifice corallien.

Certains auteurs, vers la fin du siècle dernier, critiquèrent la théorie de DARWIN, et proposèrent d'autres explications qui supposent stable le socle volcanique.

La plus célèbre est celle de MURRAY (1895) : les récifs s'installent sur des hauts-fonds volcaniques. A l'origine, la partie sommitale du récif est plane et continue, puis, par suite de phénomènes de dissolution à la fois par l'eau de mer et les organismes marins, un lagon se creuse au centre, tandis que les parties périphériques, davantage soumises à l'oxygénation, voient les coraux continuer à croître, ce qui conduit à la formation d'un atoll.

Enoncée par DALY (1910), la théorie de l'eustatisme glaciaire fait intervenir les quatre grandes glaciations qui se sont produites à l'époque quaternaire. A chacune de ces périodes, le niveau de l'océan s'est abaissé, par suite de mobilisation d'eau par les glaciers. Par quatre fois, au moins, les îles volcaniques et les récifs existant ont subi une érosion aérienne rapide, aboutissant à la formation de plates-formes d'abrasion.

En période interglaciaire, le niveau de la mer est remonté, et les coraux constructeurs se sont installés en bordure de ces plates-formes constituant ainsi, suivant le cas, un récif barrière ou un atoll.

La théorie de VAUGHAN (1917) à l'encontre des précédentes est basée sur une stabilité des fonds marins. Si l'érosion crée un support favorable, les organismes constructeurs peuvent s'installer à la périphérie des plates-formes d'érosion. On aboutit ainsi à des récifs barrières ou à des atolls suivant que les plates-formes sont adossées ou non à des îles hautes volcaniques. La théorie de SYLVESTRE (1965) en est une variante qui introduit, en outre, un phénomène d'enforcement lent des récifs à l'intérieur de leur support.

### 2.2. Les théories récentes

Si certaines théories sont, à l'heure actuelle, pratiquement abandonnées (MURRAY, VAUGHAN, SYLVESTRE), les autres contiennent chacune

une part de vérité. A l'heure actuelle deux théories, qui se complètent, sont admises :

a) La théorie qui associe subsidence et eustatisme glaciaire

La théorie la plus généralement admise à l'heure actuelle est celle de DARWIN, modifiée aujourd'hui à la lumière de la théorie de la tectonique des plaques. La formation des alignements insulaires du Pacifique et des systèmes récifaux qui leur sont associés, résultent de phénomènes tectoniques divers et complexes. De nombreux travaux ont permis de mettre en lumière les différentes étapes de cette formation que nous allons décrire ici (d'après SCOTT et ROTONDO, 1983).

a.1. Origine des alignements insulaires

a.1.1. Formation des alignements insulaires en bordure de plaques

La lithosphère est formée de sept grandes plaques rigides en mouvement les unes par rapport aux autres. Celles-ci sont créées à partir de chaînes volcaniques sous-marines (les rides océaniques) et se déplacent tel un tapis roulant, depuis ces rides jusqu'aux zones de subduction où les plaques se rencontrent, la plus dense s'enfonçant sous la plus légère. La plaque Pacifique, qui porte la Polynésie Française, prend naissance au niveau de la ride Est-Pacifique, et se déplace du S.-E. au N.-O. à la vitesse de 8 cm par an suivant la composante Nord et de 2 cm par an suivant la composante Ouest, d'après HEEZEN et al., 1973, ou de 4 à 16 cm par an d'après SALVAT, 1975.

Ainsi l'âge de la plaque Pacifique augmente-t-il avec la distance, d'est en ouest depuis la ride Est-Pacifique. La partie supérieure de cette plaque n'est pas horizontale par rapport au niveau de la mer : en effet, la plaque est formée le long de la ride par l'injection du matériel asthénosphérique. C'est en ce lieu que se forment certaines îles volcaniques. En dérivant depuis la ride, la nouvelle plaque lithosphérique se refroidit. Dans le même temps, le matériel asthénosphérique superficiel vient renforcer celui de la lithosphère et entraîne son épaissement. Comme la densité de la lithosphère est légèrement supérieure à celle de l'asthénosphère, cet épaissement conduit à un enfoncement lent et régulier de la croûte océanique. Certains alignements insulaires proviennent donc de ces îles volcaniques qui se forment sur les pentes de la ride, se déplacent dans le sens S.-E.-N.-O., ainsi que la plaque sur laquelle elles reposent, tout en s'enfonçant progressivement.

a.1.2. Formation des alignements insulaires en zone intraplaque

Il existe des alignements insulaires en zone intraplaque qui, bien que loin de la ride, possèdent néanmoins des îles volcaniques jeunes.

Ces alignements sont liés à l'activité de points chauds (hot spot). La théorie des points chauds repose sur le principe d'une zone thermiquement anormale en certains points, supposés fixes sous la croûte océanique, à la hauteur de la zone de convergence des cellules de convection de l'asthénosphère. Cette activité du point chaud entraîne un amincissement

du secteur lithosphérique sousjacent, puis un bombement de ce secteur par lequel s'échappe le magma asthénosphérique, au cours de périodes d'activité discontinues dans le temps. Comme la croûte océanique se déplace au-dessus du point chaud, une série d'îles volcaniques en résulte, qui forme un nouvel alignement insulaire. Comme dans le cas précédent, ces îles vont se placer sur la plaque Pacifique en direction du N.-O., tout en s'enfonçant progressivement.

#### a.2. Origine des différentes formations récifales

La genèse des alignements insulaires à partir des dorsales médio-océaniques ou des points chauds, offre des supports colonisables par les constructeurs ; leur évolution est en parfaite concordance avec le modèle darwinien.

#### a.3. Les autres mécaniques

##### a.3.1. Les bombements asthénosphériques

La notion de bombements asthénosphériques a permis d'expliquer la présence d'atolls soulevés au niveau des alignements insulaires (MENARD, 1969) : les soulèvements ayant affecté certains atolls (par exemple, Mataiva et Makatea, MONTAGGIONI, inédit) au cours de leur histoire, pourraient être imputables à des déformations subies par les secteurs correspondants de la plaque Pacifique, au cours de leur passage à l'aplomb de bombements de la partie supérieure de l'asthénosphère. Engendrées par les cellules de convection, ces déformations d'une amplitude de 300 à 600 m et d'une longueur d'onde de 500 à 2 000 km, persisteraient de 10 à 15 millions d'années au minimum (COUDRAY et MONTAGGIONI, 1982).

##### a.3.2. La subsidence isostatique

Ainsi que nous venons de le voir, la subsidence du socle volcanique résulte en grande partie d'un phénomène de refroidissement et d'enfoncement de la croûte océanique. Or la théorie de DARWIN, à l'origine, faisait intervenir uniquement la subsidence résultant des réajustements isostatiques liés à la surcharge des masses volcaniques et récifales sur la lithosphère.

En fait, la seule masse d'une île volcanique n'est pas suffisante pour créer un enfoncement conduisant à la disparition de l'île et la formation d'un atoll. Toutefois, les phénomènes isostatiques existent et ne sont pas à négliger : la surcharge d'une masse volcanique sur la lithosphère peut en effet créer un phénomène de subsidence qui entraîne un léger enfoncement des îles ou atolls déjà créés et situés directement autour du point d'enfoncement. Par compensation, dans les secteurs situés au-delà de la zone de subsidence, la lithosphère se bombe légèrement ; il en résulte une surrection des îles et atolls précédemment créés et situés dans ce secteur. Au-delà de cette zone, l'isostasie n'intervient plus.

a.4. Schéma synthétique des différents stades d'évolution des îles volcaniques et des récifs

La figure 6 résume les différents stades d'évolution des îles volcaniques et de leur récif, à partir de leur lieu de formation (d'après SCOTT et ROTONDO, 1983).

Stade 1 - Activation d'un point chaud qui injecte le magma à travers la lithosphère pour former une jeune île volcanique en activité. La subsidence isostatique entraîne une flexure de la croûte océanique à la périphérie. Les récifs frangeants commencent à se développer.

Stade 2 - Île volcanique à volcan peu actif, subissant une subsidence isostatique résiduelle mais dont l'enfoncement résulte surtout de la subsidence isostatique du volcan en position 1. Les récifs frangeants sont bien développés, tandis que les sommets sont en cours d'érosion subaérienne..

Stade 3 - Île volcanique avec récifs frangeants bien individualisés ne subissant pas de mouvement vertical : les mouvements isostatiques dus à sa propre masse sont nuls et la subsidence engendrée par l'enfoncement de la plaque est contrebalancée par le bombement de la lithosphère lié à la masse du volcan en position 1.

Stade 4 - Île volcanique subissant une légère surrection en raison du bombement de la lithosphère imposé par le volcan en position 1. Les récifs coralliens sont émergés et un nouveau récif se développe.

Stade 5 - Île volcanique subissant la subsidence résultant du refroidissement et de l'enfoncement de la plaque lithosphérique. Les récifs coralliens commencent à former une barrière récifale, tandis que l'île volcanique est réduite en surface et en altitude.

Stade 6 - Stade du presque atoll. Des îlots volcaniques demeurent, au centre d'un large lagon.

Stade 7 - La subsidence due au refroidissement et l'enfoncement de la lithosphère continue. L'île volcanique disparaît, tandis que les récifs continuent à croître pour se maintenir au niveau de l'eau. On atteint le stade de l'atoll.

Ensuite l'atoll continue à se développer. Si seule la subsidence lithosphérique se manifeste, cette forme se maintient jusqu'à la zone de subduction (position 8) à l'approche de laquelle il est submergé (12), ou finit par être démantelé si, arrivant en eau trop froide, le récif ne peut plus croître (12). Si le secteur de la lithosphère supportant l'atoll passe au-dessus d'un bombement asthénosphérique. L'atoll est soulevé (position 9) puis il subit un nouvel enfoncement (position 10) qui le ramène à la position antérieure (position 11).

Des précisions doivent être apportées à ce schéma général :

- Un même alignement insulaire ne présente jamais tous les stades d'évolution en même temps.

- Des perturbations peuvent exister dans ce schéma si, le long d'une chaîne ou à proximité se présente un point chaud ou bombement asthénosphérique. On peut imaginer une telle perturbation, par exemple si Hereretue passe à l'aplomb du point chaud des îles de la Société.

Aux phénomènes de subsidence des îles volcaniques, dont résulte la formation des divers types d'édifices coralliens, il ne faut pas oublier d'ajouter les phénomènes d'eustatisme glaciaire. Les variations du niveau de la mer au cours des alternances glaciation-interglaciation ont conduit à des périodes d'émersion (ainsi, il y a 3 000 ans environ, le niveau de la mer était à peu près à + 3 mètres au-dessus du niveau actuel) et d'immersion des récifs polynésiens, influençant ainsi de façon importante leur morphologie actuelle.

#### b) La théorie qui associe subsidence, eustatisme et érosion

Une interprétation génétique de la forme des atolls et barrières actuelles a également été décrite à partir de forages sur les atolls et de l'étude des formations récifales soulevées du Pacifique O. et S.-O. (ASANO, 1940 ; MACNEIL, 1954 ; PURDY, 1973 ; BOURROUILH, 1977 ; BUIGHES, 1982).

La dépression interne serait le résultat, non pas d'une croissance différentielle entre lagon et platier, mais plutôt le résultat d'une érosion biochimique (eaux météoriques) ayant attaqué les sédiments centraux d'une plate-forme carbonatée par sape latérale lors de l'émersion progressive ou brutale de l'île ; cette érosion s'accompagnant d'une lithification rapide dans les zones émergées périphériques. Une remontée eustatique du niveau de la mer, ou une subsidence tectonique, s'accompagne de l'immersion de ces formes karstiques. L'ennoyage total d'une plate-forme, érodée en son centre, donnera donc un atoll.

Nous analyserons ce phénomène de façon plus précise dans le chapitre V, grâce à l'étude des forages profonds réalisés sur l'atoll de Mururoa.

#### c) Application aux archipels de la Polynésie Française

##### c.1. L'archipel de la Société (d'après SCOTT et ROTONDO, 1983 et RICHARD, 1982)

Il est plus jeune que la majeure partie des Tuamotu en raison de sa faible dimension et de la faible érosion subaérienne (Mahetia, 10 000 A. ; Bora-Bora, 3 M.A.). Il revêt les caractères d'une jeune chaîne d'îles, formée à partir d'un **hot spot** (ce **hot spot** se situerait au niveau de l'île de Mahetia) et s'enfonçant progressivement.

Du S.-E. au N.-O. on distingue :

- Mahetia, l'île la plus jeune qui se présente sous la forme d'un cône volcanique pratiquement dépourvu de constructions récifales.

- Tahiti et Moorea qui sont des îles hautes avec des récifs frangeants et des récifs barrières relativement développés, mais un lagon étroit et profond réduit à un simple chenal.

- Bora-Bora et Maupiti dont les cônes volcaniques sont en partie immergés, et qui se trouvent au centre d'un immense lagon.

- Scilly et Bellingshausen, les îles les plus anciennes du groupe qui sont au stade atoll.

Par ailleurs, les variations d'altitude des rivages de la fin de l'holocène entre les différentes îles de l'archipel, tendent à montrer qu'une légère surélévation des îles les plus vieilles serait liée à une flexure active de la lithosphère provoquée par le poids des îles volcaniques les plus récentes (PIRAZZOLI, 1983).

c.2. L'archipel des Tuamotu (d'après SALVAT, 1975 ; SCOTT et ROTONDO, 1983 ; COUDRAY et MONTAGGIONI, 1983)

Selon BROUSSE (1984), l'archipel des Tuamotu, contrairement à celui de la Société, ne serait pas le résultat de l'activité d'un point chaud. Il aurait été édifié à partir de la dorsale océanique.

Comme les récifs évoluent vers des conditions de croissance corallienne de plus en plus favorables, les conditions de développement des atolls sont optimales. Le grand nombre d'atolls et la faible distance qui les sépare est également une indication de leur origine en eau peu profonde, proche de la ride ; en moyenne, la plupart des montagnes formées ont donc dû atteindre le niveau de la mer. Ainsi Mururoa était probablement un volcan actif émergé, il y a 7 M. A.. Le soulèvement des atolls comme Makatea et, très légèrement, Mataiva, serait lié à un phénomène de bombement asthénosphérique résultant de la surcharge des îles volcaniques périphériques (Tahiti, Moorea) et à la déformation corrélative de la croûte océanique (McNUH et MENARD, 1979 ; JARRAR et TURNER, 1979 ; MONTAGGIONI et al., 1984).

c.3. L'archipel des Gambier (d'après BROUSSE et al., 1974)

L'archipel des Gambier aurait pris naissance à partir d'un hot spot qui se situerait aux environs du mont Pitcairn. Certains atolls du sud des Tuamotu feraient d'ailleurs partie du même alignement (Hereheretue, îles du Duc de Gloucester, Tematanguï, Mururoa, Fangataufa). D'après BROUSSE et al., (1974) deux interprétations de la formation du récif barrière actuel peuvent être avancées :

- subsidence faible et récif peu épais
- subsidence rapide.

En raison de la proximité de la ride Est-Pacifique d'une part, et de l'existence d'un atoll submergé (atoll de Portland) dans le Sud des Gambier, on peut penser que la seconde hypothèse est plus réaliste.

Dans ce cas, cette subsidence n'aurait pas été suivie de la formation d'un récif barrière continu. Quelques récifs barrières ou frangeants ont pu se former au cours de ce lent mouvement ; l'absence de grandes formations récifales continues pourrait être attribuée soit à une inhibition des organismes constructeurs, en raison des conditions climatiques défavorables (l'archipel est situé très au sud, et devait l'être encore plus au début de sa formation), ou de l'apport des matériaux

terrigènes qui gênent l'installation des organismes, soit par mouvement trop rapide d'enfoncement de l'île. La construction des récifs ne constituerait donc qu'un épisode récent et superficiel ; les récifs frangeants ou barrières auraient pris naissance à la dernière glaciation.

c.4. L'archipel des Australes (d'après BELLON et al., BROUSSE et al., 1980)

Il semblerait que l'archipel des Australes se soit formé à partir d'un point chaud, dont le diamètre atteindrait 250 km et qui se localiserait à la verticale du mont MacDonald. Néanmoins, certaines anomalies paléomagnétiques semblent indiquer que le schéma d'évolution de l'archipel n'est pas aussi simple qu'à la Société, par exemple. Les anomalies pourraient résulter de variations importantes et brutales de la vitesse de rotation de la plaque Pacifique.

A Tubuai, le schéma de formation des édifices coralliens serait le suivant :

- Après l'arrêt des phases de construction volcanique, l'île a subi une subsidence rapide qui a ennoyé une grande partie de l'édifice.

- En bordure, des récifs peu importants ont été édifiés à certaines périodes ou d'une manière continue, sans atteindre cependant une grande ampleur. A une époque relativement récente, une période de stabilité a favorisé la constitution d'une plate-forme d'abrasion, en bordure de laquelle le récif barrière s'est édifié. Enfin, récemment, le niveau de l'océan a subi un léger abaissement qui a favorisé l'émersion de quelques récifs sur la couronne récifale.

c.5. L'archipel des Marquises (d'après DUNCAN et McDOUGALL 1973 ; SALVAT 1975 ; BROUSSE et al., 1978)

L'archipel des Marquises se serait également formé à partir d'un point chaud. Il faut toutefois signaler deux traits particuliers de cet archipel :

- D'une part, il présente un axe d'allongement de direction différente par rapport à celle des autres archipels polynésiens.

- D'autre part, il est caractérisé par un faible développement des formations récifales qui pourrait résulter à la fois de facteurs géomorphologiques et hydrodynamiques, des apports terrigènes, ainsi que d'autres facteurs non encore déterminés.

### III - MORPHOLOGIE DES COMPARTIMENTS RECIFEAUX

#### 1. La pente externe

La pente externe est la partie antérieure immergée d'un récif en pente vers le large et de déclivité variable.

### 1.1. Zonation générale de la pente externe

D'une façon générale, de l'amont vers l'aval, la pente externe présente la zonation suivante :

. la zonation à organisation raidaire : il s'agit soit d'une plate-forme rainurée, d'une zone à éperons et sillons ou d'une zone à contreforts et vallons, ou encore d'une succession de ces zones ;

. le glacis récifal ;

. le tombant : il s'agit d'une paroi à pente plus ou moins forte (de 45° à 70°) qui peut se poursuivre jusqu'à plusieurs centaines de mètres de profondeur. Localement, cette pente peut s'adoucir et former alors une petite plate-forme couverte d'accumulations sédimentaires.

Toutes les pentes externes ne possèdent pas chacune de ces zones. Par ailleurs, l'extension et la morphologie de ces dernières sont variables d'un édifice à l'autre, et au sein d'un même édifice, en fonction de la paléotopographie antéholocène, de l'inclinaison générale de la pente et du mode hydrodynamique local.

### 1.2. Les terrasses

Les auteurs (cf. CHEVALIER, 1973) mentionnent l'existence de deux points d'inflexion délimitant deux terrasses, l'un vers 8-12 mètres et l'autre vers 20 mètres de profondeur. Ces terrasses matérialiseraient, dans certains cas, la position d'anciens niveaux marins.

. La terrasse de 20 mètres semble exister dans la plupart des atolls des Tuamotu : Mururoa, Takapoto (CHEVALIER et al., 1968, 1979), Raroia (NEWELL, 1956), Gambier (BROUSSE et al., 1974), Tubuai, dans les Australes (BROUSSE et al., 1980) et localement Mataiva. Dans certains secteurs de Moorea, cette terrasse marque la limite inférieure de la zone à éperons et sillons, vers - 18 m. Par contre, dans certaines îles, cette terrasse est absente (par exemple à Makatea et Taiaro).

. La terrasse des 8 - 12 mètres a été signalée à Tahiti, Raroia, Mururoa, Mataiva, Makatea, Takapoto, aux Gambier. A Moorea (Tiahura), cette limite des 8 - 12 mètres est marquée par une cuvette sédimentaire parallèle au front du récif.

### 1.3. Aspect général de la pente externe (figure 7)

L'aspect général de la pente externe est fonction du degré d'inclinaison de la pente ; nous distinguerons 3 cas :

- a) Forte inclinaison générale (isobathe des 20 mètres situé à moins de 50 mètres du front récifal. Figure 7. 1 - type I).

De telles pentes existent à Makatea (MONTAGGIONI et al., 1984), dans de nombreux secteurs de Mururoa (CHEVALIER et al., 1968) et dans certains secteurs de Tahiti et Moorea : Vairao (JAUBERT et al., 1976), au sud de Faaa (obs. pers.), Afareaitu (RICHARD, 1982).

Dans ce cas, la pente externe débute par une zone à éperons et sillons étroite, de déclivité variable et se poursuit par un tombant. Les éperons et sillons peuvent être en continuité avec des zones d'éboulis, stables ou meubles, tombant parfois jusqu'à une profondeur de 20 mètres (Mururoa, Makatea).

- b) Moyenne inclinaison générale (isobathe des 20 mètres situé entre 50 et 100 mètres du front récifal - Type II).

C'est le cas des récifs de certains secteurs de Mururoa (secteur sud), Taiaro, Takapoto, et des Gambier.

Deux possibilités :

. Si le récif est situé dans la région abritée de l'atoll, la zone à éperons et sillons est de faible extension. Elle s'étend jusqu'à 5 - 8 m de profondeur à Takapoto et à Taiaro. Elle se poursuit par le glacis inférieur dont la surface est recouverte presque à 100 % de petites colonies madréporiques et d'algues calcaires. Il peut également présenter des accumulations sédimentaires. Il se poursuit jusqu'au rebord du tombant (figure 7. 2).

. Si le récif est situé en mode battu (secteur sud de Mururoa, Taiaro, Gambier) la zone à éperons et sillons est beaucoup plus étendue et se poursuit pratiquement jusqu'au rebord du tombant (figure 7. 3).

- c) Faible inclinaison générale (isobathe des 20 mètres situé à plus de 100-150 m du front récifal)

Il s'agit, par exemple à Moorea, du secteur de Paevaeva (isobathe des 20 m à environ 300 m du front) de Tiahura (250 m), de Tubuai (350 m), et Mururoa (îlot de Giroflée 180 m, et récif de Grue).

Ce type de pente est généralement situé dans des aires relativement abritées.

Il se présente sous différentes formes :

. Sur les récifs de Grue (Mururoa) et à Tubuai, la zone à éperons et sillons est assimilable à une plate-forme rainurée ou plane qui se poursuit jusqu'au tombant. Cette plate-forme présente des pâtés coralliens orientés plus ou moins perpendiculairement au front, ou des accumulations sédimentaires.

. A Moorea et sur l'îlot de Giroflée (Mururoa), la pente débute par une zone à éperons et sillons qui se poursuit jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur, à Tiahura jusqu'à - 20 m. La zone à éperons et

sillons se poursuit ensuite par un glacis récifal jusqu'au bord du tombant (figure 7. 4).

#### 1.4. Morphologie de la zone à éperons et sillons

Ainsi que le note CHEVALIER (1968) le développement du réseau des éperons et sillons est sous l'influence prépondérante de la houle ; celle-ci impose une croissance différentielle des organismes constructeurs. La morphologie de ce compartiment récifal dépend donc des conditions hydrodynamiques locales.

a) Dans les secteurs exposés les éperons sont droits, étroits, ramifiés, et à parois verticales. Cette zone est large : à Mururoa dans le sud, elle disparaît à - 20 m (secteurs exposés de Mururoa type I, II, III de CHEVALIER et al., 1968, de Makatea, de Taiaro, des Gambier).

Dans certains cas, lorsque la construction est très active, les sillons ont tendance à se colmater. On parle alors de structure en chambre et piliers (GUILCHER et al., 1966). Cette structure a été décrite à Mopelia, Bora-Bora (ibid.), à Mururoa et Taiaro (CHEVALIER et al., 1968, 1976).

b) Dans les secteurs plus abrités, la zone à éperons et sillons est beaucoup plus irrégulière. Les sillons sont moins nombreux, moins profonds et plus larges. Les éperons sont irréguliers, mal individualisés et localement découpés pour former des pâtés coralliens. Les éperons et sillons sont beaucoup plus courts que dans l'exemple précédent (type IV de CHEVALIER à Mururoa, et à Makatea).

Fréquemment, cette structure est remplacée par une zone à contreforts et vallons (type V de CHEVALIER à Mururoa, des Gambier, de Taiaro).

c) En mode calme, les éperons disparaissent. Seule subsiste une dalle corallienne plane entaillée localement de fins sillons peu profonds : la plate-forme rainurée (type VI de CHEVALIER à Mururoa, Tubuai).

Dans certains cas, par exemple à Tiahura, les trois structures de pente : plate-forme rainurée, contreforts et vallons, et éperons et sillons coexistent. Il s'agit ici d'une structure de mode peu agité.

#### 1.5. Principales caractéristiques bionomiques de la pente externe

La pente externe, jusqu'à 30-40 m de profondeur, est la zone la plus florissante des édifices récifaux polynésiens.

Du côté exposé à la houle, les algues calcaires (**Porolithon**) dominant dans les parties supérieures de la pente externe, jusqu'à - 6 m ou - 12 m suivant la force de la houle. Dans les zones plus abritées coexistent dans les premiers mètres les coraux et les algues. En dessous de cette limite, les coraux dominent très largement sur les éperons, la plate-forme rainurée et le glacis récifal. Le creux des sillons est encombré de débris coralliens. Dans les secteurs abrités, cependant, peuvent croître de petites colonies coralliennes.

Le taux de recouvrement par les coraux varie d'une localité à l'autre. Il est très élevé dans les parties supérieures de la pente externe (jusqu'à 100 % à Takapoto entre 5 et 25 m - CHEVALIER et al., 1979). Il reste très élevé jusqu'à environ - 40 m, limite à partir de laquelle il décroît assez rapidement.

## 2. La zone frontale

Il s'agit du bord le plus externe du récif, concrétionné par les algues calcaires. Suivant les conditions hydrodynamiques qui affectent le récif, ces concrétionnements sont plus ou moins développés et dirigent la morphologie de cette zone.

### 2.1. Forme générale

a) Dans les secteurs battus à très battus (principalement sud-orientaux) elle est constituée d'une crête algale large (30 à 50 m à Mururoa, 25 m à Taiaro et à Bora-Bora) qui émerge de quelques dizaines de centimètres à marée basse (jusqu'à 80 cm dans des secteurs très exposés). Elle est largement entaillée par un réseau d'éperons et sillons.

b) Vers les secteurs moins agités, le front récifal évolue vers une crête à algues et coraux. C'est une zone généralement moins large (quelques mètres à 20 m de large) ; la crête est de plus en plus basse au fur et à mesure que l'agitation diminue et le système d'éperons et sillons se modifie : les sillons s'élargissent, ils sont plus espacés et moins profonds ; ils sont moins réguliers et entaillent moins profondément la bordure externe.

c) Dans les secteurs abrités, la crête laisse la place à une dalle de platier où la construction algale est très peu active. Sur le bord externe, cette dalle est entaillée par des éperons et sillons très larges, que CHEVALIER nomme plutôt des "rentrants et saillants" (figure 9. 2).

Cette dalle est caractéristique de la plupart des zones frontales d'îles hautes (Tahiti, Moorea, Maupiti, dans l'archipel de la Société, Raevavae aux Australes) et des zones frontales des régions abritées d'atolls : Mururoa (type VI), S.-O. de Takapoto, de Mataiva.

Par ailleurs, il faut signaler que, dans tous les cas, certains sillons peuvent traverser complètement la crête et se poursuivre jusqu'au platier.

La crête peut être en expansion, mais à l'inverse, être soumise à d'importants phénomènes d'érosion.

Il peut exister en arrière de la crête actuelle, une crête fossile en surélévation d'une trentaine de centimètres par rapport à la crête actuelle. Il s'agit de l'indice d'un ancien niveau marin holocène, légèrement plus élevé (Tubuai, Makatea, Mataiva, Takapoto ; PIRAZZOLI et MONTAGGIONI, 1984).

## 2.2. Constitution

a) La crête algale sensu stricto est construite uniquement par les algues calcaires encroûtantes parmi lesquelles dominent les espèces **Porolithon onkodes** et **craspedium**, **Chevaliericrusta** et le genre **Jania**. D'autres algues peuvent également être présentes : **Lythophyllum**, **Peyssonnelia**.

Les coraux sont pratiquement absents.

b) La crête à algues et coraux est caractérisée par l'importance prise par les coraux. Si bien que CHEVALIER considère qu'il ne s'agit plus d'une crête algale au sens strict, même si l'activité algale permet d'édifier une structure qui peut émerger de 30 à 40 cm au-dessus du niveau de la mer.

c) La dalle de platier frontale présente encore des algues encroûtantes. Bien que dominantes, elles ne forment qu'une fine pellicule. Les coraux sont généralement de forme trapue et encroûtante (**Acropora**, **Pocillopora**, **Faviidea**). Sur les îles hautes (Tahiti, Moorea) la dalle est fréquemment colonisée par des algues molles, essentiellement **Turbinaria** et **Sargassum** qui peuvent former des herbiers florissants.

## 3. Le platier récifal

Nous distinguerons :

. Les platiers immergés des récifs barrières ou des atolls et ceux des récifs frangeants.

. Les platiers émergés, portant un motu et fréquemment appelés "récifs d'îlots".

### 3.1. Platiers immergés

#### a) Platiers de récifs barrières

Leur largeur est très variable (entre 100-200 m à 1 km). En général, la zone frontale est délimitée vers l'intérieur par une marche de hauteur variable (0,5 m - 1 m). Au pied de la marche se situe parfois une sorte de sillon de largeur métrique dont le fond est encombré de gravelles et de blocs coralliens. On passe ensuite dans un champ de platiers irréguliers et jointifs : les colonies coralliennes, dont le sommet est tabulaire et affleurant, sont assez resserrées, et séparées par des cuvettes sédimentaires, sorte d'épandages détritiques de taille variable. Le fond de ces cuvettes est tapissé de gros débris coralliens laissant apparaître localement la dalle corallienne à nu.

Dans certains secteurs, en raison de l'hydrodynamisme violent qui affecte cette zone, les cuvettes sédimentaires tendent à s'aligner perpendiculairement au front du récif, donnant à cette partie l'aspect d'un platier à alignements transversaux.

Les pâtés coralliens sont le plus souvent à dominance de **Synarea** et de **Porites** sur lesquels sont fixées de nombreuses colonies d'**Acropora** en coupelle.

On passe ensuite, de façon progressive, à une zone de pâtés coralliens dispersés. Au fur et à mesure que l'on se dirige vers le bord du chenal, et que la profondeur augmente (jusqu'à 3 ou 4 m en bordure du lagon) la taille (largeur et hauteur) des pâtés coralliens, ainsi que leur dispersion augmente. Les épandages détritiques sont progressivement remplacés par des cuvettes sédimentaires beaucoup plus larges et sans orientation préférentielle, dont le fond est tapissé de sables plus fins. Les pâtés coralliens sont colonisés par les algues et les coraux, parmi lesquels le genre **Synarea** est souvent dominant. Les **Acropora** en coupelle, moins nombreux que dans la zone antérieure, sont également présents.

Parfois au bord du lagon, les pâtés coralliens peuvent disparaître totalement. Seules subsistent alors de grandes étendues sableuses (figure 8).

b) Platiers immergés d'atolls (kikia)

Il s'agit de platiers à colonies plus ou moins dispersées sur une dalle, qui peut localement correspondre aux conglomérats récifaux abrasés, qui descendent en pente douce vers le lagon.

c) Platiers de récifs frangeants

Les récifs frangeants peuvent présenter les aspects suivants (figure 2) :

c.1. Cas des récifs frangeants embryonnaires : ils sont formés de colonies coralliennes dispersées, installées sur les parois volcaniques, ou sur les pentes sableuses.

Aux Marquises ces formations sont très nombreuses.

c.2. Cas des récifs frangeants immatures : les colonies coralliennes sont non coalescentes (platier à éléments dispersés). C'est le cas par exemple des secteurs de Paroa, Paevaeva à Moorea, de certains récifs des îles Gambier, des récifs du sud de Tubuai, et des Marquises.

c.3. Cas des récifs frangeants matures : ils sont larges de quelques mètres à 500 m au maximum.

Depuis la plage jusqu'au lagon, le récif débute par une zone sableuse, fréquemment colonisée par des herbiers d'**Halimeda** et encombrée de blocs détritiques. Les colonies coralliennes sont pratiquement inexistantes. En direction du chenal, on passe à un platier à éléments dispersés, puis à un platier à éléments jointifs. En zone battue les pâtés s'alignent perpendiculairement au front récifal (platiers à alignement transversaux). Au bord du chenal les colonies se soudent, et le platier devient souvent compact, de faible largeur.

Dans certains cas, le platier du récif frangeant est nécrosé, et constitué d'une dalle arasée dont seul le bord externe est vivant. Par

exemple : récifs frangeants de la région septentrionale de Tubuai, et méridionale de Raevavae, Tiahura (Moorea).

### 3.2. Platiers émergés

Ils forment une bande large d'une centaine de mètres à moins de 2 kilomètres. Depuis l'océan jusqu'au lagon, on distingue :

- . Le platier externe
- . La couronne récifale émergée
- . Le platier interne.

#### a) Le platier externe : la dalle de platier

a.1. Cas des atolls. La limite entre le front récifal et le platier peut se présenter sous différentes formes : soit le platier est en continuité directe avec la zone frontale, soit le platier débute par une petite marche haute de quelques dizaines de centimètres, indiquant l'existence d'un niveau plus élevé (par exemple Makatea) soit au contraire, le platier est légèrement en contrebas par rapport à la zone frontale (par exemple dans certaines zones de Fangataufa ou de Mataiva). Le platier se présente sous la forme d'une dalle plane, constituée par d'anciens affleurements conglomératiques ou bioconstruits arasés.

La partie externe de ce platier est généralement située en permanence sous 10 à 20 centimètres d'eau. La dalle est colonisée par de petites colonies coralliennes qui se raréfient vers la partie interne, et de nombreuses algues telles que les Gélidiales dont les gazons piègent le sédiment.

Dans la partie interne, la dalle reste immergée à marée basse. Sa surface est généralement très irrégulière et tapissée de Cyanophycées.

En fonction de l'exposition, la dalle est plus ou moins accidentée. En général, en mode calme, elle présente de nombreuses cuvettes de dimensions variables, peu profondes. Ces cuvettes sont dues à l'érosion mécanique ou biologique (figure 9. 1).

En mode plus agité, la dalle est accidentée de couloirs peu profonds, orientés perpendiculairement au front du récif, tandis qu'en mode battu les sillons s'approfondissent et se ramifient. Ils sont en relation avec les sillons de pente externe et sont encombrés de blocs coralliens (figure 9. 2). Dans certains cas, la dalle supporte des mégablocs isolés, arrachés au front du récif par les houles cycloniques. Des témoins d'anciens niveaux marins plus élevés peuvent également exister.

#### a.2. La morphologie d'un platier externe de récif barrière est sensiblement la même. Il est de type compact

Dans d'autres cas, le platier externe est identique à celui décrit dans la partie antérieure d'un récif barrière : platiers à éléments jointifs. Signalons le cas particulier du récif de Moorea qui, bien que frangeant dans la région d'Aroa, a une morphologie de récif d'ilot.

b) La couronne récifale émergée

b.1. Le soubassement de la couronne récifale

b.1.1. Description

Le soubassement de la couronne récifale est constitué d'une ancienne formation récifale correspondant à une position du niveau marin légèrement supérieure à l'actuelle, entre 4 000 et 1 200 ans BP (PIRAZZOLI et MONTAGGIONI, 1984). Ce soubassement peut correspondre localement à une dalle bioconstruite ou à un conglomérat.

Il est le plus souvent recouvert de matériaux bioclastiques meubles très grossiers (rempart de blocs) et plus fins (motu) ou indurés (beachrock). Il est entaillé par des chenaux (les hoa). Il peut émerger de quelques dizaines de centimètres à environ 2 mètres au-dessus du niveau actuel de mi-marée (figures 9. 1 et 9. 2).

Ce soubassement peut être aussi constitué de vestiges de récifs plus anciens (féos) d'âge pliopleistocène (Rangiroa, Tikehau, Mataiva).

b.1.2. Constitution et origine des conglomérats sous-jacents  
(d'après BROUSSE et al., 1974 et MONTAGGIONI et PIRAZZOLI, 1984)

Partout où elles sont visibles, les dalles conglomératiques sont constituées de matériaux bioclastiques cimentés. Elles peuvent présenter les aspects suivants :

- Conglomérat dont les éléments sont des colonies de Madréporaires de grande taille, peu roulées, des Algues calcaires, des Mollusques (*Tridacna*, *Turbo*, *Vermetus*, etc...) réunis par un ciment calcaire plus ou moins dur. C'est l'aspect que prend très souvent la formation dans la zone émergée devant les îlots.

- Calcaire détritique à débris récifaux plus ou moins grossiers, mais bien plus petits que les précédents, où dominent suivant les régions les Algues ou les Madréporaires, auxquels s'associent de nombreux Foraminifères, des Mollusques et des spicules d'Echinodermes.

Ces débris peuvent former également un véritable **beachrock** fossile, c'est-à-dire un gros calcaire disposé en bancs légèrement inclinés vers la mer ; la zone de **beachrock** peut être très large ; ainsi à Mataiva par exemple, elle est formée sur 30 m de large, d'une douzaine de bancs successifs.

D'une manière générale, la dimension des matériaux organiques qui constituent cette formation diminue depuis l'extérieur jusqu'au lagon, mais ce n'est pas toujours le cas. Il semble y avoir par places des calcaires détritiques plaqués extérieurement contre le conglomérat qui est situé dans une zone plus interne de la couronne récifale.

Ces accumulations correspondent à d'anciens épandages de sables, graviers et blocs, tels qu'il s'en forme actuellement encore (voir par exemple le rempart de blocs). L'âge de ces dépôts est compris entre 2 000

et 6 000 ans BP. La cimentation de ces formations a débuté dans la zone toujours submergé du platier et s'est poursuivie et le plus souvent achevée, à la suite d'une accumulation en un même lieu d'épandages successifs, dans la zone intertidale. Une légère baisse du niveau de la mer a fait ensuite émerger ces formations dont la bordure est actuellement attaquée par l'érosion marine.

#### b.2. Les accumulations sédimentaires meubles de la couronne

Sur le calcaire conglomératique cimenté reposent des formations plus récentes, meubles, constituées de débris d'organismes récifaux arrachés à leur support par les tempêtes et cyclones, et qui s'accumulent pour former le rempart de blocs et les motu.

##### b.2.1. Le rempart de blocs

Il s'agit d'un champ de blocs coralliens grossiers (taille centimétrique à métrique). Cette zone peut atteindre quelques centaines de mètres. Les remparts isolent parfois des mares temporaires (figure 9. 2).

##### b.2.2. Le motu

Le motu est formé d'accumulations de sédiments plus fins, qui peuvent atteindre quelques mètres de haut (jusqu'à 6 mètres à Mururoa). Elles sont couvertes de végétation, à l'exception des accumulations de plage. Parfois, les flots ne sont formés que d'un mince dépôt non recouvert encore par la végétation. La longueur et la largeur des motu est très variable d'un atoll à l'autre (1,5 km de large et plusieurs kilomètres de long, au maximum). Certains atolls sont formés d'une succession de petits motu, tandis qu'au contraire, d'autres atolls sont pratiquement formés d'un motu unique de forme annulaire. L'accumulation de ces matériaux résulte plus de l'action de la houle que de celle du vent, si bien que les accumulations sédimentaires varient peu entre les secteurs abrités ou non.

Ces accumulations sont souvent fusiformes, à face convexe tournée vers l'océan. La pente est forte vers la mer et plus douce vers le lagon.

#### c) Le platier interne

Le platier interne est généralement étroit de quelques mètres à 100 ou 200 mètres maximum. Il peut être constitué des formations suivantes (figure 10) :

- . Ancien conglomérat ou **beachrock**
- . Formations bioclastiques meubles
- . Bioconstructions qui présentent des aspects variables :

Platiers à colonies coralliennes dispersées ou, en mode plus battu, platier compact qui se termine par un petit accore de quelques centimètres à 1 ou 2 mètres. Le bord du platier peut présenter des petits saillants, et dans les secteurs au vent on observe parfois une structure en éperons et sillons. Ce platier peut être vivant ou complètement nécrosé par

suite d'un abaissement du niveau de l'eau dans le lagon. Dans ce cas, seule la bordure externe est vivante. En avant du récif, des pâtés coralliens parsèment la pente interne.

Plusieurs combinaisons de ces formations peuvent être présentes en bordure de lagon (figure 10).

### 3.3. Les hoa (collecteurs de platier)

#### a) Description

Il s'agit d'une dépression peu profonde (0,5 à 1 m) qui entaille la partie interne de la couronne récifale. Séparant les motu, elle assure les échanges d'eau entre l'océan et le lagon. Les hoa sont le plus souvent distribués sur les bordures méridionales des atolls, mais ce n'est pas une règle générale. Le nombre de hoa est très variable d'un atoll à l'autre : l'atoll de Mururoa, long de 28 km, en comporte 288 dont 79 seulement sont fonctionnels. L'atoll de Reao, long de 20 km, possède une bordure méridionale constituée d'une succession d'ilots et de hoa (140 sur 7 km). Les atolls de Manihi et Taiaro, par exemple, possèdent peu de hoa. La largeur du hoa est variable (quelques mètres à 300 m). Du côté extérieur sur le platier, ils se réduisent souvent à un sillon peu profond et étroit et s'élargissent au contraire côté lagon. Le hoa se raccorde au platier, côté externe, soit de façon insensible, soit par un petit ressaut. Le fond du hoa prend souvent l'aspect d'une dalle lisse recouverte parfois d'une pellicule sableuse et parsemée de petites colonies coralliennes chétives. Mais la bioconstruction corallienne est peu active contrairement aux phénomènes d'érosion et sédimentation. Les hoa sont le siège d'un double apport détritique : lors des tempêtes, ils servent de passage aux eaux de l'océan qui se déversent dans le lagon en transportant les matériaux bioclastiques plus ou moins grossiers arrachés au récif. Ceux-ci se déposent dans les hoa ou à leur entrée, côté externe. En outre, par mauvais temps, s'accumulent sur le bord des lagons des dépôts détritiques provenant de l'érosion des pâtés coralliens. Ils constituent des petits cordons littoraux qui tendent à colmater les hoa.

#### b) Les différents types de hoa (CHEVALIER 1972, figure 11)

Il existe deux grands types de hoa :

- Certains s'ouvrent sur le platier extérieur, sans que celui-ci soit entaillé sauf, dans certains cas, par un sillon étroit ; le passage des eaux océaniques vers le lagon est alors possible : le hoa est ouvert ou fonctionnel (figure 11 c).

- D'autres hoa constituent une simple échancrure dans l'ancien conglomérat récifal, au bord du lagon, et se terminent en cul-de-sac du côté océan, sans atteindre le platier externe ; les échanges d'eau sont alors impossibles : le hoa est fermé, non fonctionnel. Un hoa peut également être non fonctionnel à la suite d'un colmatage d'un hoa anciennement fonctionnel, par les accumulations sédimentaires.

Entre ces deux extrêmes existent toutes sortes de types transitionnels :

- Les hoa occasionnellement fonctionnels (figures 11 A et B) (Tairua en appellation locale). Ils ne possèdent qu'une seule ouverture côté lagon et pas d'ouverture vers le platier extérieur. Toutefois, les eaux de l'océan s'y déversent lors de tempêtes.

- Parmi les hoa non fonctionnels, certains sont isolés complètement du lagon par le cordon littoral, d'autres sont ouverts sur le lagon mais fermés par un rempart détritique côté externe. L'eau ne pénètre que faiblement lors de tempêtes, s'accumule dans le hoa en formant des mares temporaires qui s'assèchent ensuite (figures 11 D et E). Par ailleurs, le stade de comblement du hoa peut être plus ou moins avancé. Le stade le plus avancé est celui où le hoa a été totalement colmaté par les débris détritiques, recouverts ensuite de végétation. Ils sont reconnaissables par l'amorce d'une communication côté lagon ou océan. Le type de hoa joue un rôle important dans le fonctionnement des atolls. Sur un atoll fermé ils représentent les seules voies de communication entre l'océan et le lagon. Leur nombre et leur disposition conditionnent le renouvellement des eaux du lagon dont dépend la diversité de la faune et de la flore lagunaires.

c) Origine des hoa (d'après BROUSSE et al., 1974) :

L'érosion est en majeure partie responsable de l'origine et du développement des hoa. Toutefois, comme nous l'avons vu, ces hoa n'entaillent que la partie interne du platier. Or les actions hydrodynamiques sont plus fortes dans la partie externe. C'est pourquoi il semblerait que les hoa se forment à partir de fissures qui se créeraient au bord interne de la couronne récifale. Ces fissures qui, au départ, ne sont que superficielles, résulteraient d'un léger tassement du récif. Elles sont plus nombreuses dans la partie interne de la couronne où les matériaux bioclastiques sont moins bien consolidés que sur le bord externe qui, lui, est bien cimenté par les organismes constructeurs. L'érosion contrôlée par des facteurs hydrodynamiques aurait ensuite agrandi ces fissures pour former les hoa. Il faut également tenir compte de l'abaissement du niveau marin qui a certainement modifié la structure des hoa qui existaient déjà, avant le dernier mouvement eustatique, comme l'atteste la présence de hoa soulevés.

4. La zone d'arrière - récif (lagon)

Dans les îles hautes volcaniques, cette zone située entre le récif barrière et le récif frangeant est étroite et peu profonde dans le cas de récifs barrières jeunes et peu développés (cas, par exemple, de Tahiti et Moorea) ; elle est alors plutôt assimilable à un chenal. Lorsque le récif a atteint un stade d'évolution plus poussé (Maupiti, Bora-Bora dans l'archipel de la Société, archipel des Gambier, Tubuai et Raevavae dans l'archipel des australes) cette zone est large et plus profonde ; elle constitue le lagon au sens strict (figure 3).

Le lagon est également le terme employé pour désigner le plan d'eau intérieur des atolls (figure 4).

#### 4.1. Le chenal

La largeur du chenal excède rarement 100 à 200 m ; il est peu profond (2 à 3 m). Les fonds sont en grande partie constitués de sables fins, en majorité bioclastiques, éventuellement à faible teneur terrigène ; ils sont colonisés par quelques coraux dispersés. Des herbiers (*Halimeda*) peuvent coloniser les pentes internes. Le fond du chenal est localement accidenté par des petits tumuli d'*Enteropneustes*. Ce chenal est présent à Moorea (Paroa, Raevavae, Tiahura, entre les deux baies) et dans certains secteurs de Tahiti (Punaauia par exemple).

#### 4.2. Le lagon

Sur les îles hautes volcaniques, le lagon est large de quelques centaines de mètres (Tahiti, Moorea) à 20 km par exemple aux Gambier dans la plus grande largeur. Il est de profondeur variable : 20 à 40 m à Tahiti et Moorea, et au maximum 80 m aux Gambier. Les lagons d'atoll de forme circulaire présentent également des dimensions et profondeurs variables. Les plus petits atteignent 3 à 4 km (Nukutipipi par exemple) et les plus grands de l'ordre de 80 km (Rangiroa). La profondeur moyenne est par exemple de l'ordre d'une quinzaine de mètres à Fangataufa, d'une vingtaine de mètres à Taiaro, Mataiva, Rangiroa, Reao, de l'ordre de 40 m à Mururoa, Takapoto ; elle atteint au maximum 80 m à Scilly.

a) La pente interne des lagons est d'aspect très variable ; abrupte ou douce suivant l'exposition aux vents dominants, régulière ou au contraire présentant des changements d'inclinaison. Ainsi elle peut présenter des points d'inflexion qui délimitent des petites plates-formes d'étendue variable, situées par exemple à 1 ou 2 mètres de profondeur à Taiaro et Scilly, entre 5 et 10 m puis 15 et 25 m à Mururoa. La pente interne est généralement formée d'éléments bioclastiques grossiers (colonies coralliennes brisées) mais aussi de sable plus ou moins grossiers, souvent à dominance de tests de foraminifères (*Miliolidae* à Takapoto, *Amphistegina* à Mataiva). Des fonds sableux émergent de petits pâtés coralliens et des pinacles. La pente interne est fréquemment colonisée par les herbiers et accidentée de terriers de *Callianasses*.

#### b) Les fonds de lagon

Les fonds de lagon correspondent à des dépôts de sables fins à très fins, ou même vaseux exclusivement organogénique dans les atolls tandis que sur les îles hautes s'y mêle une faible fraction terrigène. Ces sédiments sont plus grossiers au pied des constructions organogènes du lagon. Les fonds de lagon sont accidentés de bioconstructions : pâtés coralliens, pinacles et récifs en épis. Ces constructions ont des formes et des dimensions très variables : pâtés de quelques mètres, pinacles arrondis de quelques mètres à 100-200 mètres de diamètre, pinacles et récifs de forme allongée dont la longueur peut atteindre jusqu'à 1 km.

Le nombre et la répartition des constructions organogènes dans le lagon sont également très variables : plus de 400 pâtés et pinacles à Takapoto et 1 500 à 2 000 à Raroia. D'autres atolls au contraire en présentent peu (Taiaro, Scilly). Ils peuvent être coalescents dans certains secteurs, à Mururoa par exemple, et très dispersés dans d'autres. Ils peuvent être sans orientation préférentielle ou au contraire orientés dans

le sens du vent dominant (lagon de l'île haute de Tubuai, ou des atolls de Mururoa, Raroia, Takapoto).

b.1. Les pâtés coralliens (ou patch reefs) sont des constructions organogènes plus larges que hautes. Ils sont de forme variable : le sommet peut être tabulaire s'il approche la surface, ou de forme quelconque s'il est plus profond.

Dans de nombreux atolls des Tuamotu, les pâtés coralliens ne sont guère florissants. Les organismes constructeurs sont en partie morts et ces pâtés semblent, à l'heure actuelle, être plutôt soumis à l'érosion qu'à la construction. On peut penser qu'avant l'abaissement récent du niveau de la mer, leur colonisation par les organismes vivants était plus importante (BROUSSE et al., 1974).

b.2. Les pinacles (ou knoll reefs) sont des constructions organogènes plus hautes que larges dont le sommet atteint ou non la surface (figure 12 A). Leur contour est souvent irrégulier ou festonné et leur bord constitue fréquemment un petit encorbellement. Les parois des pinacles sont généralement abruptes et recouvertes d'organismes vivants dans les 10 premiers mètres, puis la pente devient sableuse et plus douce jusqu'au fond du lagon. Sur les parois d'un même pinnacle s'observent parfois des différences morphologiques. Ainsi sur les pinacles situés dans des régions exposées, la paroi au vent peut présenter une pente plus forte tandis que le versant sous-le-vent est plus doux en raison de l'accumulation de matériaux détritiques. Le sommet des pinacles est tabulaire, et la bordure externe est assimilable à un platier compact. Dans quelques cas, la construction par les algues est telle que l'aspect de cette zone est similaire à celui de la partie supérieure d'une pente externe d'atoll (Takapoto, Hao, Vahi Tahi, Maturei Vavao). Vers le centre du pinnacle les colonies coralliennes se raréfient. Des phénomènes d'érosion affectent la partie sommitale des pinacles conduisant à la formation de cuvettes remplies de sédiments et colonisées par de petits coraux et des algues. D'après BROUSSE et al., (1974), ces figures résulteraient en grande partie de l'action d'organismes perforants (Mollusques, Eponges, Algues...). Dans certains atolls, les pâtés coralliens de la pente interne, ou le sommet des pinacles du lagon émergent de quelques dizaines de centimètres (30 à 50 cm à Takapoto, par exemple). Cette position altitudinale actuelle est l'indice d'un niveau marin Holocène supérieur à l'actuel.

Ces pinacles émergés sont présents à Takapoto, Taiaro, Reao, Maturai Vavao, Marutea, Mataiva, Rangiroa.

b.3. Les récifs en épi (kaoa ou kaua en polynésien) ou récifs rubannés (BROUSSE et al., 1980) (figure 12 B). Ce sont des récifs allongés qui prennent naissance sur la bordure interne de la couronne récifale et s'étendent, tel un long éperon, perpendiculairement à la couronne. On rencontre de tels récifs dans les Tuamotu à Raroia, Hao, Mataiva, Takapoto, Rangiroa et dans le lagon de Tubuai. D'après NEWELL (1956), leur origine serait à rechercher dans l'anastomose de la couronne récifale et de pinacles alignés initialement dans la direction du vent dominant. Bien qu'il n'y ait plus de hoa à l'heure actuelle à ce niveau de la couronne, aurait été contrôlée à l'origine par des courants induits par le vent et

l'entrée d'eau par les hoa. Les pinacles se seraient alignés, selon NEWELL, le long des zones de convergence de cellules de convection orientées dans le sens du vent.

En revanche, BROUSSE et al., (1980) pensent que ces récifs auraient pris naissance à partir d'organismes constructeurs qui se seraient installés de façon plus favorable sur d'anciens épandages de matériaux détritiques venus de l'extérieur lors de tempêtes, dépôts sans doute en partie remaniés par les agents hydrodynamiques propres au lagon. Toutefois, dans le cas de récifs à l'intérieur du lagon, qui ne prennent pas appui sur la bordure interne du récif, CHEVALIER pense comme NEWELL qu'il peut s'agir d'une soudure de pinacles isolés entre eux à l'origine.

### c) Cas particulier du lagon de Mataiva

La caractéristique morphologique qui donne à Mataiva une grande originalité est la réticulation de son lagon : le lagon est constitué par un ensemble de 70 bassins environ, plus ou moins isolés les uns des autres, de 100 m à 2 km de longueur, et de 20 ha de surface moyenne. Ces bassins ont une profondeur très faible de 8 m en moyenne (25 m au maximum). Ils sont séparés par un réseau de hauts-fonds de 50 à 300 m de largeur. Ces hauts-fonds émergent aux basses mers de vives-eaux et présentent de très fortes pentes (50 %). Le sommet et la pente de ces cloisons sont bioconstruits ou construits de sédiments meubles selon leur situation par rapport aux entrées d'eau océanique.

Cette morphologie, unique semble-t-il en Polynésie Française, a été imposée par une paléotopographie de type karstique, antéholocène, enfouie sous 1 à 15 mètres de sédiments. Elle résulterait d'un soulèvement et d'une émergence de l'atoll, favorisant l'élaboration d'un réseau karstique, suivis d'une élévation du niveau de la mer qui a entraîné l'inondation des bassins (DELESALLE et al., 1984).

## 5. Les passes

### 5.1. Description

Contrairement aux hoa qui sont des dépressions superficielles de la partie interne de la couronne récifale, la passe est une entaille majeure affectant toute la largeur de la couronne. Les passes peuvent avoir des dimensions (largeur et profondeur) très variables. Aussi la largeur de la passe n'est que de 80 m environ à Maupiti, de 100 à 500 m à Fangataufa, Mataiva ; aux Gambier, au sud-ouest de Tubuai, de 500 à 1 000 m à Tahiti, Moorea, ou de plusieurs kilomètres au N.-O. de Tubuai (2,5 km) et à Mururoa (4,5 km). La profondeur n'est que de quelques mètres à Mataiva, au sud de Tubuai, aux Gambier, à Tautira (Tahiti) à Raevavae, à Mururoa, et dépasse 10 m au nord de Tubuai. Elles peuvent atteindre jusqu'à 30 m de profondeur (SALVAT, 1975).

Dans le cas d'une profondeur importante, seules les bordures de la passe sont colonisées par les organismes constructeurs. Le fond de la passe peut, soit être en continuité directe avec ceux du lagon et de l'océan, soit au contraire se présenter sous la forme d'un seuil plus ou moins élevé.

Dans le cas de passes peu profondes, ce seuil est très élevé. Le fond de la passe est alors constitué d'une dalle nue, localement recouverte de passées sableuses. Elle peut présenter de nombreux pâtés coralliens affleurants ou non. Ces pâtés sont alignés dans le sens du courant : perpendiculaire au rivage au centre de la passe, leur distribution s'évase à l'entrée et à la sortie de la passe. L'édification des constructions coralliennes est donc essentiellement contrôlée par les conditions hydrodynamiques.

Les passes sont le siège d'une circulation d'eau très active. Les courants sont généralement très forts : sur les récifs barrières, l'eau pénètre dans le lagon au niveau du front récifal, et elle est ensuite évacuée par la passe, généralement en profondeur.

Dans les lagons, l'eau pénètre par le front récifal mais aussi par les hoa qui sont souvent situés face au vent ; elle s'écoule par la (ou les) passe, couloir de vidange des eaux du lagon.

## 5.2. Origine

Les passes peuvent avoir plusieurs origines dont dépendent leurs caractères morphologiques.

Ce type de discontinuité peut être en relation directe avec le réseau hydrographique actuel, dans le prolongement duquel les conditions écologiques sont défavorables au développement des bioconstructions (Tahiti, Moorea).

Les passes peuvent également être induites par la paléotopographie du soubassement volcanique : c'est le cas, par exemple, des vallées des vieux édifices volcaniques immergés. Ces accidents topographiques sont souvent en relation, d'ailleurs, avec des écoulements d'eau douce défavorables à la bioconstruction (Gambier).

Dans ces deux cas, les passes correspondantes sont généralement profondes ; elles sont caractéristiques de récifs barrières.

Les passes peuvent également résulter de phénomènes d'érosion :

- Agrandissement d'un hoa fonctionnel ou de fissures du platier par l'érosion (Pukarua, Marutea Sud, sud-est de Tubuai).

- Création d'une zone de vidange des eaux de lagon ; la houle pénètre dans le secteur au vent, et s'écoule vers les secteurs sous-le-vent, en entraînant un ralentissement de la croissance des coraux à ce niveau. Ce fait peut expliquer la position fréquente des passes d'atolls en position "sous-le-vent" (passe nord de Tubuai et de Mururoa).

Ces passes sont généralement peu profondes, et le plus souvent typiques des atolls.

#### IV - REPARTITION DES RECIFS CORALLIENS DANS LES ARCHIPELS POLYNESIENS

##### 1. Archipel de la Société

L'archipel de la Société s'étire sur 720 km. Il se compose de 14 îles administrativement réparties en deux groupes :

- . Les Îles-Sous-Le-Vent : Huahine, Raiatea, Tahaa, Bora-Bora, Maupiti, Tupai, Mopelia, Bellingshausen et Scilly.
- . Les Îles-du-Vent : Tahiti, Moorea, Mahetia, Maiao et Tetiaroa.

L'archipel de la Société présente une grande diversité sur le plan morphorécifal :

- Mahetia (ou Meetia) est une île volcanique de 35 m de haut, dépourvue de constructions récifales, à l'exception de quelques récifs frangeants.

- Les îles hautes volcaniques de Tahiti, Moorea, Maiao, Huahine, Raiatea, Tahaa, Bora-Bora et Maupiti sont entourées d'un récif barrière plus ou moins développé :

. Ainsi, à Tahiti et Moorea, la barrière existe, mais le lagon est très étroit (100 à 1 000 m) et peu profond (au maximum, une vingtaine de mètres ; le récif est même frangeant par endroits).

. Maiao, de petite taille, est une île dont le récif barrière est assez proche de la côte, ainsi que Huahine.

. Ensuite, Raiatea et Tahaa s'entourent d'une barrière commune mieux dégagée de l'île. Puis Bora-Bora et Maupiti présentent une belle barrière avec un lagon très large (stade du presque atoll). Le lagon de Bora-Bora est divisé par des éperons internes en plusieurs petits bassins peu profonds à l'est, tandis qu'à l'ouest la profondeur dépasse 40 m. Il y a peu de pinacles. La barrière présente de nombreux motu.

- A l'exception de Tetiaroa, tous les atolls sont situés au nord-est de l'archipel :

. Tupai est un petit atoll (8 km sur 3), fermé ne comportant qu'un large hoa à l'ouest et 3 petits hoa à l'est, alors que le sud est un cul-de-sac en voie de comblement rapide.

. Mopelia (ou Maupihua) est un atoll ouvert avec une passe étroite (moins de 50 m) et peu profonde (4 m). Le lagon est divisé en bassins (profondeur maximum 40 m) et contient de nombreux pâtés et pinacles.

. Scilly (ou Manuae) représente un type d'atoll un peu particulier. C'est un atoll sans passe (donc fermé) de 9 à 11 km de diamètre, dont les bordures ouest et sud sont immergées et assurent une large communication entre les eaux océaniques et lagunaires. Le lagon est profond (prof. max. 70 m) ; les pâtés et pinacles ne sont pas très nombreux, et aucun n'approche la surface.

- Bellingshausen (ou Motu One) est un petit atoll fermé dont le lagon comprend un grand nombre de pâtés coralliens.

- Tetiaroa est l'atoll le plus au sud de l'archipel. C'est un atoll fermé.

## 2. Archipel des Tuamotu

L'archipel des Tuamotu comprend 76 atolls qui représentent environ 10 000 km<sup>2</sup> de récifs et lagons ; ces îles se répartissent en dix groupes :

. Le groupe Nord-Ouest : Ahe, Makatea, Manihi, Mataiva, Rangiroa et Tikehau (l'île de Flint, qui ne fait pas partie de la Polynésie Française, est apparentée à ce groupe, mais non Vostok, qui est séparée de Flint par des fonds de 5 000 m).

. Les îles du roi Georges : Takapoto, Takaroa, Tikei.

. Les îles Palliser : Apataki, Arutua, Kaukura.

. Les îles du Désappointement : Napuka, Puka-Puka, Tepoto.

. Le groupe Centre-Ouest : Anaa, Aratika, Faite, Fakarava, Haraiki, Hikueru, Hiti, Katiu, Kauehi, Makemo, Marutea, Motu-Tunga, Niau, Nihiru, Raraka, Reitoru, Taenga, Tahanea, Taiaro, Tekokoto, Tepoto, Toau, Tuanake.

. Le groupe Centre-Est : Ahunui, Aki-Aki, Amanu, Fakahina, Fangatau, Hao, Hanu-Hangi, Marokau, Nengo-Nengo, Nukutavake, Paraoa, Pinaki, Taroia, Ravahere, Rekareka, Takume, Tauere, Vahi-Tahi, Vairaatea.

. Le groupe Est : Pukarua, Reao, Tatakoto.

. Les îles du Duc de Gloucester : Anuanuraro, Anuanurunga, Hereheretue, Nukutipipi.

. Le groupe Sud : Fangataufa, Mururoa, Tematangi, Tureia, Vanavana.

. Les îles Acteon : Maria, Marutea du Sud, Maturei-Vavao, Tenarara, Tenarunga, Vahanga, Morane.

Toutes ces îles sont des atolls de taille très variable, allant de 3 à 4 km de longueur pour les plus petites (Nukutipipi, Rekareka, Tikei) jusqu'à 70 km (Fakarava, Makemo) et 80 km (Rangiroa) pour les plus grandes. Chacune d'elles représente un stade différent d'une évolution qui tend peu à peu à les combler toutes : NEWELL (1956) note l'existence de 47 atolls fermés, 21 atolls à une passe, et 10 atolls à deux passes. Les instructions nautiques donnent des chiffres légèrement différents :

. Atolls ouverts à plusieurs passes : Amanu, Apataki, Aratika, Fakarava, Katiu, Kaukura, Motu-Tunga, Rangiroa, Tahanea, Takume, Toau.

. Atolls ouverts avec 1 seule passe : Ahe, Arutua, Faaite, Hao, Haraiki, Kauehi, Manihi, Marokau, Marutea du Sud, Mataiva, Mururoa, Nengo-Nengo, Raraka, Raroia, Taenga, Takaroa, Tepoto, Tikehau, Toau, Tekokoto, Tuanake, et Fangataufa avec une passe artificielle.

Tous les autres atolls sont fermés mais à des stades différents :

. Atolls fermés avec une partie de barrière immergée et des hoa fonctionnels : Anuanurunga, Hereheretue, Marutea Nord, Morane, Nukutipipi, Takume.

. Atolls fermés avec nombreux hoa fonctionnels : Reao.

. Atolls fermés avec peu de hoa fonctionnels : Takapoto.

. Atolls fermés avec hoa occasionnellement fonctionnels : Taiaro, Tureia.

. Atolls fermés avec hoa non fonctionnels : Fakahina, Maria.

. Atolls presque comblés : Niau, Puka-Puka, Reka-Reka.

. Atolls comblés : Aki-Aki, Nukutavake, Tikei, Tepoto.

L'archipel présente également un atoll soulevé : Makatea. L'histoire géologique de cette île peut être ainsi ébauchée :

- Edification d'un atoll (entre le Miocène supérieur et le Miopliocène). L'évolution finale du lagon correspond à un comblement par des sables et boues bioclastiques (comparable à Nukutavake).

- Durant un ou plusieurs stades d'émersion, l'atoll comblé subit une intense dissolution météorique qui entraîne la formation d'un réseau karstique. Ultérieurement, les cavités karstiques sont colmatées par des dépôts phosphatés.

- Durant le Pléistocène, la plate-forme émergée enregistre trois pulsations positives du niveau marin, matérialisées actuellement par des encoches d'érosion.

- Au cours de l'Holocène, mise en place d'un système récifal frangeant légèrement émergé à l'heure actuelle.

### 3. L'archipel des Gambier

L'archipel des Gambier comprend également quelques types récifaux différents :

. Des hauts-fonds ou atolls submergés : Portland dont le fond du lagon se situerait aux environs de - 20 m, le récif d'Ebrill.

. L'atoll fermé de Temoe dont le lagon est profond au maximum d'environ 23 m et parsemé de nombreux pinacles dont certains atteignent la surface, et l'atoll d'Oeno qui est un atoll fermé.

. Une dizaine d'îles volcaniques ceinturées par un récif barrière : cinq îles principales, Mangareva, Aukena, Taravai, Agakanitai, et des îlots, Kameka, Makaora, Manui, Motu Teiku et Makira.

Le sommet le plus haut culmine à 200 m. La couronne récifale s'étend sur une longueur d'environ 90 km sans aucune interruption. Elle n'est émergée ou sous une faible épaisseur d'eau à marée basse que sur 42 % de sa longueur (au nord-ouest, au nord et à l'est, ainsi qu'à l'angle sud-ouest). Cette barrière comporte quelques motu. Partout ailleurs, la barrière est immergée sous 15 m d'eau au maximum. Chaque île volcanique présente des récifs frangeants plus ou moins développés : récifs tabliers, jeunes récifs frangeants en pleine croissance, récifs frangeants matures ou nécrosés.

#### 4. Archipel des Australes (ou de Tubuai)

L'archipel des Australes s'étire sur 1 400 km et comprend une grande variété de types récifaux :

. Les îles les plus au sud, Marotiri et Rapa, sont des îles volcaniques où les récifs frangeants sont faiblement développés : à Rapa par exemple, les récifs frangeants existent uniquement à l'entrée ou à l'intérieur des baies.

Sur les pentes qui entourent l'île, les coraux sont peu abondants et n'édifient pas de récifs, probablement en raison des conditions peu favorables de basse température.

. Raevavae et Tubuai sont également des îles volcaniques entourées par un récif barrière :

- Raevavae est une île de forme allongée dont le sommet culmine à 480 m d'altitude. Elle est entourée d'un récif barrière presque continu, mis à part trois passes, une principale au nord et deux secondaires peu profondes au sud et au nord-est. Le lagon est peu profond (2 à 6 m), à l'exception d'un chenal de 10 à 20 m de profondeur au centre. Il mesure 3 km dans sa plus grande largeur. Les récifs frangeants sont bien développés mais ne sont vivants qu'au niveau de la bordure externe.

- Tubuai est entourée d'un récif barrière très large (jusqu'à plus de 1 300 m) qui à l'ouest n'est séparé du littoral que par un étroit chenal). Par place, il devient presque frangeant (ouest) ; il est coupé d'une grande passe au N.-O. et de deux petites passes au S.-O.. Il enferme un lagon de faible profondeur (au maximum 15 m), de 5 km dans sa plus grande largeur.

Les récifs frangeants sont surtout développés dans la partie septentrionale. Ils sont en majeure partie morts, érodés ou ensablés, sauf le bord externe qui, dans certaines aires, est construit par les algues calcaires.

- Rurutu, Rimatara plus au nord, sont des îles hautes, formées à la fois par des structures volcaniques et des récifs soulevés.

Rurutu, dont le point culminant est à 400 m, est entourée d'un récif frangeant étroit. Les récifs anciens sont soulevés jusqu'à 200 et 260 m.

Rimatara présente une formation similaire avec des récifs soulevés jusqu'à 10 m.

L'archipel comprend également des bancs coralliens affleurants (récif de Moses) ou submergés (le récif de Nelson est à - 4 m et celui du Président Thiers à - 30 m).

L'archipel comprend enfin un atoll : Maria des Australes.

### 5. Archipel des Marquises

C'est l'archipel le plus isolé de la Polynésie Française ; il se divise en :

. Marquises du Nord : comprenant trois îles principales : Nuku-Hiva, Ua-Uka et Ua-Pu ; quatre îlots : Eiao, Hatu-Iti, Hatutu et Motu-One, et quelques bancs coralliens : Hinakura, Clark, Lawson.

. Marquises du Sud : comprenant quatre îles principales : Fatu-Hiva, Hiva-Oa, Mohotani et Tahuata, et quelques rochers et hauts-fonds : Dumont d'Urville, Fatu-Huku, Thomasset.

Cette division repose sur les barrières bathymétriques séparant les deux groupes. Sur certaines côtes les récifs sont totalement absents. Ailleurs, ils sont peu développés.

On peut reconnaître les formations suivantes :

. Formations récifales peu développées, embryonnaires. Les organismes constructeurs, (coraux, algues) sont rapprochés mais ne parviennent pas à édifier un véritable platier calcaire continu. Ce type de récif a été observé à Nuku-Hiva (partie occidentale de la baie de Taiohae), à Ua-Uka (baie de Hane), à Hiva-Oa (baies de Hanamate, Punahe, Taaoa).

. Véritables récifs dont la longueur ne dépasse jamais 1 km, formés par la soudure des organismes calcaires et de leurs débris. Certains d'entre eux sont rudimentaires, ne constituant qu'une assise calcaire de faible épaisseur ; c'est le cas des récifs de la Baie du Contrôleur, de l'Hanse Hakatea à Nuku-Hiva. D'autres, par contre, présentent un plus grand développement ; leur épaisseur atteint plusieurs mètres et les organismes qu'ils abritent contrôlent en partie la sédimentation de la baie où ils se sont édifiés. Devant ces récifs existe un faciès péri-récifal constitué souvent de sables coralliens ou à Halimeda. A ce type se rapportent les récifs de la baie d'Anaho (Nuku-Hiva), de la baie Hanaiapa (Hiva-Oa), des différentes baies explorées sur la bordure Nord et Sud de Tahuata. Quelques-uns de ces récifs (Motopu, Hana Hevane, Hana-te-Toi) ont atteint leur stade de maturité ; le platier récifal se situe presque au niveau de la mer et seul le front récifal poursuit lentement son édification.

V - APERÇU SUR LA MORPHOLOGIE ET LA STRUCTURE INTERNE D'UN EDIFICE  
RECIFAL - EXEMPLE DE L'ATOLL DE MURUROA (d'après BUIGUES 1982 ;  
REPELLIN, 1975)

1. Structure interne de l'atoll

La figure 13 représente les différentes unités stratigraphiques mises en évidence par les forages réalisés à travers la couronne et le lagon de l'atoll de Mururoa. Se succèdent, depuis la surface :

1.1. Les calcaires

Les calcaires sont constitués d'une alternance de niveaux biodétritiques et sableux friables avec des niveaux cimentés. Les premiers sont plus importants dans le lagon, les seconds sous la couronne. Du point de vue faciès, on constate l'existence de faciès franchement construits aussi bien sous la couronne que dans le lagon, avec toutefois une relative faible importance par rapport à l'ensemble de l'édifice (peut être moins de 20 %).

Pour les sédiments meubles, ceux qui sont particulièrement hététométriques et riches en débris coralliens sont plus abondants sous la couronne, alors que les sables homogènes prédominent dans le lagon.

Les faciès fins et très fins existent aussi bien sous la couronne que dans le lagon, et dans celui-ci ils demeurent souvent à l'état non lithifié.

Rappelons enfin l'existence de niveaux karstiques dès la profondeur de 8 mètres sur la couronne, et essentiellement dans les "calcaires inférieurs" du lagon (au-delà de 120 mètres).

1.2. Les dolomies

La série dolomitique se présente comme un massif karstifié, à sa surface, localement à la périphérie, et de manière particulièrement intense à sa base. Le toit de la formation se biseaute sur un haut-fond volcanique.

Du point de vue macrofaciès, on constate l'importance des faciès typiquement lagonaires, essentiellement dans le lagon mais également sous la couronne (la continuité de ces faciès s'observera sur plusieurs kilomètres).

Et enfin, la distinction entre les quatre types (dolomies massives, dolomie sableuse cimentée, dolomie tendre et poreuse, dolomie colorée karstique) est le reflet d'un état diagénétique différent.

1.3. La zone de transition

On y observe des galets basaltiques plus ou moins roulés, mêlés aux fragments de coraux et ensablés dans des sables meubles.

#### 1.4. Le socle basaltique

Les forages de la couronne ont recoupé les formations basaltiques à 450 et 438 mètres au nord et à 360 mètres au sud.

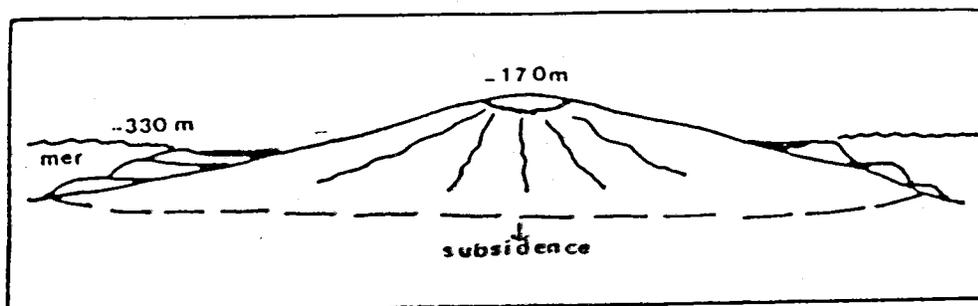
A l'intérieur du lagon, le toit du basalte présente, entre trois forages, une pente faible et régulière (de 1 à 2 degrés) en direction de l'océan à 270 m, 256 m et, en position centrale à 180 m.

#### 2. Essai de reconstitution paléogéographique (BUIGUES 1982)

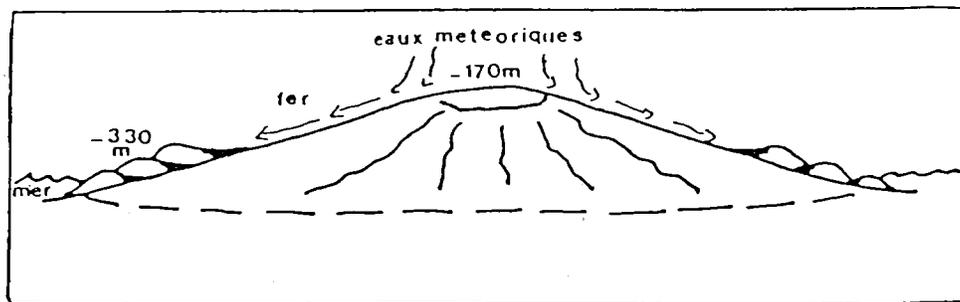
L'édification de la partie carbonatée de l'atoll de Mururoa s'est faite de manière discontinue, en relation avec des émergences consécutives à des régressions marines ayant eu lieu depuis 6 ou 7 millions d'années (date de la fin du volcanisme). On discerne dans l'édifice deux grands ensembles, l'un de constitution calcitique et aragonitique, le second entièrement dolomitique. Leur mise en place se serait faite de manière indépendante, peut être au cours de périodes aux caractéristiques climatiques différentes.

##### 2.1. Mise en place de l'ensemble dolomitique : stades récifs frangeants et récifs barrières

A la fin du volcanisme, la zone calcaréo-argileuse ou zone de "transition", plus épaisse dans les vallées et à la périphérie du volcan que sur les points hauts, témoigne d'une période d'altération probablement en milieu aérien sous un climat chaud et humide (présence d'argiles et de sols latéritiques rouges sur le volcanisme scoriacé). C'est à la fin de cette période que les coraux commencent à s'édifier à la périphérie et peut être sur les points hauts ou zones en saillies du volcan, par bancs puis en récifs frangeants de la même manière que ceux observés actuellement autour des volcans émergés (Tahiti). Cette période dure probablement jusqu'à ce que les formations coralliennes atteignent la profondeur actuelle de 330 mètres environ ; le volcan était à ce moment émergé de 150 mètres (le point haut central se trouve en effet entre 170 et 180 mètres).



A la fin de cette période, lors d'une émergence, les sédiments sont progressivement dolomités, peut être par remplacement à partir des eaux en provenance du ou des lagons, de composition "mixte" (à la fois marines et diluées par les eaux météoriques), et lorsque les conditions climatiques le permettent (lors des périodes sèches). La baisse du niveau marin et une alternance de périodes sèches et humides seraient favorables aux deux processus, dolomitisation et dissolution. A la fin de l'émergence, l'édifice demeure suffisamment de temps sous l'influence des eaux météoriques et se trouve karstifié. Ces eaux, en circulant sur le volcan altéré se chargent en fer, contribuant ainsi à la coloration des sédiments lors de leur dolomitisation. Les dolomies colorées trouvées à la base de la série à la périphérie de l'atoll, correspondent à cet épisode.

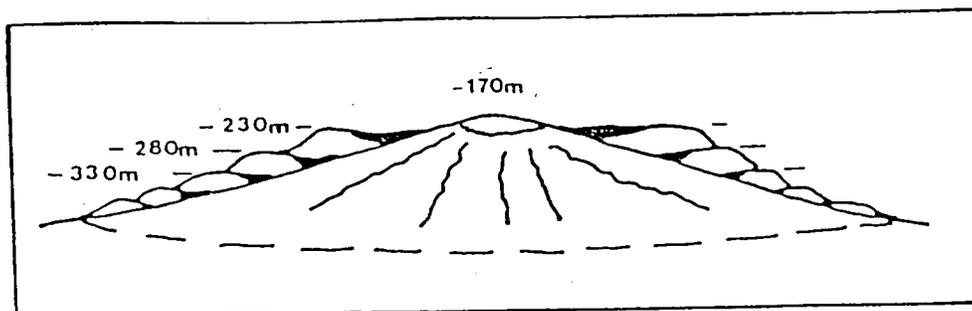


Cette première émergence serait suivie d'une remontée du niveau de la mer, durant laquelle la dolomie de ciment précipite dans le karst précédemment formé. Lorsque ce niveau dépasse le toit des formations précédentes, la construction reprend contre le volcan, sur les zones en saillies, et sur les pointements dolomitiques restés en relief, alors que les dépressions karstiques sont le siège d'une sédimentation lagunaire. La progression de l'ensemble corallien se fait parallèlement à l'enfouissement du volcan, pendant une cinquantaine de mètres, c'est-à-dire jusqu'à ce que les sédiments atteignent la profondeur actuelle de 280 à 290 mètres où se situent à nouveau des sédiments karstifiés.

Lors d'une nouvelle émergence il y aurait à nouveau dolomitisation selon le même processus que précédemment, c'est-à-dire probablement à partir d'eaux lagunaires durant des périodes sèches et dissolution durant les périodes humides. Lorsque l'édifice est suffisamment émergé, il se trouve karstifié. En profondeur, le niveau karstique situé dans les dolomies colorées permet la libre circulation des fluides dolomitisants et peut être la recristallisation des dolomies.

Des phénomènes identiques vont se reproduire durant les épisodes correspondant aux sédiments situés entre 280 et 250 ou 260 mètres, puis 260 et 230 mètres (à ces profondeurs, on rencontre des surfaces karstiques à la périphérie de l'atoll). Durant ces périodes, le volcan se trouve progressivement ennoyé sous les sédiments coralliens. Lors de la dernière émergence (à 230 mètres), il n'est qu'à une cinquantaine de mètres environ au-dessus des formations coralliennes.

Aussi pendant les périodes humides, la part de lessivage, notamment la libération du fer, est-elle de moins en moins importante. Elle demeure cependant suffisante pour provoquer la coloration des sédiments lagunaires les plus proches du pointement volcanique (les dolomies situés sous le lagon actuel en zone nord se trouvent colorées dans certains forages - Documents CEA).



Le dernier stade d'édification de l'ensemble dolomitique correspond aux sédiments situés entre 250 ou 230 et 190 ou 200 mètres dans le lagon, ou bien entre 250 ou 230 et 120 à 150 mètres sous la couronne.

La dolomitisation aurait toujours lieu au cours d'émersions consécutives à des régressions marines et probablement à partir des eaux lagunaires lorsque la pluviosité a baissé. L'édifice dolomitique demeure suffisamment émergé pour se trouver karstifié lors des périodes humides.

## 2.2. Enfouissement du pointement volcanique central et mise en place de l'ensemble calcaire

a) Episode correspondant aux calcaires "inférieurs" du lagon (entre le toit des dolomies et 120 mètres environ). Stade plate-forme :

Durant cette période se déposent dans le lagon des sédiments qui tendent à combler les fractures et les dépressions de l'édifice dolomitique sous-jacent. Il arrive un moment où le comblement étant achevé, les coraux se mettent à proliférer en finissant par établir des bancs, voire des plates-formes dans le lagon.

La colonisation corallienne se fait en plusieurs temps entre des phases régressives au cours desquelles les sédiments, soumis à l'action des eaux météoriques comme le montrent les faibles teneurs en isotopes lourds, se trouvent plus ou moins dissous, cimentés et calcitisés (inversion des coraux), mais jamais dolomitisés. La morphologie nouvelle de plate-forme à la place du lagon, l'absence d'arrière-pays et enfin, peut être un changement dans les conditions climatiques sont probablement responsables de cette absence de dolomitisation. Le dernier épisode correspondant à cette période se situe à la profondeur actuelle de 120 mètres dans le lagon où se rencontre une dalle fracturée et plus ou moins karstifiée.

b) Episode correspondant aux "calcaires supérieurs" du lagon (entre 120 et 50 mètres) - Stade atoll

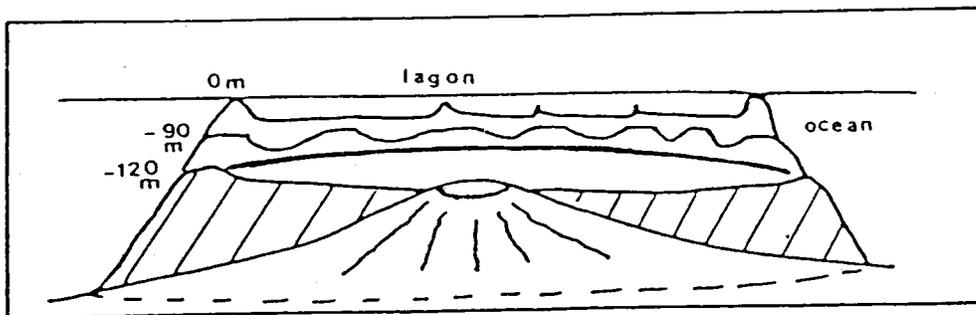
Durant cette période, qui correspondrait au quaternaire, les oscillations climatiques se manifestent par des lacunes sédimentaires mises en évidence par les datations et des séquences à sommet régressif dans le lagon, par des surfaces calcifiées et karstifiées sous la couronne.

Après la période de prolifération corallienne située à 120 mètres dans le lagon, il se produit lors d'une émergence (vers 90 mètres) une intense karstification qui réduit considérablement les surfaces favorables à l'installation des polypiers. Néanmoins, le lagon comportait à l'époque des hauts-fonds ou des rides coralliennes beaucoup plus importants qu'à l'heure actuelle.

Les derniers phénomènes glaciaires quaternaires, correspondant au WURM, se situent environ sous une dizaine de mètres de sédiments à la fois sous la couronne et dans le lagon. La surface karstifiée située à 90 mètres dans le lagon correspond peut être au début du Pléistocène (1,6 ou 2 millions d'années).

Les phénomènes diagénétiques relatifs aux émergences quaternaires reflètent l'action des eaux météoriques (teneur en isotopes stables), ils se manifestent par des dissolutions karstiques et des cimentations calcitiques sur les points émergés (couronne), une recristallisation éventuelle des coraux par accroissement syntaxial d'aragonite en milieu confiné (préservation de matière organique) dans le lagon.

La dolomitisation consécutive à ces émergences n'est pas manifeste, une fois de plus des facteurs d'ordre morphologique ou climatique ont pu intervenir, empêchant le phénomène.



MISE EN PLACE DE L'ENSEMBLE CALCAIRE

On s'aperçoit que les périodes d'émergence tiennent une grande place dans l'histoire de l'atoll. Aussi est-il probable que ce sont les karstifications en résultant qui ont en grande partie conditionné la morphologie des édifices successifs, les parties restées en relief étant des lieux privilégiés de constructions par rapport aux dépressions.

Les pinacles actuels du lagon sont sans doute les derniers témoins de cette érosion karstique.

## VI - PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Trois thèmes de recherche abordent les problèmes de géomorphologie récifale : géologie récifale, anciens niveaux marins, et télédétection.

### 1. Thème : Géologie récifale

L'objectif de ce thème est d'obtenir des modèles de sédimentation sur des systèmes carbonat bio-construits récents (récif barrière et atoll). Quatre axes de recherche sont considérés. L'un des axes de recherche concerne la morphogénèse récifale : Etude de l'origine et de l'évolution des formes récifales en relation avec les facteurs biotiques et géologiques ; mise en évidence de la morphostructure interne des édifices récifaux par prospection sismique légère ; étude de l'influence des événements météorologiques et géodynamiques exceptionnels sur la morphogénèse récifale.

### 2. Thème : Anciens niveaux marins

La première partie du programme consiste à identifier et dater des anciens rivages, soit d'après les formations superficielles le long de certaines transversales océaniques, soit d'après les carottages dans le récif corallien (en liaison avec le thème "Géologie récifale").

Les données doivent permettre de définir la surface du géoïde terrestre, le long de ces transversales, à certaines époques de la fin du quaternaire.

La seconde partie consiste à établir des corrélations entre les variations de la forme du géoïde, dont le niveau de la mer est le témoin, et leurs causes possibles (eustatisme, isostasie, déformations tectoniques, etc...).

### 3. Thème : Télédétection

Utilisation d'images satellites pour améliorer nos connaissances des îles et des atolls de la Polynésie Française, et faciliter leur mise en valeur. Dans un premier stade, le programme a pour objet une étude comparative des atolls des Tuamotu, afin de tester les possibilités de cartographie automatique en milieu corallien (déterminations bathymétriques, mise en évidence de zones d'eau à turbidité différente, etc...), par télédétection.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Carte générale de la Polynésie Française
- Figure 2 : Exemples de types récifaux d'île haute volcanique
- Figure 3 : Coupe schématique d'un complexe récifal d'île haute volcanique
- Figure 4 : Coupe schématique d'un atoll
- Figure 5 : Différentes théories de la formation d'un atoll
- Figure 6 : Modèle d'évolution des îles volcaniques et des récifs coralliens sur la plaque lithosphérique Pacifique
- Figure 7 : Différents types de pente externe :
- 7-1 - Type I : Forte inclinaison générale
  - 7-2 - Type IIa : Moyenne inclinaison générale et mode calme
  - 7-3 - Type IIb : Moyenne inclinaison générale et mode battu
  - 7-4 - Type III : Faible inclinaison générale ; exemple de Tiahura
- Figure 8 : Platier du récif barrière d'un complexe récifal d'île haute volcanique
- Figure 9 : Platier externe d'atoll :
- 9-1 - Mode calme
  - 9-2 - Mode battu
- Figure 10 : Différentes configurations d'un platier interne d'atoll
- Figure 11 : Différents types de hoa
- Figure 12 : Deux structures de lagon d'atoll
- Figure 13 : Structure interne de l'atoll de Mururoa

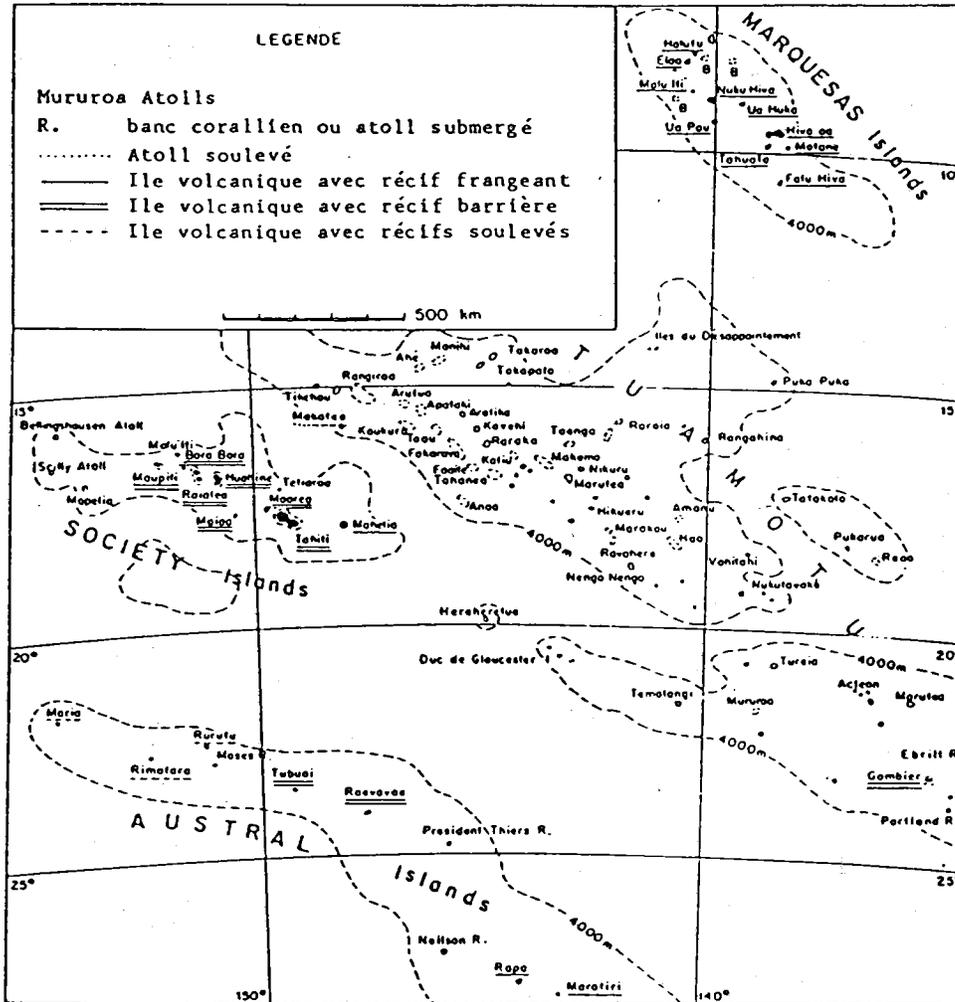


Figure 1: Carte générale de Polynésie Française.

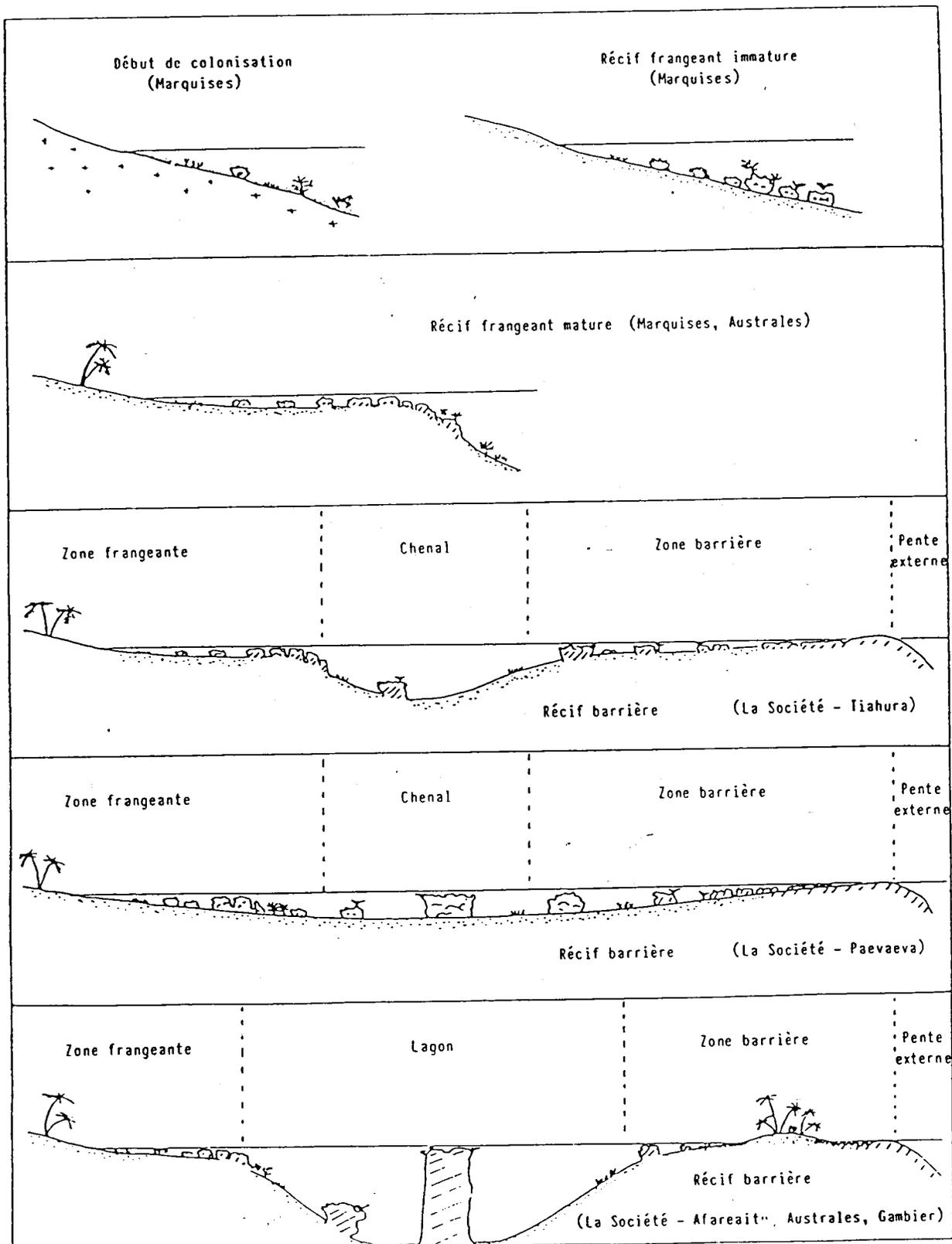


Figure 2: Exemples de types récifaux d'île haute volcanique. Croquis sans échelle. (Entre parenthèse: Archipels dans lesquels le type est bien représenté)

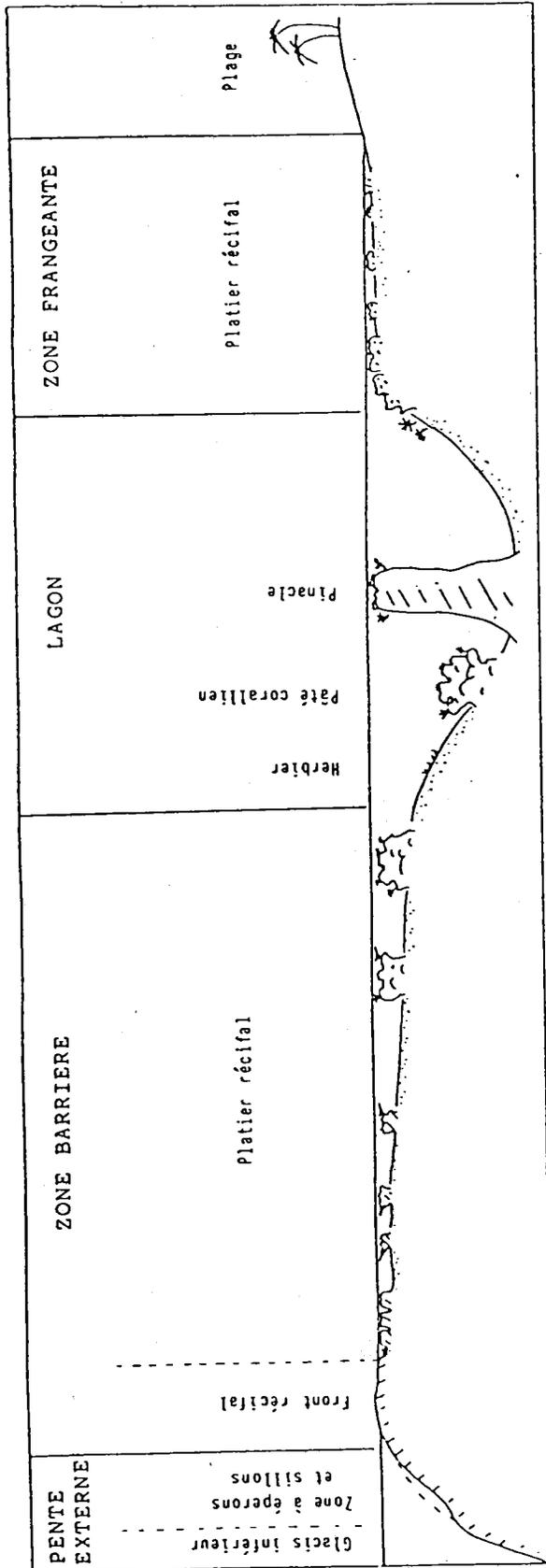


Figure 3: Coupe schématique d'un complexe récifal d'île haute volcanique.  
Croquis sans échelle.

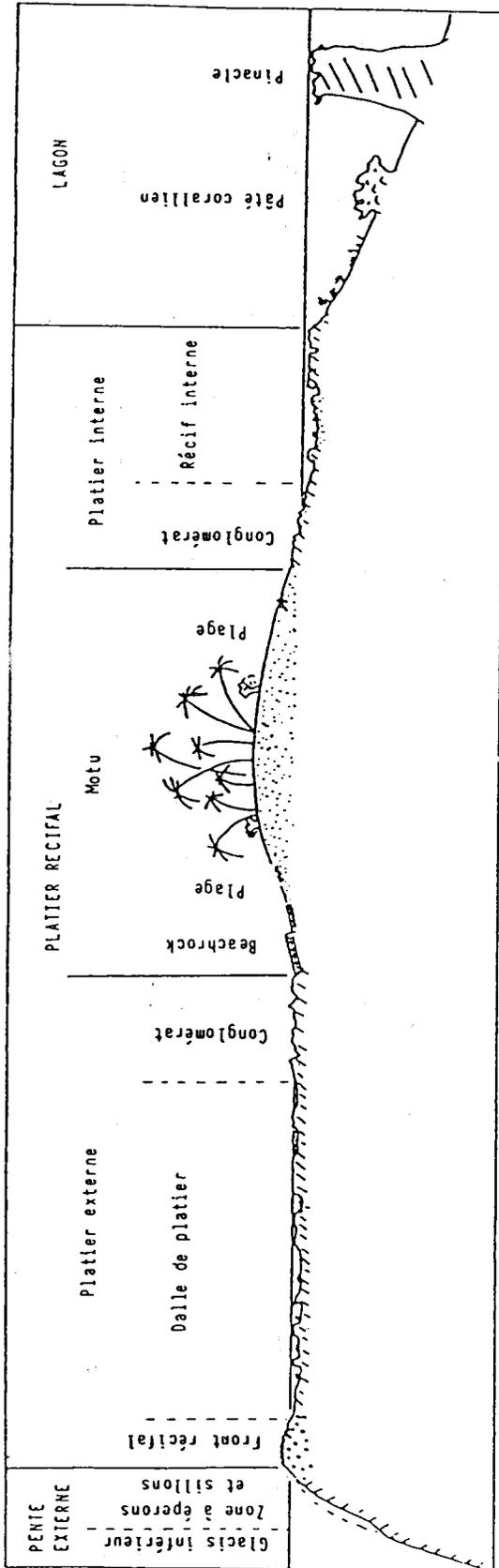


Figure 4: Coupe schématique d'un atoll. Croquis sans échelle.

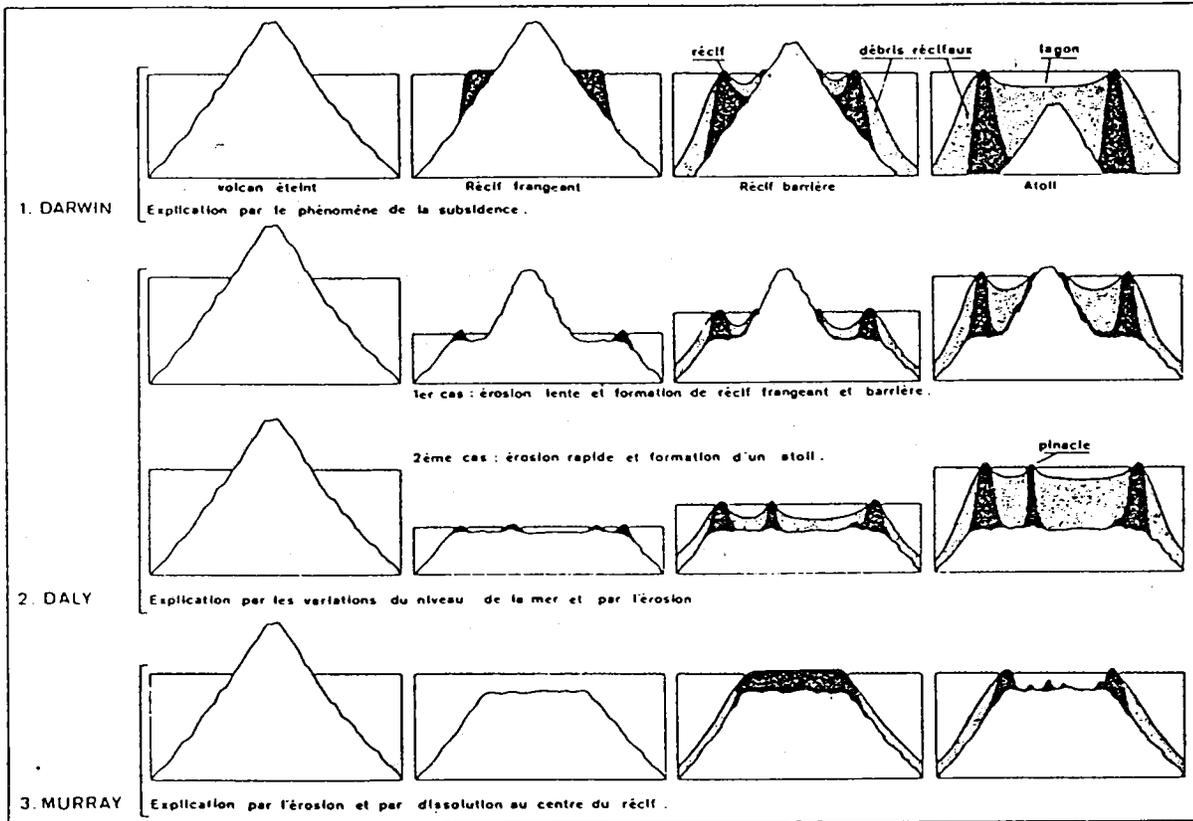


Figure 5: Différentes théories de la formation d'un atoll.

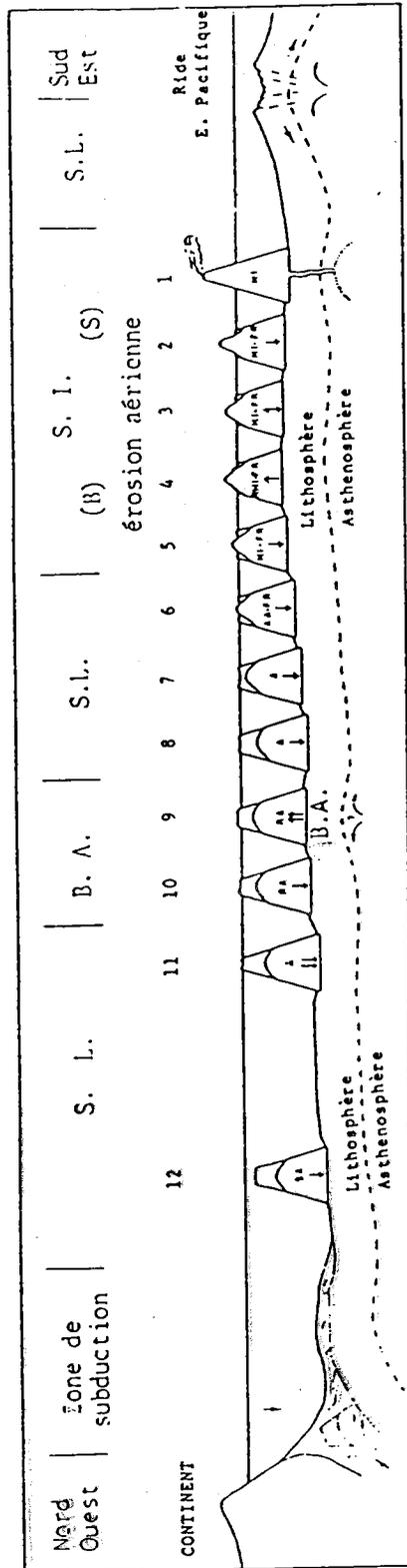


Figure 6: Modèle d'évolution des îles volcaniques et des récifs coralliens sur la plaque lithosphérique Pacifique. Les flèches indiquent les mouvements verticaux. (D'après Scott et Rotondo, 1983; schéma modifié)

**Légende:** S.L. : Subsidence résultant du refroidissement de la lithosphère.  
 S.I. : Mouvement isostatique; (B) = bombement, (S) = subsidence.  
 B.A. : Bombement asthénosphérique.  
 HI : Ile haute; RHI : Ile haute soulevée; FR : Récif frangeant;  
 AA : Presque atoll; A : Atoll; RA : Atoll soulevé; SA : atoll submergé

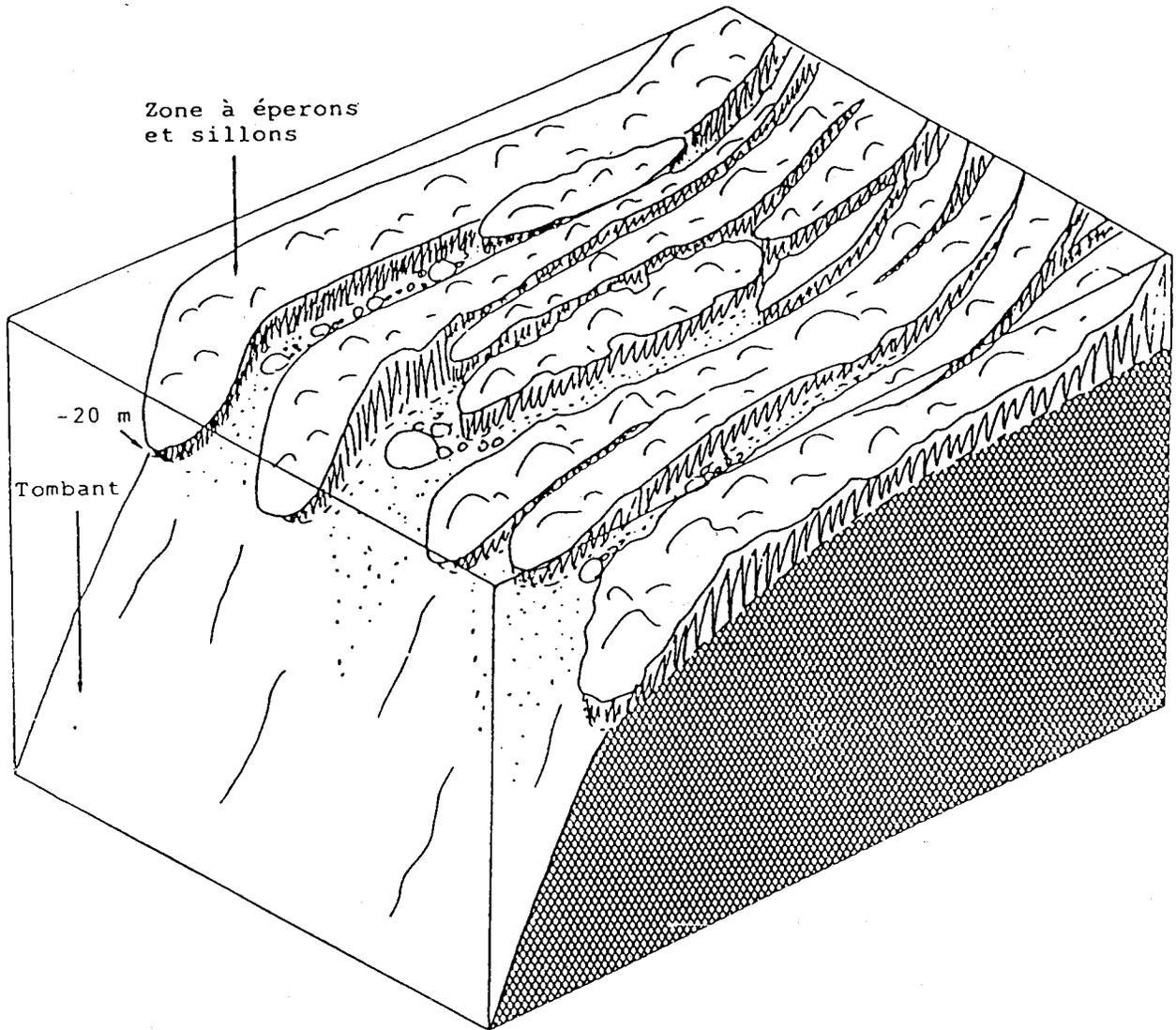
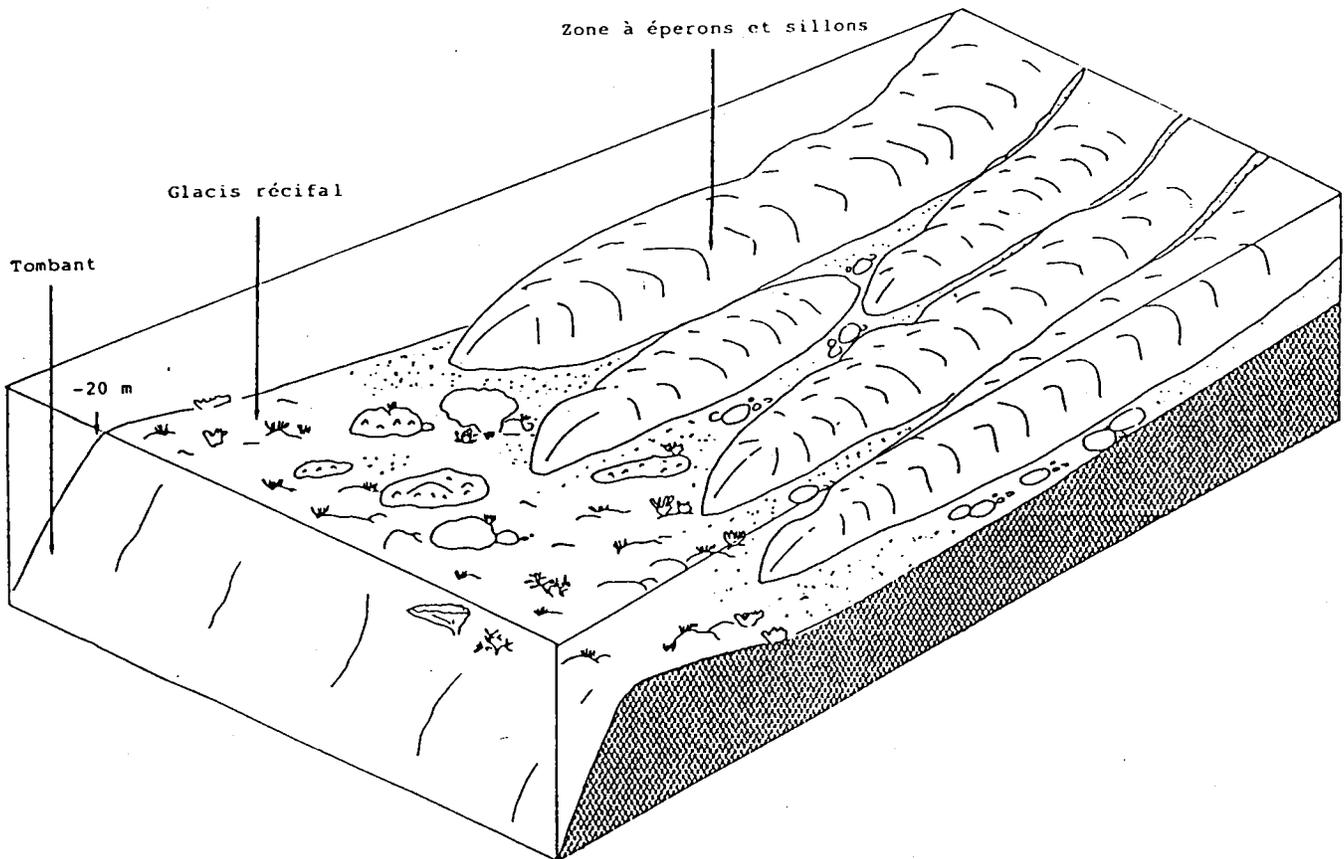
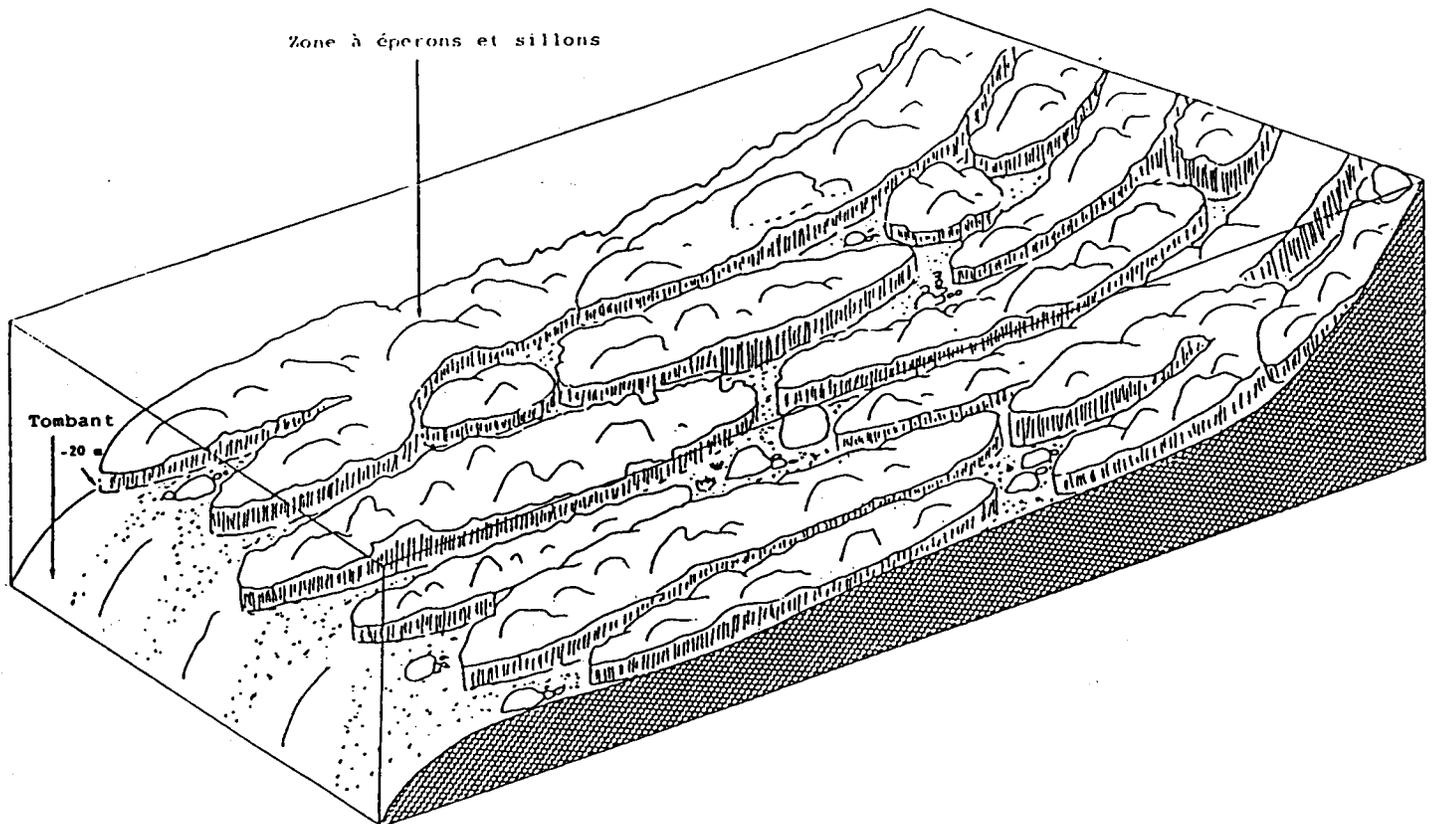


Figure 7-1: Pente externe de type I. Forte inclinaison générale.



**Figure 7-2:** Pente externe de type IIa. Moyenne inclinaison générale et mode calme.



**Figure 7-3:** Pente externe de type IIb. Moyenne inclinaison générale et

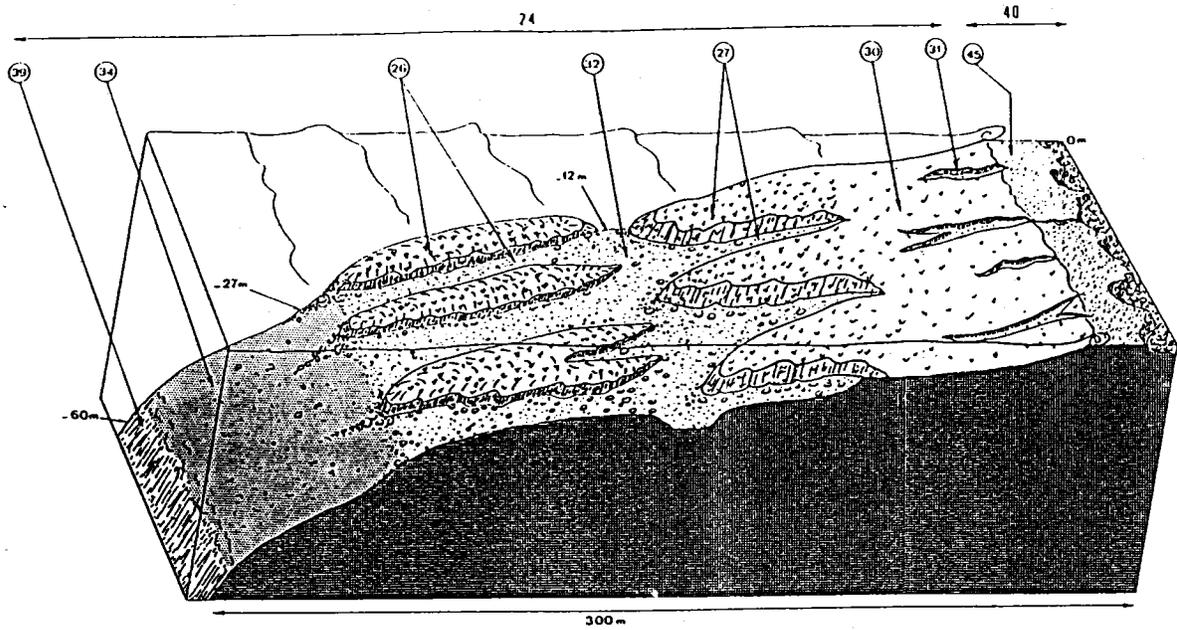


Figure 7-4: Pente externe de type III. Faible inclinaison générale.  
Exemple de la pente externe de Tiahura (MOOREA) d'après Battistini et al. (1975).

Légende:

- |  |  |
|--|--|
| 24 pente externe                       | 32 dépression sous-éperons ou sous-contreforts |
| 26 éperons et sillons de pente externe | 34 glacis inférieur                            |
| 27 contreforts et vallons              | 39 tombant                                     |
| 30 plateforme rainurée                 | 40 platier récifal                             |
| 31 rainures                            | 45 crête externe                               |

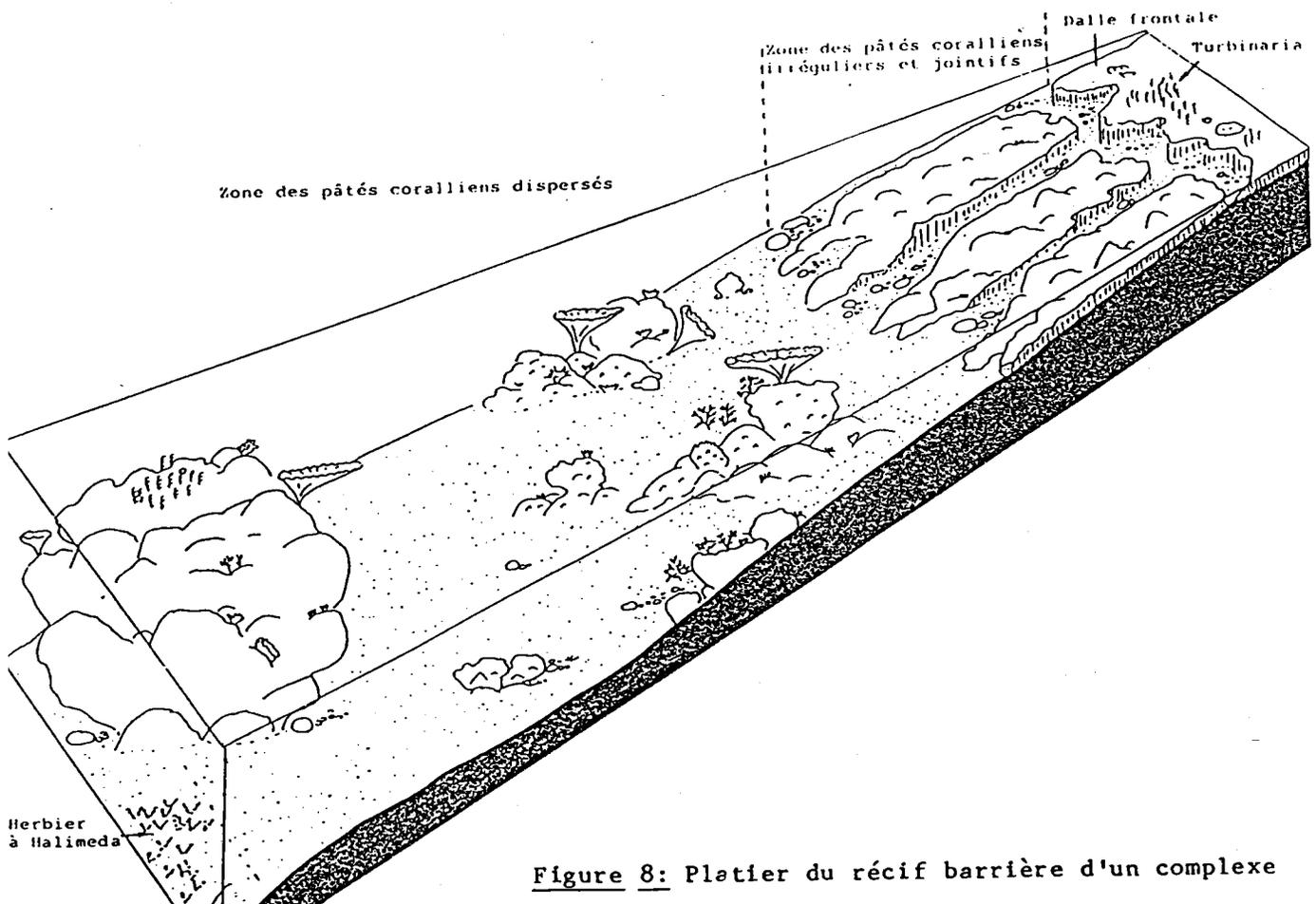


Figure 8: Platier du récif barrière d'un complexe

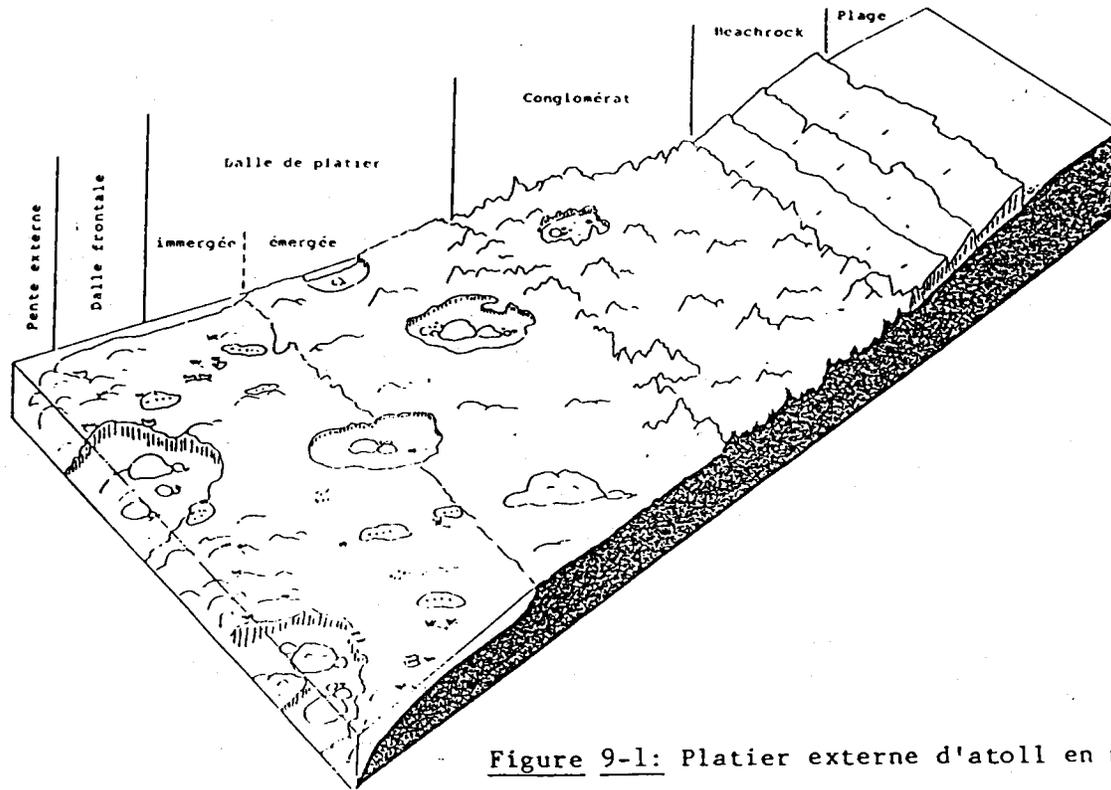


Figure 9-1: Platier externe d'atoll en mode calme.

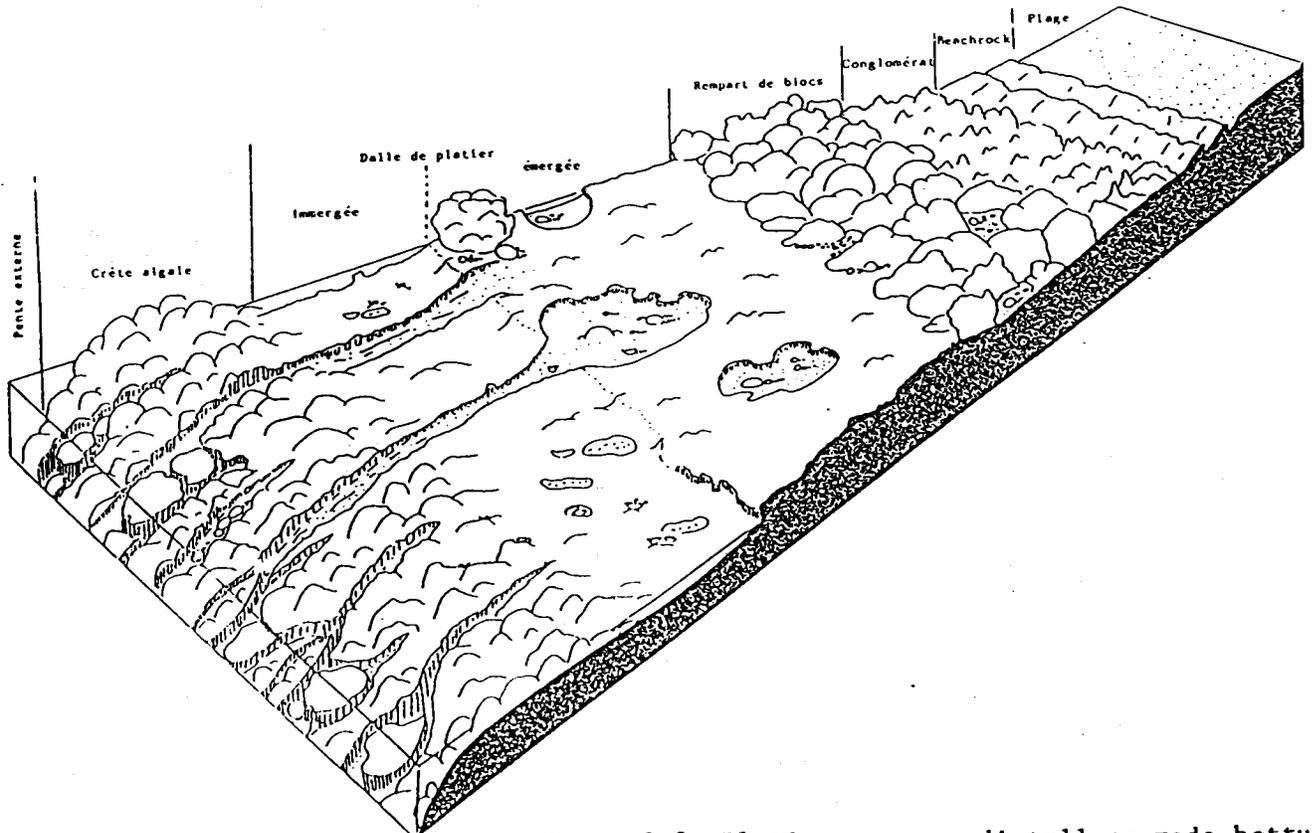


Figure 9-2: Platier externe d'atoll en mode battu.

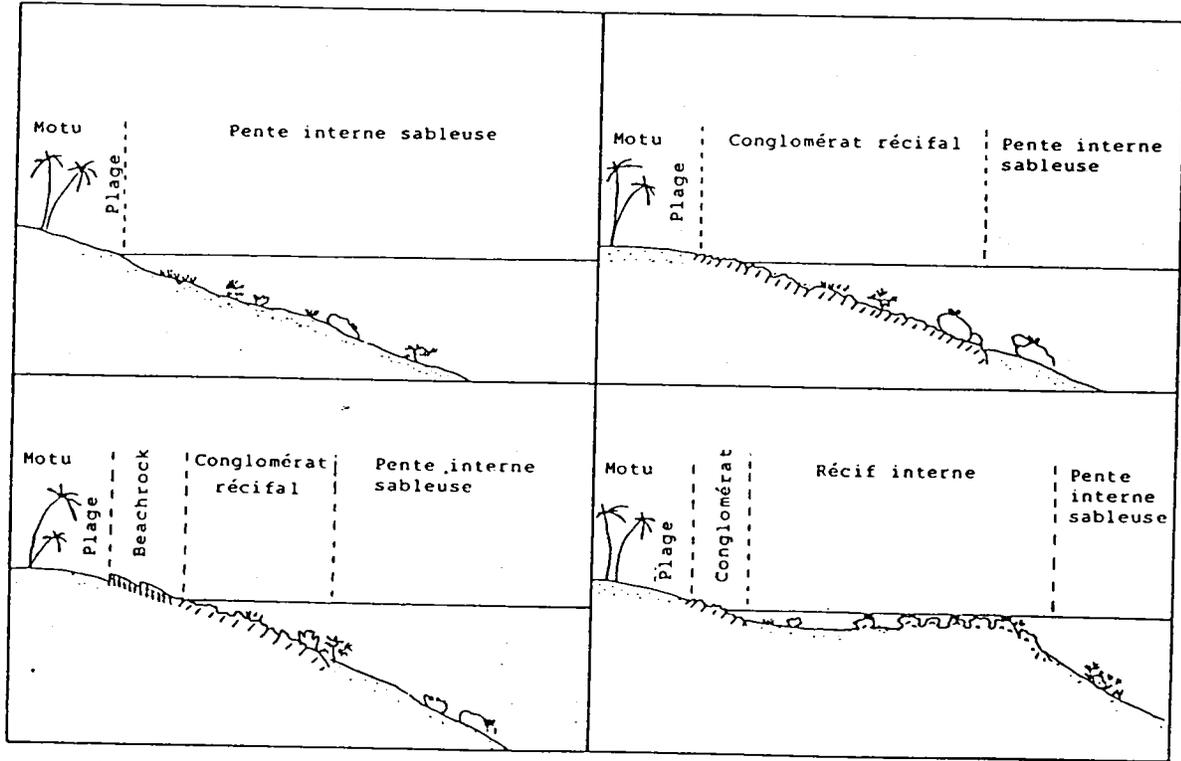


Figure 10: Différentes configurations du platier interne d'un atoll.

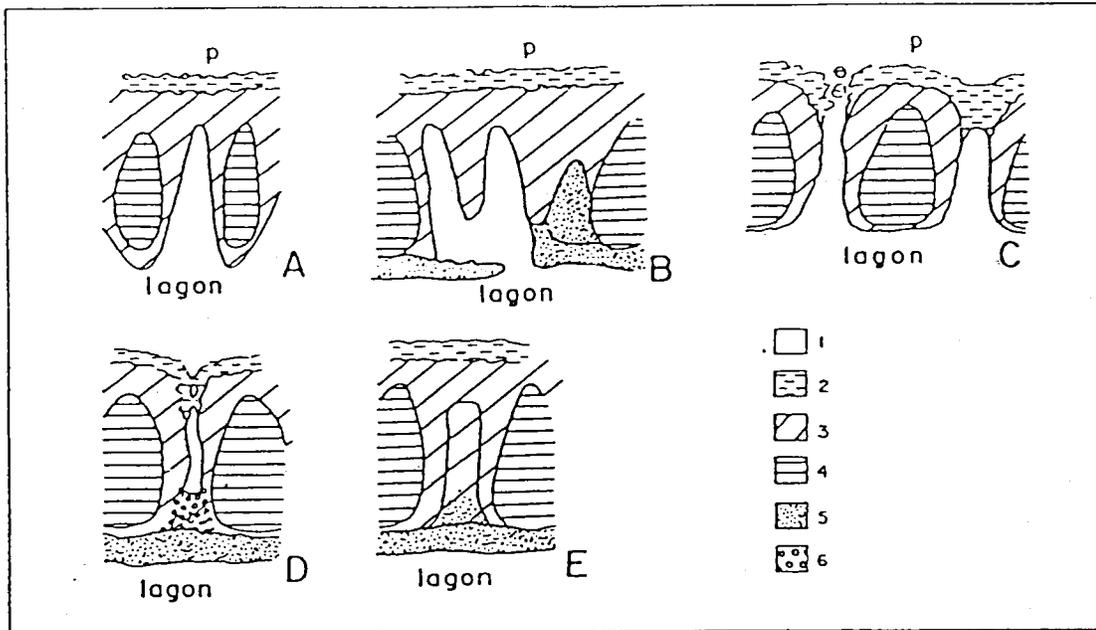


Figure 11: Les différents types de hoa (d'après Chevalier et al., 1968).

Légende:

- A : type I: hoa occasionnellement fonctionnels
- B : type I: hoa occasionnellement fonctionnels peu à peu isolés par des cordons littoraux.
- C : type II: hoa fonctionnels: à droite, le hoa est fonctionnel à marée basse; à gauche, il ne l'est pas.
- D : type III: hoa autrefois fonctionnel colmaté dans sa partie interne.
- E : type IV: ancien hoa, aujourd'hui asséché.
- 1 : zone immergée.
- 2 : zone émergée à marée basse seulement.
- 3 : zone du conglomérat ancien toujours émergée.
- 4 : sédiments meubles récents émergés.
- 5 : cordons littoraux.
- 6 : blocs, graviers récents apportés par la mer.
- p.: platier récifal extérieur.

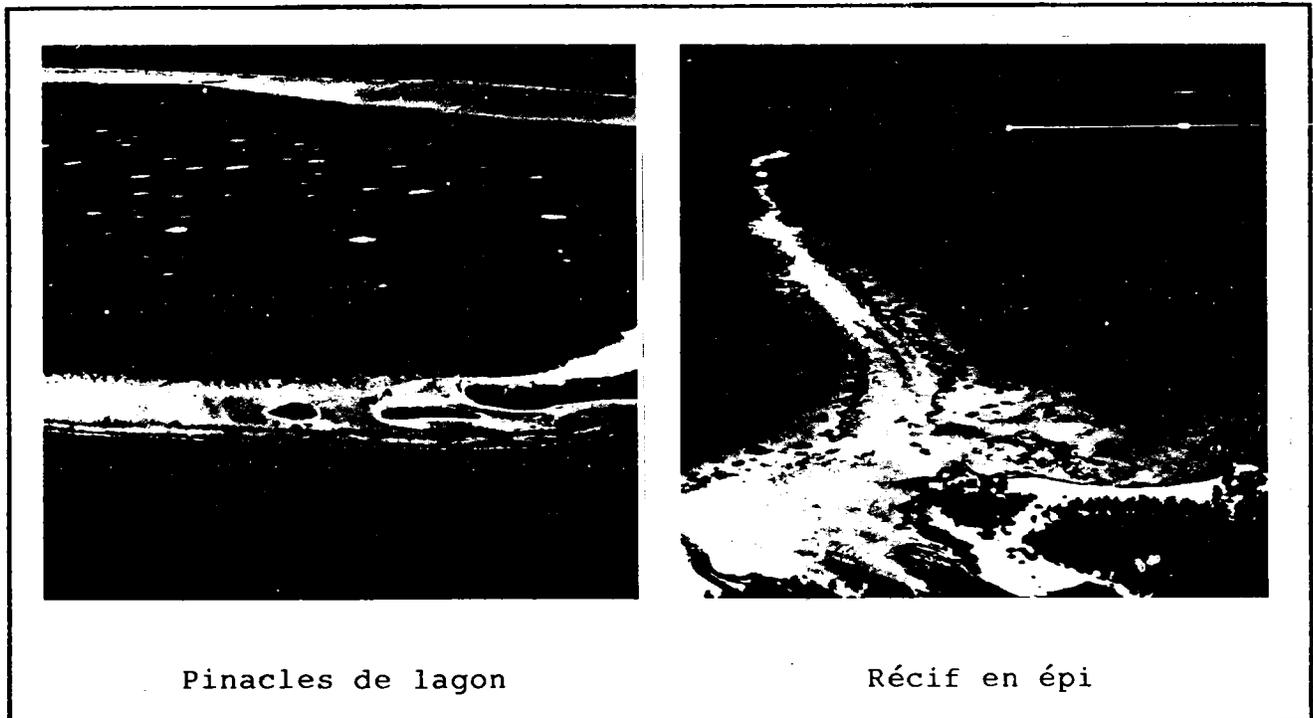


Figure 12: Deux structures de lagon d'atoll (photographies extraites de Battistini et al., 1975).

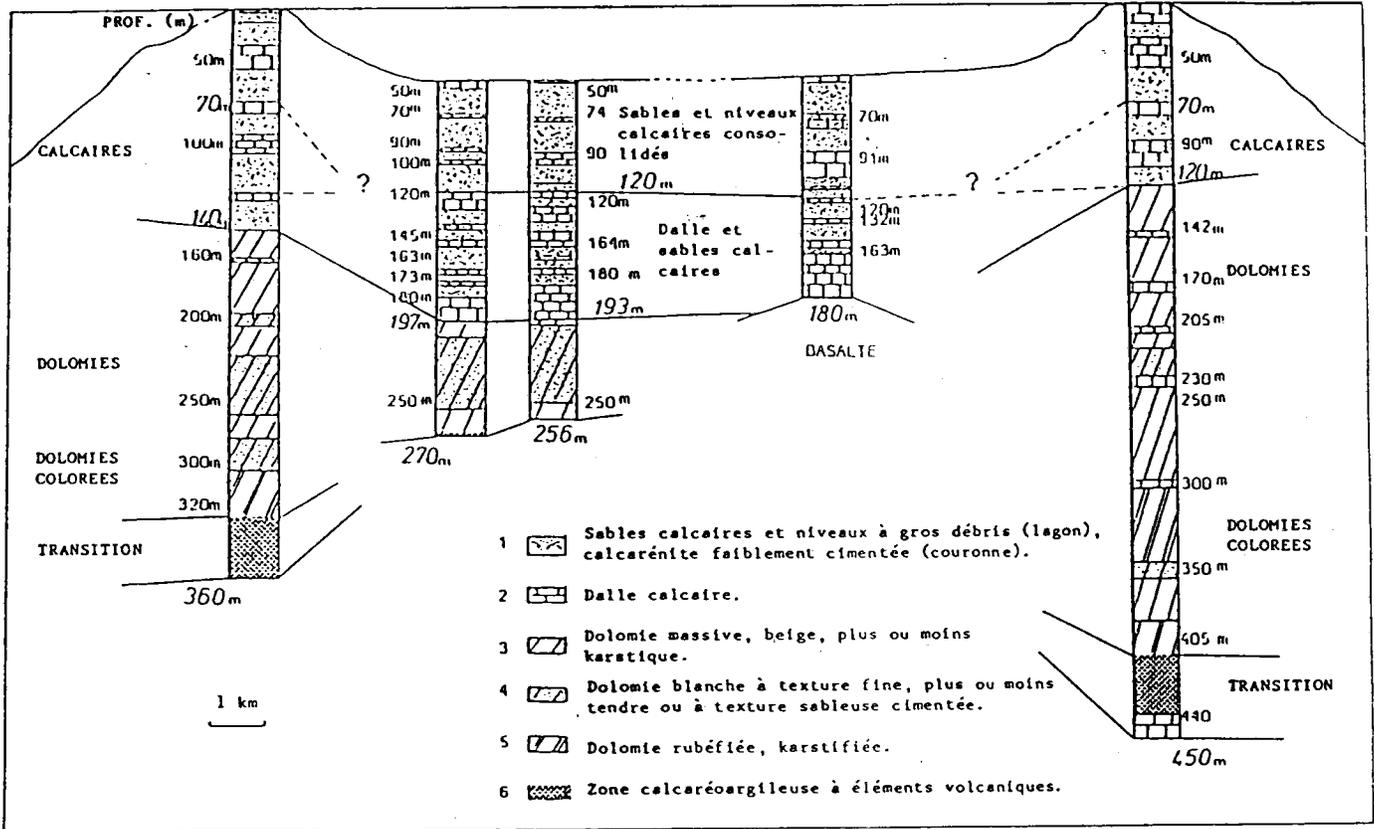


Figure 13: Structure interne de l'atoll de Mururoa (Tuamotu) (d'après Buïgues, 1982).

## CHAPITRE 2

# LE MILIEU LIQUIDE LAGONAIRE EN POLYNESIE FRANCAISE

par

ROUGERIE Francis

## P L A N

### I - CARACTERISTIQUES GLOBALES DE L'OCEAN PACIFIQUE SUD

1. Hydroclimat et dynamique de la couche superficielle
2. Les houles et la marée
3. Les caractéristiques physico-chimiques

### II - LE MILIEU LAGONAIRE LIQUIDE : HYDROLOGIE - COURANTOMETRIE - PHYSICO-CHIMIE

#### 1. Les lagons d'îles hautes

- 1.1. de Tahiti
- 1.2. de Moorea
- 1.3. de Raiatea
- 1.4. autres îles

#### 2. Les lagons d'atolls

- 2.1. Scilly
- 2.2. Mataiva
- 2.3. Rangiroa
- 2.4. Takapoto
- 2.5. Mururoa
- 2.6. Clipperton (hors ZEE)

### III - BILAN ET PERSPECTIVES

La superficie occupée par la Zone Economique Exclusive (Z.E.E.) de Polynésie Française (périmètre des 200 milles) est de l'ordre de 4 millions de km<sup>2</sup>. Dans cette surface, l'ensemble des îles hautes (36) et des parties émergées des atolls (84) répartis sur 5 archipels représente 4 000 km<sup>2</sup> soit 1 % de l'ensemble. La superficie occupée par les lagons atteint quant à elle plus de 7 000 km<sup>2</sup>.

Ces chiffres indiquent que toute étude du milieu lagunaire implique une connaissance minimale des caractéristiques de la couche océanique superficielle, dont les eaux ne font que transiter plus ou moins rapidement dans les réceptacles lagunaires dont la profondeur dépasse rarement 50 mètres.

## I - CARACTERISTIQUES GLOBALES DE L'OCEAN PACIFIQUE CENTRAL SUD

Les eaux océaniques de la Z.E.E. polynésienne sont circonscrites dans la bande 4° sud (nord de Eiao, archipel des Marquises) à 32° sud (sud de Rapa, archipel des Australes) et donc incluses dans le grand gyre anticyclonique du Pacifique Central Sud. L'extrême éloignement des façades continentales américaines, antarctiques et australo-asiatiques font que cette zone marine se trouve au centre de l'hémisphère liquide de la planète (Fig. 1). De ce point de vue, et dans leur ignorance de l'existence des continents, il n'est pas étonnant que les anciens Maoris aient considéré Tahiti comme le nombril de la terre, "**Te pito te fenua**", bien que cette "terre" soit plutôt une "mer", ainsi que l'ont redécouvert les cosmonautes du XXème siècle.

### 1. Hydroclimat et dynamique de la couche superficielle océanique

La Polynésie Française se situe au nord de la ceinture anticyclonique des hautes pressions subtropicales, axée sensiblement est-ouest entre les 30ème et 40ème sud. Elle est donc soumise au régime des alizés de l'hémisphère sud. A l'est du 140° ouest, le champ de pression est généralement élevé et stable, sous l'influence du centre d'action quasi permanent qu'est l'anticyclone de Pâques. A l'ouest du 140° ouest, les cellules anticycloniques sont mobiles d'ouest en est à partir de la Nouvelle-Zélande et font suite à des dépressions polaires d'intensité, trajectoire et vitesse de déplacement très inégales, surtout au cours de l'hiver austral. Sur le Territoire, les vents ont une composante est prédominante : alizés orientés de sud-est à nord-est.

- La fréquence des alizés est de 75 % sur les Marquises et les Tuamotu du nord, 70 % de l'ouest des Iles-Sous-Le-Vent au sud des Tuamotu-Gambier, 65 % sur les Australes et 50 % à Rapa où les vents à composante ouest atteignent pour leur part 40 %. (Cf. publications du Service Météorologique de l'Aviation Civile en Polynésie).

Du fait des interactions étroites entre les mouvements des basses couches atmosphériques et de la couche superficielle océanique, il est pratique de désigner sous le vocable "hydroclimat" l'étude intégrée de ces deux milieux. Les analyses actuelles faites en ce domaine dans la zone polynésienne permettent de définir deux situations types, l'une correspondant à l'été austral (1er trimestre), l'autre à l'hiver austral (3ème trimestre) (ROUGERIE et al., 1980, 1981, 1982).

- Pendant l'été austral (Fig. 2a et 2b)

L'affaiblissement des deux centres de hautes pressions anti-cycloniques centrés sur l'île de Pâques et les Kermadec, entraîne une diminution du régime des alizés d'est et l'établissement de basses pressions relatives en zone tropicale polynésienne. Il peut alors se former un couloir dépressionnaire actif selon l'axe Salomon/Samoa/Cook/Australes, suivant lequel convergent de part et d'autre les vents alizés de nord-est et sud-est.

Cette zone de Convergence des Alizés du Pacifique Sud (Z.C.A.P.S.) représente l'axe de progression privilégié pour un flux océanique de retour vers l'est, le Contre-Courant Equatorial Sud (C.C.E.S.) dont la basse salinité (S 35,5 ‰), acquise en mer des Salomon, est maintenue par les fortes précipitations liées à la zone de convergence. Au nord de cette zone, la dérive océanique de surface porte à l'ouest et constitue le Courant Equatorial dont les eaux ont une salinité de l'ordre de 36 ‰. Les températures de la couche de surface sont élevées, 29° C dans le quadrant nord-ouest de Tahiti, 27° C à l'est du méridien des Marquises et 24° C à Rapa.

- Pendant l'hiver austral (Fig. 3a et 3b)

Les cellules de hautes pressions centrées sur 30° sud se renforcent et entretiennent un fort courant d'alizé sec et frais sur la Polynésie. De l'équateur au tropique sud, la vitesse du Courant Equatorial (flux dirigé vers l'ouest) est alors maximale et peut dépasser 0,5 m/s. Toutefois, il existe à la latitude des Marquises un flux de retour vers l'est (Contre-Courant des Marquises) qui, en cette saison représente probablement le prolongement dans le Pacifique Central du C.C.E.S.. En revanche, entre les îles de la Société et les Cook du Sud, le renforcement hivernal du Courant Equatorial favorise l'extension vers l'ouest de l'Eau subtropicale Sud : cette eau est la plus salée de tout l'Indo-Pacifique (S 36,5 ‰) et se forme dans la zone aride au nord-est des Tuamotu-Gambier où l'évaporation vraie (Evaporation-Précipitations) dépasse 80 cm/an.

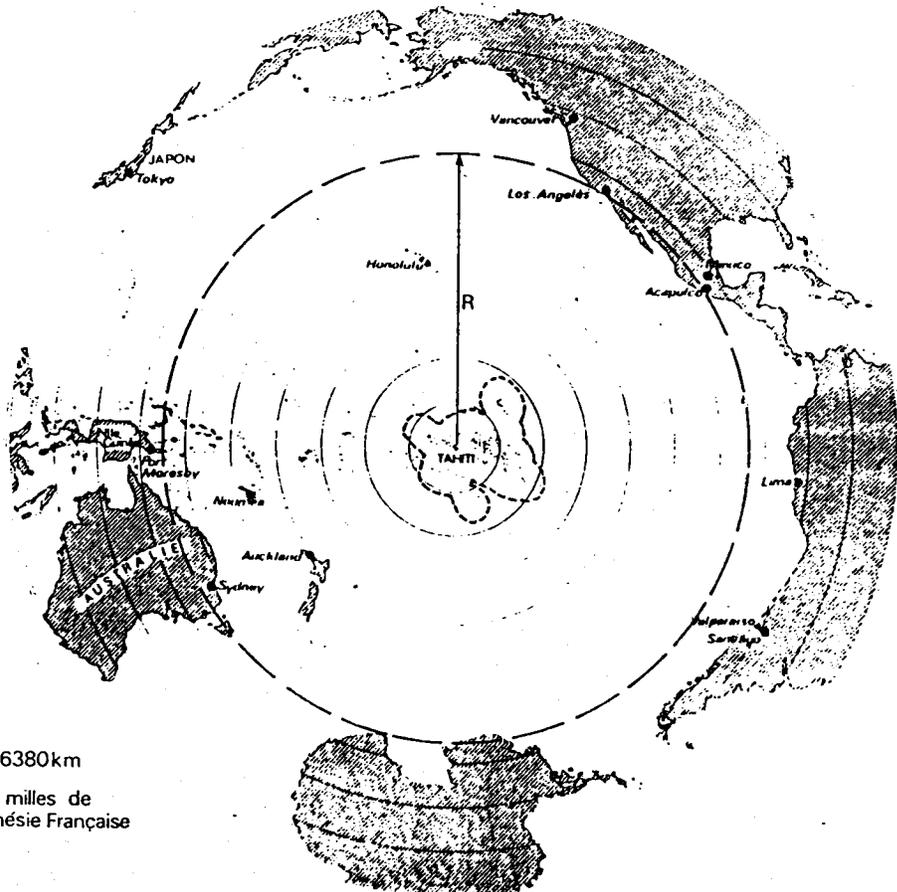
A Tahiti, les températures océaniques minimales du mois d'août sont de 26° C et décroissent de 1° C/ degré de latitude en direction du Tropique Sud. A Rapa, le minimum est de l'ordre de 18° C, limite inférieure de survie des madrépores coralliens.

## 2. Les houles et la marée

Ces phénomènes qui mettent en jeu des énergies considérables, se traduisent à leur arrivée sur les côtes et les lagons par des modifications spectaculaires de l'état moyen : jets de rive, déferlements sur les récifs frangeants et les barrières coralliennes, surcote et ensachage des lagons, accélérations des courants de passe, etc....

### 2.1. Les houles

Du fait de la prédominance des régimes d'alizés soufflant du secteur sud-est (Fig. 4a) une houle en provenance de cette direction est souvent observée en zone tropicale polynésienne et constitue la "mer du



R = rayon terrestre 6380km

limites des 200 milles de la ZEE de Polynésie Française

fig. 1

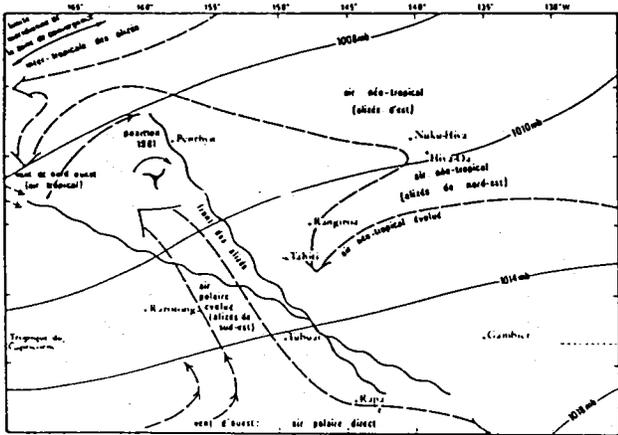


Fig. 2a - ÉTÉ AUSTRAL - SITUATION ISOBARIQUE MOYENNE ET CIRCULATION À 1000mb. (d'après CAUCHARD & INCHAUSPE)

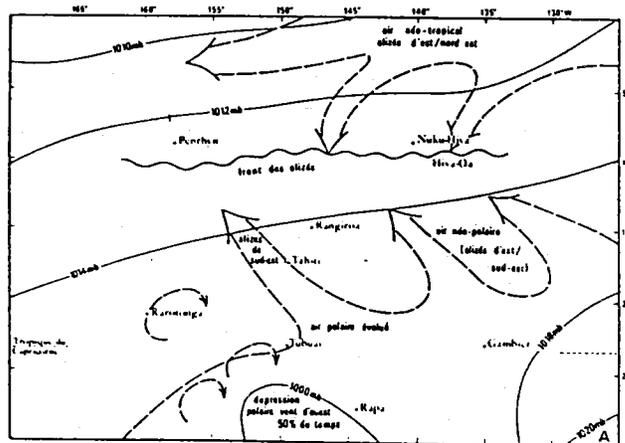


Fig. 3a - HIVER AUSTRAL - SITUATION ISOBARIQUE MOYENNE ET CIRCULATION À 1000mb.

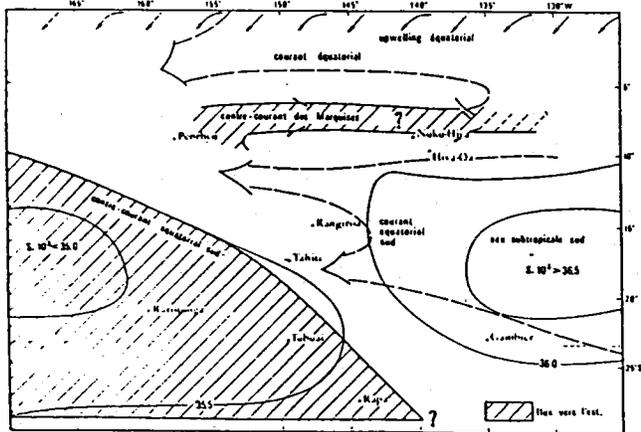


Fig. 2b - ÉTÉ AUSTRAL - SITUATION HYDROLOGIQUE MOYENNE ET CIRCULATION

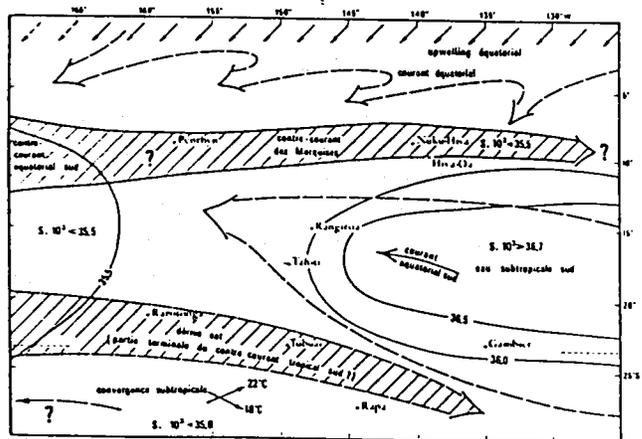


Fig. 3b - HIVER AUSTRAL - SITUATION HYDROLOGIQUE MOYENNE ET CIRCULATION

vent", avec des creux de 1 à 3 mètres et une période de 6 à 9 secondes (Fig. 4b).

Un deuxième type de houle plus énergétique est classiquement rencontrée pendant l'hiver austral en provenance du sud-ouest ; cette houle générée dans les hautes latitudes antarctiques par les dépressions polaires peut atteindre 3 à 4 mètres de creux aux îles de la Société et aux Tuamotu où elle provoque l'ensachage des lagons ; sa période est de 7 à 10 secondes. Un troisième type de houle affecte épisodiquement la Polynésie par le secteur nord à nord-ouest pendant l'été austral. Ce train de houle très énergétique est une conséquence des tempêtes hivernales de la zone Kourile-Aleoutiennes et du golfe de l'Alaska, où la concavité de la côte provoque une forte réflexion de l'énergie vers le sud. C'est ainsi qu'à partir de creux de 12 mètres dans le golfe de l'Alaska au jour J, et en prenant une vitesse de propagation moyenne de 80 km/heure, on observe une amplitude de 8 mètres à Hawaii au jour J + 2 et 4 mètres à Tahiti au jour J + 4. La prévision d'arrivée de cette houle sur les côtes nord de Tahiti est systématiquement faite, à partir d'Hawaii, par les adeptes du surf pour qui ces vagues permettent les plus belles chevauchées. Le houlographe (bouée Datawell) installé au large de la digue de port de Papeete (côte nord-ouest) détecte parfaitement ce dernier train de houle.

Les dépressions et cyclones tropicaux (vents supérieurs à 116 km/heure ordonnés autour d'un centre de basse pression) engendrent pour leur part des houles exceptionnelles pouvant dépasser 10 mètres de creux et dont le sens de propagation est fonction de la trajectoire du cyclone. Dans ce cas, la diminution de la pression atmosphérique crée une surélévation du niveau moyen de la mer, de 1 cm par millibar de dépression ; l'enregistrement fait à Tahiti au cours du passage des cyclones REVA et VEENA (mars et avril 1983) à 120 km dans l'est illustre bien l'importance du phénomène de surélévation (Fig. 5a).

Enfin, on ne peut totalement négliger la possibilité d'arrivée, sur les îles polynésiennes d'un raz de marée ou Tsunami, bien que la probabilité qu'un pareil phénomène puisse devenir dangereux reste faible du fait de la dimension modeste des îles par rapport à la longueur d'onde des "lames de fond" (200 à 300 km). La prévision d'arrivée d'un Tsunami est assurée par les soins d'un réseau d'alerte infra Pacifique, le "Tsunami Warning" dont le maillon polynésien est le "Laboratoire de Géophysique" du C.E.A. à Tahiti-Pamatai. L'efficacité du réseau d'alerte repose sur le fait que les ondes sismiques (détectées par sismographe) se propagent beaucoup plus vite dans la lithosphère que les ondes créées dans l'océan, bien que pour une profondeur océanique de 5 km comme dans le cas du Pacifique, celles-ci atteignent la vitesse de 700 km/heure. Pour des épacentres situés au niveau des grandes failles du Pacifique (Amérique, Japon ect...) la prévision d'alerte à Tahiti est donc d'une dizaine d'heures.

## 2.2. La marée

En Polynésie, la marée océanique est de type semidiurne à faible inégalité, la marée haute se produisant généralement vers midi et minuit. Des marégraphes sont installés à Tahiti (2), à Nuku-Hiva (îles Marquises) à Mururoa et Rikitea (Gambier) et dépendent de plusieurs organismes (SHOM, Laboratoire de Géophysique, Université d'Hawaii). Ce réseau est à peine suffisant pour avoir une connaissance synoptique des pulsations de l'onde

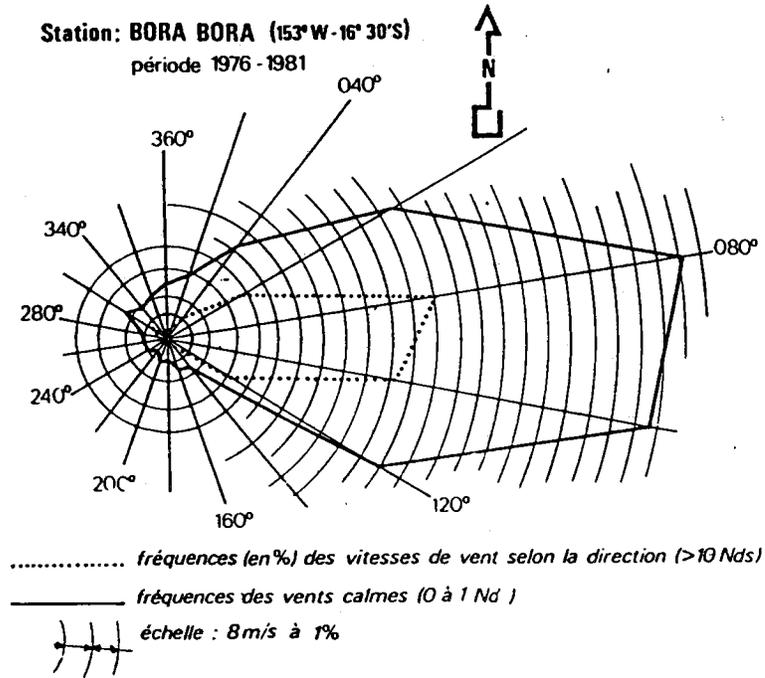


fig. 4a — Rose des vents.

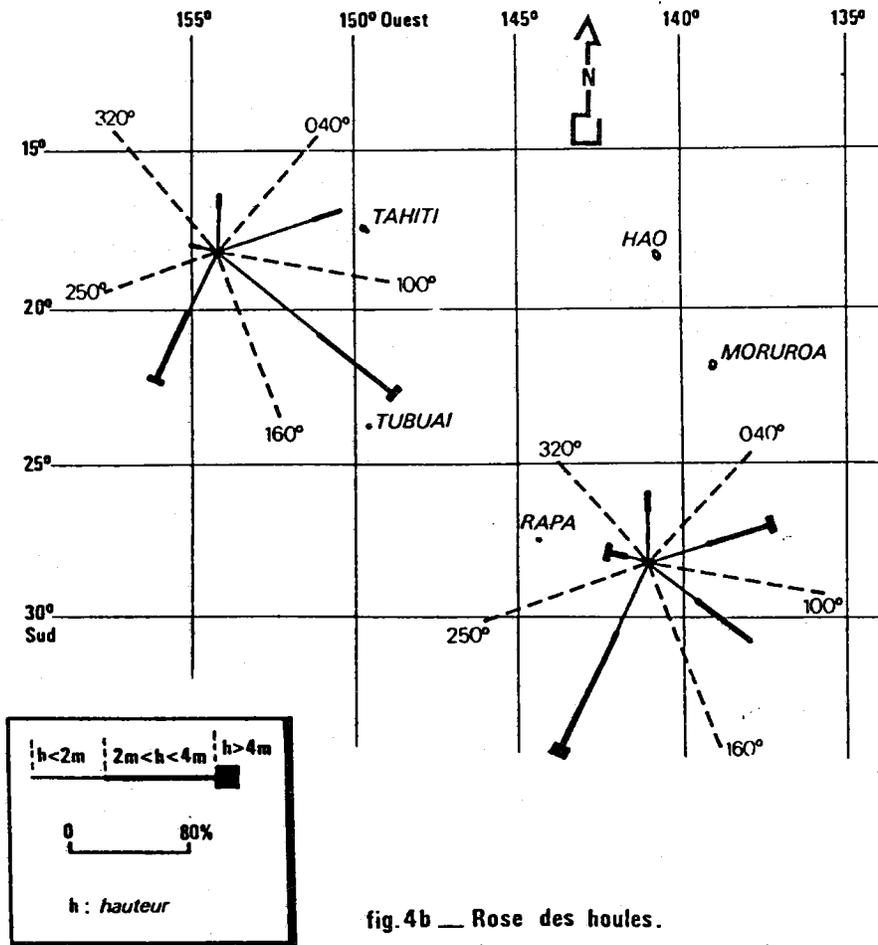


fig. 4b — Rose des houles.  
(Service de la Météorologie).

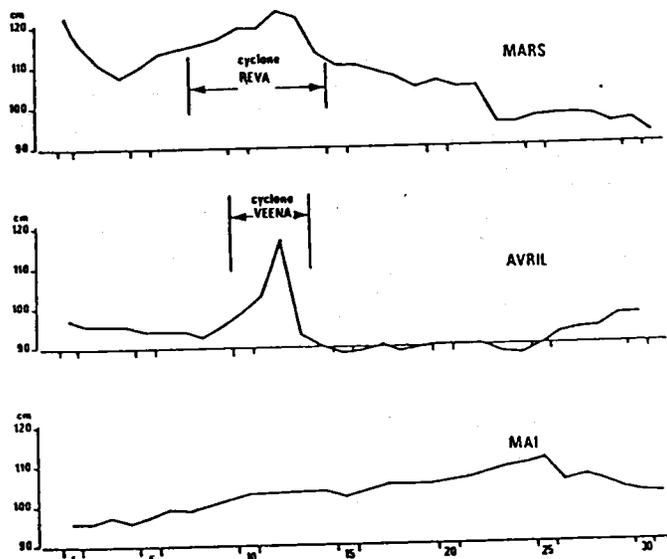


fig 5a — Surélévation du niveau océanique à Tahiti.  
 (l'onde de marée a été filtrée  $\pm 15cm$ )  
 (date du passage des cyclones à l'est de Tahiti  
 entre 15° et 18° sud en 1983.)

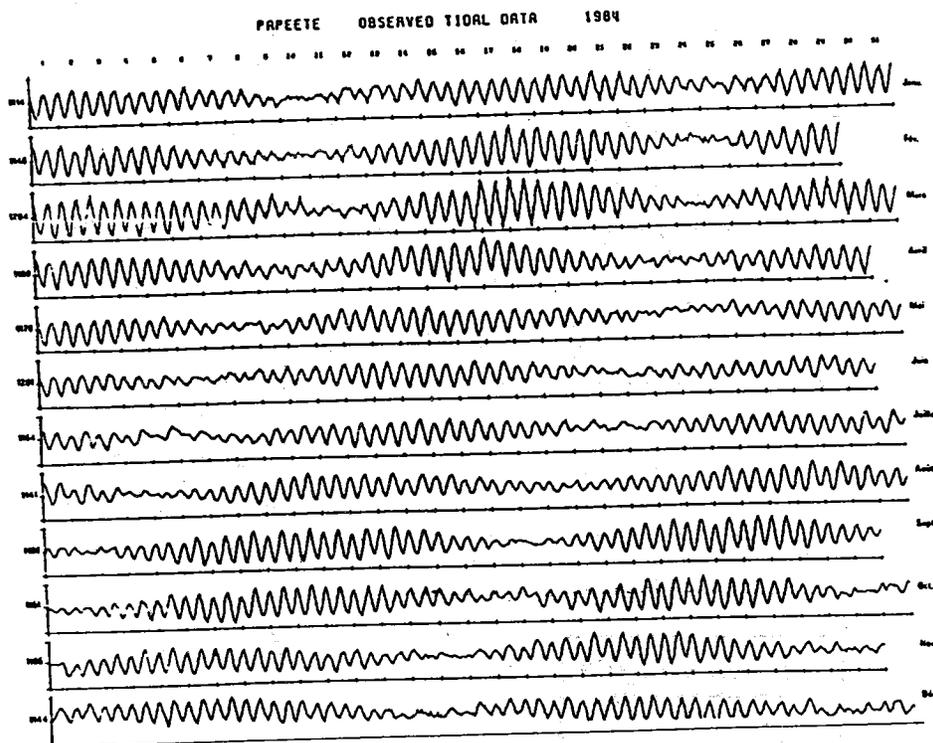


fig 5b — La marée au port de Papeete en 1984.  
 (le chiffre indique le niveau moyen du mois considéré, en millimètres, le trait horizontal  
 est à -250mm)

de marée dans toute la Polynésie, des différences importantes pouvant être notées d'un archipel à l'autre. Dans la zone marine tahitienne l'amplitude moyenne est seulement de l'ordre de + 15 cm, à cause de la présence dans le nord-est de la Société d'un point amphidromique (CHEVRE, 1971). Ainsi, pour un niveau moyen établi à 30 cm, la hauteur de la mer varie entre 0,3 et 0,4 en marée de vive eau. La figure 5b montre l'enregistrement effectué en 1982 par le marégraphe installé dans le port de Papeete. Les anomalies hydroclimatiques de l'été austral 1983 se sont traduites, outre les dépressions et cyclones, par une baisse exceptionnelle du niveau océanique moyen, pendant le mois d'avril. Cette baisse de l'ordre de 20 cm à Tahiti, a également affecté les Tuamotu du Nord et a entraîné une exondation permanente des récifs frangeants. Les explications proposées pour expliquer ce phénomène (ROUGERIE, WAUTHY, 1983) font intervenir l'inversion de la pente océanique et le renforcement considérable en largeur et en vitesse du système des contre-courants de retour vers l'est.

### 3. Caractéristiques physico-chimiques

Les premières données océaniques recueillies dans la Z.E.E. polynésienne datent de l'arrivée en 1965 du N.O. Coriolis et des premières missions dans l'est des Tuamotu ; ces missions ATOLL et BRISANTS furent suivies par les missions DIADEME (1967), CARIDE (1969-1970) puis HYDROTHON (1978 et 1982).

Il s'y ajoute quelques campagnes japonaises et américaines (NORPAX 1979-1980) et depuis 1978 l'apport des missions du "BCB MARARA". D'après ces données on peut établir les caractéristiques moyennes des eaux de la couche superficielle océanique sur une épaisseur de 50 mètres, ce qui correspond à la profondeur maximale des lagons polynésiens ; les caractéristiques du niveau 500 mètres sont également données en références.

Tableau 1

	Température	Salinité	Sels Nutritifs dissous (mmole/m <sup>3</sup> )				Oxygène dissous	pH	Seston	Chlorophylle a
	(T° C)		(S ‰)	Phosphates (PO <sub>4</sub> -P)	Silicates (SiO <sub>3</sub> -Si)	Nitrites (NO <sub>2</sub> -N)	Nitrates (NO <sub>3</sub> -N)	ml/l	unité	mg/m <sup>3</sup>
Couche océanique de surface (0-50 mètres)	30 ±	34,5	0,5	1,5	< 0,1	0,5	> 6 (saturation)	8,3	< 1	0,1
	18 (RAPA)	36,5								
Niveau 500 mètres	10 ± 8° C	34,5	2	25	< 0,1	10	4	7,5		

On peut remarquer que les variations thermohalines saisonnières ne s'accompagnent pas de modifications équivalentes pour les autres paramètres physico-chimiques. Les teneurs en sels nutritifs dissous sont toujours très basses et font que la couche superficielle océanique polynésienne a un caractère d'oligotrophie très marqué. Les concentrations en chlorophylle sont en surface de l'ordre de  $0,1 \text{ mg/m}^3$  ce qui situe cet écosystème comme l'un des moins productifs de l'océan mondial. En subsurface, vers 100-150 mètres existe une couche où la production primaire est plus importante : la diffusion verticale des sels nutritifs y devient notable alors que l'énergie lumineuse n'est pas encore totalement atténuée, ce qui permet un certain développement du phytoplancton.

Au plan des gaz dissous, les teneurs en oxygène sont élevées et généralement supérieures à la valeur de saturation. Quant au seston il est très faible, les eaux du Pacifique central étant justement réputées pour leur transparence et leur couleur bleue outre-mer.

Une liste des travaux océanographiques et météorologiques concernant la zone marine polynésienne est donnée en bibliographie (1).

## II - LE MILIEU LIQUIDE LAGONAIRE : Hydrologie - Courantométrie - Physico-chimie...

Si la superficie occupée par la centaine de lagons polynésiens, (84 lagons d'atoll + lagons d'îles hautes) ne représente que le 1/1000ème de la ZEE, le rapport volumique lagon/océan est encore plus faible. En prenant en première approximation 20 mètres comme profondeur moyenne de l'ensemble des lagons et 4 000 m pour la zone océanique, on obtient un rapport inférieur à 1/100.000ème. L'eau incluse dans les lagons ne constitue donc qu'une infime partie de la masse océanique et ne saurait, lorsqu'elle est réincluse dans la circulation générale, altérer notablement les propriétés de la couche de surface océanique. Il est toutefois évident que les systèmes lagunaires jouent un rôle majeur dans certaines activités humaines et que leur connaissance doit constituer le préalable à toute tentative de développement et de gestion rationnelle des zones côtières et des atolls.

### 1. Les lagons d'îles hautes

Ces lagons sont surtout développés autour des îles Australes, des Gambier et des îles de la Société, où ils peuvent constituer une ceinture quasi ininterrompue. De profondeur moyenne de l'ordre de 10 à 15 mètres et de largeur généralement comprise entre 100 et 1 000 mètres, ils sont ouverts sur l'océan par des passes habituellement situées dans l'axe des vallées. Le navigateur J. COOK (1769) avait d'emblée deviné la relation entre ces hiatus du récif barrière et la nécessaire évacuation des eaux douces ou saumâtres issues du ruissellement sur les reliefs. La circulation propre d'un secteur lagonaire peut également rendre compte de la présence de passes, puisque celles-ci fonctionnent le plus souvent dans le sens lagon-océan, en permettant l'évacuation de l'excès d'eau accumulé par la marée, le vent, les houles, etc....

En fait chaque lagon et même chaque secteur lagonaire constitue un écosystème différencié dont les caractéristiques sont fonction de la topographie des récifs et des passes, de la bathymétrie, de l'exposition

aux vents dominants et des flux d'effluents liquides ou solides qui s'y déversent. Aussi, plutôt que de réunir en une seule synthèse forcément simpliste l'ensemble des données réunies sur ces lagons, il paraît préférable d'exposer les résultats essentiels portant sur les sites les mieux étudiés pendant la dernière décade.

### 1.1. Les lagons de Tahiti (Fig. 6)

#### a) VAIRAO : (ORSTOM/CNEXO, 1976) (RICARD, 1976)

Situé sur la côte ouest de la presqu'île, ce lagon fait l'objet d'études approfondies puisqu'il abrite depuis 1972 le Centre Océanographique du Pacifique (CNEXO), dont les activités aquacoles portent sur les crustacés, poissons et bivalves.

Une première étude de site faite en 1974 et 1975 par l'ORSTOM et le Muséum d'Histoire Naturelle permettait de définir les caractéristiques globales de ce lagon, le plus étendu et le plus profond des lagons de Tahiti : les caractéristiques hydrologiques sont peu différentes de celles de la couche de surface océanique, le rôle des influences terrigènes étant minime. De même, la dilution entraînée par les eaux de ruissellement est de l'ordre de 0,3 unités de salinité, ce qui correspond à une proportion de moins de 1 % d'eau douce. Les teneurs en sels nutritifs phosphatés et azotés sont très proches de celles de la couche de surface et ne dépassent pas 0,7 et 0,9 mmole/m<sup>3</sup>. En revanche, les teneurs en silicates sont de 2 à 6 fois supérieures aux valeurs océaniques (2 mmole/m<sup>3</sup>).

Le suivi effectué depuis 10 ans par le COP montre que lors des fortes crues des rivières, les teneurs en silicates peuvent atteindre jusqu'à 100 fois la valeur océanique, le rapport étant de l'ordre de 10 à 20 pour les autres nutriments. Au plan de la production primaire, les eaux de ce lagon ont une teneur moyenne en pigments chlorophylliens de 0,4 mg/m<sup>3</sup>, soit 4 fois la valeur océanique de surface. L'oxygénation des eaux est toujours de l'ordre de 5 à 6 ml/l et donc supérieure à la valeur de saturation. On ne connaît pas de façon précise les caractéristiques de la circulation dans ce lagon mais la transparence des eaux indique un temps de résidence assez court : la sélection de ce site pour des opérations d'aquaculture s'avère donc un choix judicieux confirmé par le maintien de la qualité des eaux depuis 10 ans.

#### b) Baie de PORT-PHAETON (ROUGERIE, RICARD, 1980)

Fortement enclavée dans les terres, la baie de Port-Phaeton échancre profondément l'isthme de Taravao et s'ouvre par le sud sur l'océan (passe de Teputo) et sur le lagon ouest de la presqu'île de Tiarapu. Sur plus de la moitié de sa superficie, la baie a une profondeur inférieure à 5 mètres, les sédiments terrigènes de la partie nord étant progressivement remplacés vers le sud par les dépôts organogènes et des récifs coralliens affleurants. Deux séries de mesures hydrologiques et physico-chimiques effectuées en mars (fin de la saison des pluies) et en juin 1980 (début de la saison sèche) permettent d'établir la fiche signalétique de la baie dont les eaux ont une teneur en substances nutritives dissoutes équivalentes à celles du lagon de Vairao. Les teneurs en seston varient de 2 à 10 mg/l en fonction du degré de confinement des eaux et des précipitations. Au plan de



la productivité, les teneurs en pigments chlorophylliens sont peu élevées et sont plus proches des valeurs moyennes des eaux côtières de Tahiti (0,1 à 0,2 mg/m<sup>3</sup>) que de celle du lagon voisin de Vairao (0,4 mg/m<sup>3</sup>). On est ainsi amené à invoquer la présence, dans les eaux de Port-Phaeton, d'un mécanisme inhibant partiellement la photosynthèse planctonique qui n'utiliserait de ce fait qu'une fraction des nutriments disponibles. En période sèche, l'énergie lumineuse incidente est maximale et la trop forte irradiation ultra-violette peut effectivement abaisser le rendement photosynthétique de la couche superficielle surchauffée. En période très pluvieuse, la présence de la couche dessalée superficielle peut également constituer une entrave au développement du phytoplancton par son effet mécanique et ses effets induits : forte turbidité créant un phénomène de "shelf-shading" pour les couches sous-jacentes, brutale augmentation des teneurs en éléments libérés par l'érosion naturelle du relief (titane, magnésium, fer, etc...) et, éventuellement, entraînement d'effluents artificiels (pesticides, détergents, etc...). La possibilité d'imprégnation de la bande côtière par des molécules issues de la dégradation de certains végétaux toxiques comme le *Barrintonia asiatica*, n'est également pas à exclure.

Le renouvellement des eaux de la baie dépend directement du régime des vents : il est important lorsque les alizés bien établis évacuent vers la passe la couche superficielle dessalée et riche en particules, mouvement compensé en profondeur par une pénétration d'eau océanique en direction du goulet nord. Cette circulation, de type "estuaire" est favorisée par l'absence de seuil et la relative profondeur dans l'axe de la baie. Elle s'oppose donc au confinement des eaux et constitue le mécanisme essentiel de préservation de l'écosystème. Par calme plat ou vent inférieur à 5 noeuds (30 % du temps) le temps de résidence doit augmenter notablement en même temps que certains déséquilibres peuvent s'amorcer : diminution de la teneur en oxygène dissous, augmentation du pH, formation de poches d'eau dessalées et surchauffées, etc.... Ces déséquilibres, dont les états limites ne sont pas connus précisément, illustrent la fragilité de ce milieu semi-confiné qui réunit des caractéristiques propres aux lagons et aux estuaires et dont un modèle du fonctionnement schématisé est proposé en figure 7.

Il est noté en conclusion que les projets d'aménagement de la baie de Port-Phaeton devraient tenir compte de l'expérience acquise en d'autres sites similaires comme la baie de Kaneohe (archipel des Hawaii) dont l'écosystème s'est trouvé gravement déséquilibré par l'arrivée massive d'effluents terrigènes et urbains.

#### c) Lagon de FAAA (RENON, 1978)

Ce lagon, situé à l'extrême nord-ouest de l'île, est limité au nord par la passe de Papeete et au sud par la passe de Taapuna peu profonde et encombrée de récifs. Les houles sont particulièrement ressenties en été austral lorsqu'elles arrivent du secteur nord-ouest : leur hauteur et l'ampleur des "jets de rive" se déversant continuellement sur le récif barrière régissent de façon primordiale les courants dans le lagon qui peuvent alors dépasser 1m/s. Au plan de la dynamique du système et de la circulation des eaux, on peut considérer, en première approximation, que les effets de la pression barométrique sont primaires, ceux de la marée secondaires et ceux de la houle tertiaires ; en temps normal, la pression

barométrique est stable et la marée de faible amplitude : les échanges océan-lagon sont essentiellement assurés par les effets de la houle. En résumé, on peut imaginer que ce lagon fonctionne comme un chenal constamment rempli par un bord et se vidant par ses extrémités : les vagues projettent de l'eau dans le lagon par-dessus le récif et l'excès d'eau est évacué par les passes. Une évaluation du temps de résidence donne, en situation moyenne, une valeur de 10 jours. On a effectivement pu observer qu'après de très fortes pluies les eaux turbides étaient totalement évacuées dans un délai de cet ordre. Au plan thermique, les températures les plus basses de fin d'août sont de 26° C et les plus élevées de 30° C en février : les eaux du lagon sont légèrement plus fraîches en hiver et légèrement plus chaudes en été que les eaux océaniques, résultat logique dû à la plus grande inertie de l'océan.

d) De TAAPUNA à la pointe TAHARAA

Une étude de point zéro était réalisée en 1973 (rapport BCEOM-EPHE) afin de définir l'état des eaux lagonaires et du complexe corallien associé, dans une zone en voie d'urbanisation intensive. Cette étude était refaite 10 ans après (POLI et RICHARD, 1982), ce qui autorise une comparaison très instructive sur les modifications internes de l'écosystème et l'évolution quantitative des différentes nuisances et pollutions.

Les auteurs mettent ainsi clairement en évidence le rôle joué par les apports d'eau douce comme véhicule principal des pollutions et d'excès de charge solide. Toutefois, la fraction terrigène n'intéresse que les zones frangeantes, lorsqu'il en reste, la diffusion de ce matériel vers le récif barrière étant pratiquement nulle. Il existe ainsi une diminution de la taille moyenne des particules entre le littoral et le récif barrière, contrôlée par le gradient de pression des conditions hydrodynamiques. Les comptages bactériens font également apparaître des pics d'abondance dans les baies les plus confinées, en conséquence directe de l'essor démographique sur la bande côtière. Les données sur l'hydrologie donnent pour la température 28° C, pour la salinité 35,5 ‰, pour la charge particulaire sestonique 9 à 12 mg/l, et pour l'oxygène dissous 6 à 8 mg/l. Des mesures de sels nutritifs, de métaux lourds et de surfactants anioniques ont été également réalisées et sont utilisées dans la discussion comme révélateurs du degré de pollution de ce lagon, selon 3 zones. La biomasse phytoplanctonique estimée par la charge en chlorophylle-a est comprise entre 0,1 et 0,5 mg/m<sup>3</sup>, le pourcentage de pigments actifs étant particulièrement bas et inférieur à 50 %. Ce mauvais état des populations doit être en partie redevable aux importants apports d'eau douce et aux chocs osmotiques qu'ils entraînent.

En conclusion, l'analyse d'ensemble des données hydrodynamique, physico-chimiques et biologiques permet de mettre en évidence une dégradation de cet écosystème en 10 ans, avec des conséquences graves au plan des structures coralliennes et des processus de fonctionnement trophique. Toutefois ces eaux lagonaires, sous forte influence "continentale", ne subissent pas encore de pollution chimique notable. Ce fait heureux doit être attribué à la bonne circulation des eaux dans le lagon, de l'ouest vers l'est, et donc à un fort taux de renouvellement.

e) Port de PAPEETE et chenal de TAUNOA

Dans le cadre de sa diversification, le Laboratoire d'Etude et de Surveillance de l'Environnement (L.E.S.E.) mène depuis plusieurs années des opérations de contrôle du milieu lagonaire, en particulier dans les lagons nord-ouest de Tahiti et à Moorea.

Une étude spécifique a ainsi été faite à la demande du Port Autonome comme étude de site et d'impact écologique, dans le contexte des travaux d'extension vers l'est du port de Papeete : dragage du chenal de Taunoa et endigage du récif barrière en direction de la passe de Taunoa (ou Taaone).

Les résultats de la première phase étude (FRAIZIER, 1980) font apparaître :

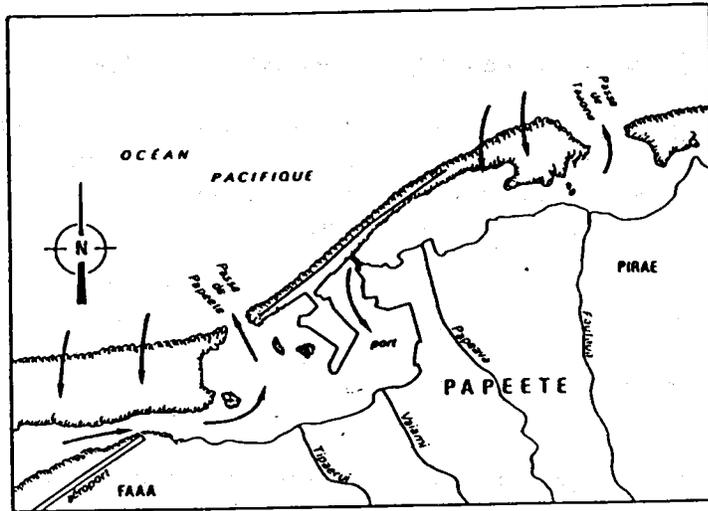
- une turbidité corrélée au flux des eaux douces et donc à la dessalure superficielle des eaux ;
- un gradient positif d'oxygène dissous entre le sud-ouest et le nord-est du lagon ;
- une fluctuation des concentrations en sels nutritifs en fonction des apports telluriques ;
- des valeurs en chlorophylle maximales dans le secteur ouest le plus confiné ;
- une forte augmentation de la charge solide par temps pluvieux et à l'embouchure des 2 rivières Papeava et Fautaua ;
- une faible vitesse des courants qui atteignent rarement 0,5 m/s.

En conclusion l'auteur note : "Pour éviter un enrichissement excessif des eaux (eutrophisation) et leur pollution d'origine tellurique ou liée aux activités industrialo-portuaires, il convient d'assurer un minimum de renouvellement. Il semble peu probable que l'influence des marées par l'intermédiaire unique des passes, ou celle des vents, puisse déterminer une circulation suffisamment efficace. Les apports d'eau du large, au-dessus du récif barrière, sont donc essentiels. La conception de la digue, dont l'effet semble déjà se manifester au premier stade de son édification, devrait respecter cet impératif".

En conséquence des recommandations de cette première étude, plusieurs opérations complémentaires ont été réalisées en 1981 et 1982 par le LESE (RAYMOND, 1981 ; DENARDI et RAYMOND, 1981). Plusieurs aspects de l'état d'équilibre actuel de la zone portuaire et des lagons limitrophes sont ainsi précisés, en particulier :

- la circulation des eaux depuis le chenal de Faa'a jusqu'à la passe de Taunoa en période sèche et en saison des pluies (Fig. 8) ;

— Courants en saison sèche.



— Courants en saison des pluies.

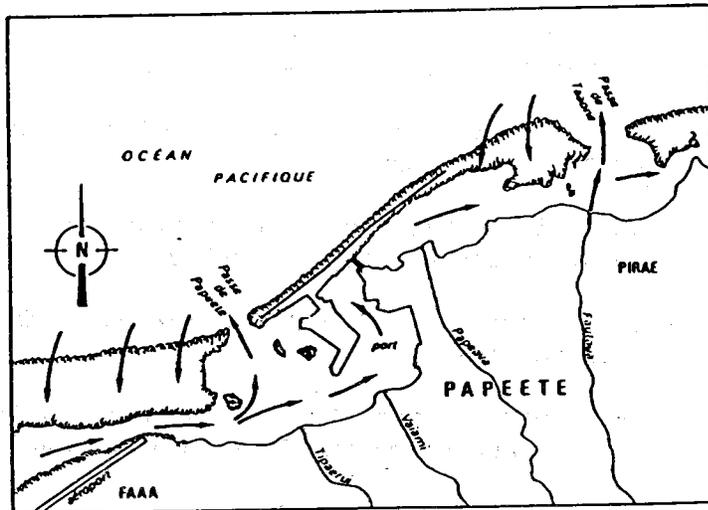
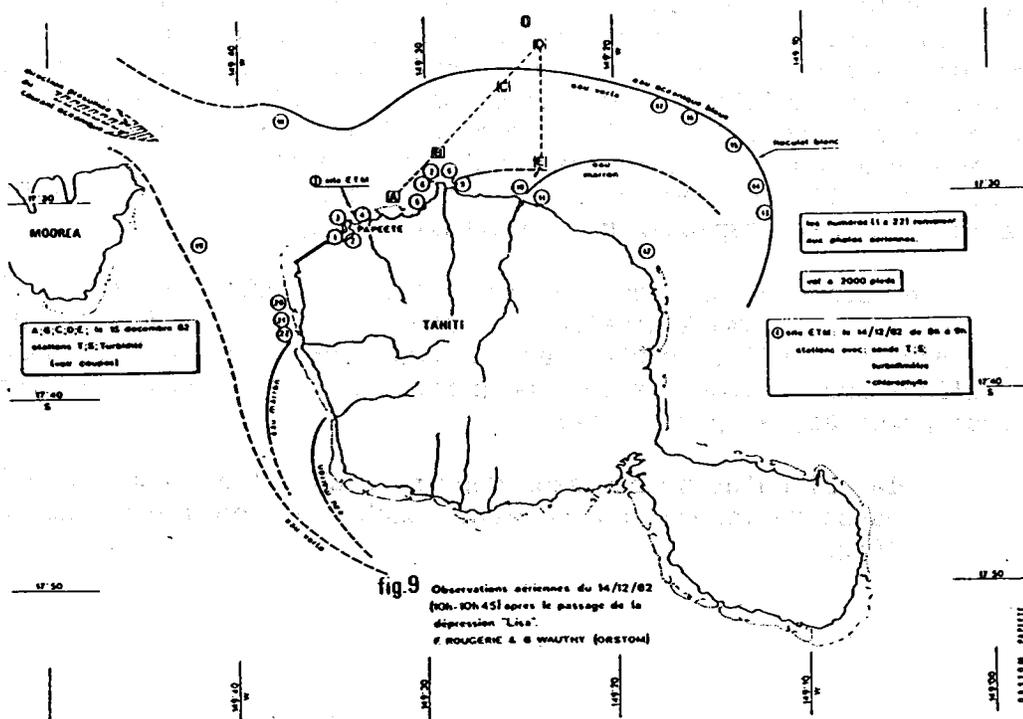


fig.8 : Lagon nord-ouest de Tahiti.



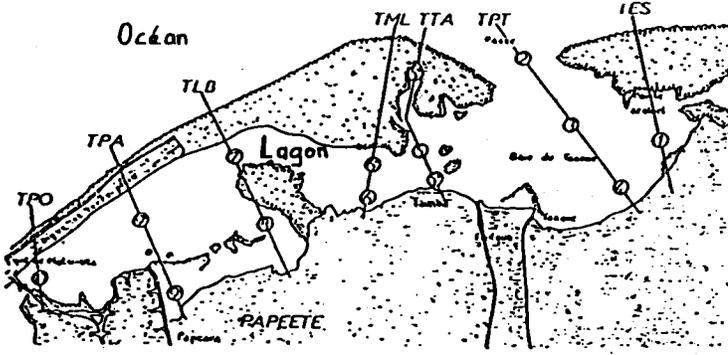
- la distribution des sels nutritifs, contrôlée de façon hétérogène par les apports orographiques (ruissellement et rivières). (Fig. 10) ;
- les teneurs en hydrocarbures et en surfactants anioniques, qui n'atteignent généralement pas de valeurs significativement dangereuses ;
- les oligoéléments métalliques, cuivre et fer, largement au-dessous du seuil considéré comme critique pour la biocénose. Le mercure et le plomb sont en revanche plus abondants, mais leur origine tellurique et océanique semble très probable ;
- le niveau de pollution par les pesticides organochlorés et organophosphorés.

En conclusion les auteurs écrivent : "Le lagon de Taunoa est caractérisé par un hydrodynamisme particulier qui est une conséquence directe d'une succession de modifications topographiques et morphologiques. La provenance et la circulation de ces eaux sont les deux paramètres qui régissent le fonctionnement de cet écosystème déjà fortement dégradé. Cette dégradation présente dans de nombreux cas un caractère irréversible qui pourrait s'étendre à l'ensemble du lagon si la situation actuelle subissait une aggravation. Les travaux effectués ou en cours (construction de la digue, dragages, etc...) modifient l'hydrodynamisme et donc les conditions environnementales. Nous ne pouvons pour le moment percevoir qu'une partie de leurs conséquences : augmentation de la turbidité, mort d'un fort pourcentage d'algues et de coraux, disparition de la grosse faune des platiers. Les altérations du bios sont certainement plus importantes qu'il n'y paraît".

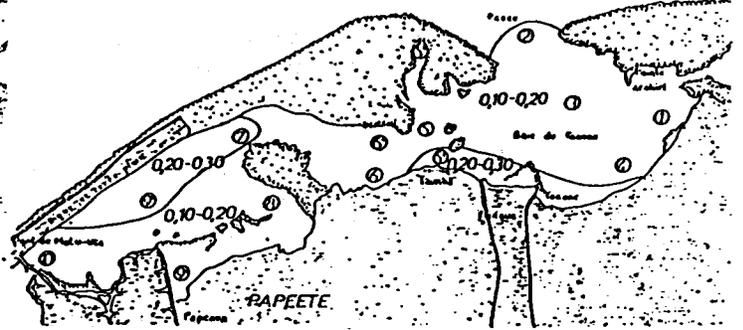
#### f) Autres données sur les lagons nord et ouest

Plusieurs publications spécifiques concernent les dosages de métaux lourds dans les lagons tahitiens (SECCHI et FRAIZIER, 1981) et tentent d'établir une discrimination entre les apports telluriques (mercure) et océanique (cadmium) et ceux dépendant de l'activité humaine (cuivre libéré par les antifouling des bateaux, plomb libéré par l'essence, etc...). Le problème posé par les teneurs relativement élevées de mercure aux embouchures des rivières, 0,5 à 3 mg/m<sup>3</sup> soit 3 à 10 fois les teneurs océaniques, est largement discuté par AUDIC et FRAIZIER (1981) et DEBIE et al., (1982) : l'origine tellurique, par lixiviation des roches basaltiques apparaît évidente et ne paraît pas poser de réel problème au plan toxicologique. La concentration de cet élément très toxique par certains bivalves comme le bénitier, est toutefois à prendre en compte, de même que l'augmentation progressive des teneurs avec l'élévation du niveau trophique des espèces marines.

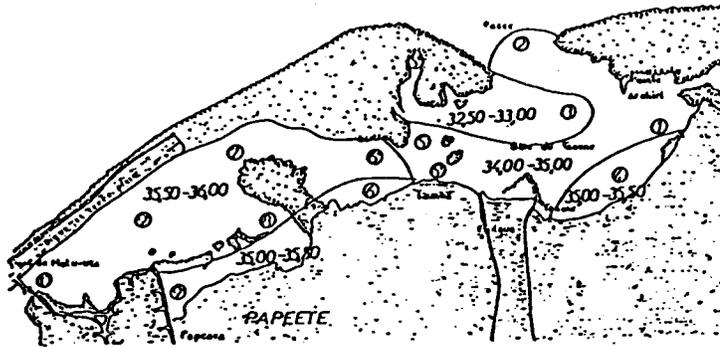
Enfin, une exploitation statistique d'ensemble des données recueillies depuis 1975 par le LESE, dans le cadre du programme "Man an Biosphere" de l'UNESCO et portant sur les lagons nord et ouest de Tahiti et le lagon périphérique de l'île de Moorea, confirme globalement les résultats précédemment cités et fait ressortir les aspects les plus préoccupants de l'évolution actuelle de ces petits lagons côtiers (LARRAMENDY et DENARDI, 1983). Le gros intérêt de cette étude est de



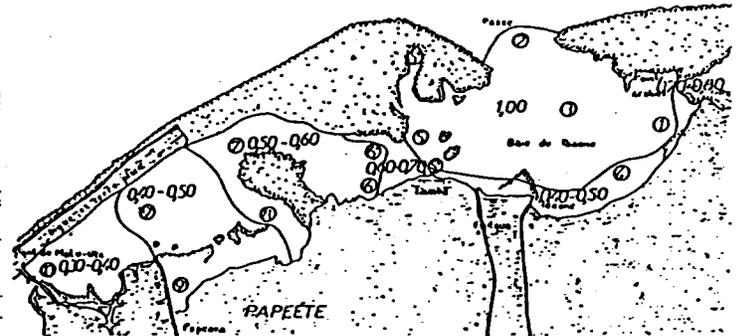
(Localisation des points de prélèvement et des cordilles)



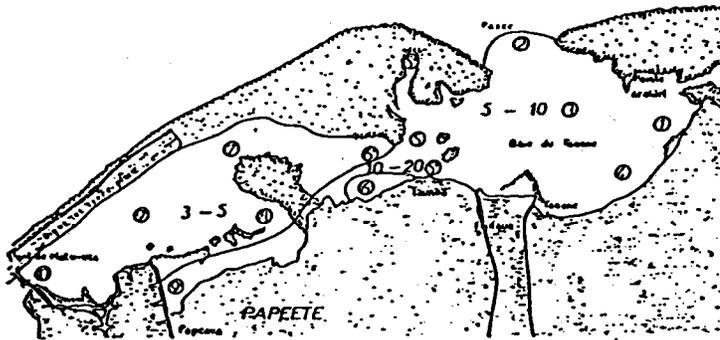
(NITRITES  $\mu\text{g/l}$  (surface et fond))



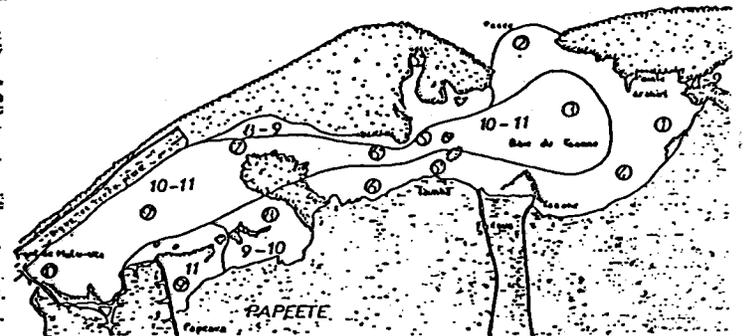
(SALINITE  $\text{g/l}$  (surface))



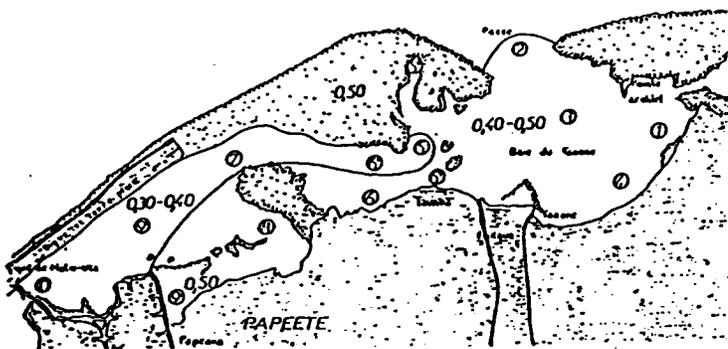
(NITRATES  $\mu\text{g/l}$  (surface))



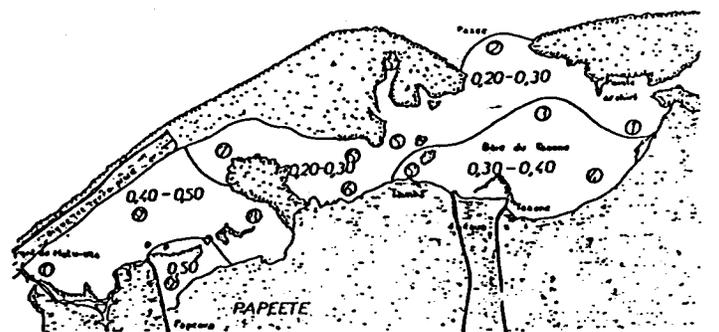
(SILICATES  $\mu\text{g/l}$  (surface))



(SESTON  $\text{mg/l}$  (surface))



(PHOSPHATES  $\mu\text{g/l}$  (surface))



(CHLOROPHYLLE  $\mu\text{g/l}$  (surface))

fig 10 - Sels nutritifs, seston et chlorophylle dans le lagon de Taaone (N-O de Tahiti)  
(DENARDI & RAYMOND 1981)

s'appuyer sur un suivi physico-chimique et bactériologique cohérent, où apparaissent clairement les déséquilibres des secteurs lagunaires des zones très urbanisées ; la situation autour de Papeete est telle qu'un plan d'assainissement général paraît absolument indispensable, avant que le stade de dégradation du lagon ouest ne devienne irréversible.

Enfin, l'installation en mars 1982 d'un centre ORSTOM à Arue a permis un début de lever régulier de données sur ce secteur lagunaire en état de stress croissant : pollutions par hydrocarbures, par effluents terrigènes et chimiques, etc.... Un effort particulier est porté sur l'évaluation de la charge organique dissoute et particulaire. La permanence de l'équipe océanographique autorise en outre des opérations ponctuelles de circonstances, comme la photographie aérienne suivie de la "vérité terrain" des zones salées par les fortes précipitations cycloniques (LISA, décembre 1982, Fig. 9). L'équipe ORSTOM réalise également en convention avec le CNEXO l'étude hydrologique du tombant récifal externe du futur site de l'usine d'Energie Thermique des Mers (ETM), à l'extrémité actuelle de la digue nord. (MARCHAND, 1979 ; rapport C.E.S., 1980).

## 1.2. Le lagon de l'île de Moorea

Le suivi des paramètres hydrologiques et physico-chimiques effectué par le LESE a permis d'établir en 1983 la fiche signalétique d'ensemble de ce lagon de faible profondeur, où les agressions dues à l'activité humaine sont relativement limitées. Les auteurs du rapport (LARRAMENDY et DENARDI, 1983) estiment ainsi que la situation globale du lagon est saine, surtout lorsque l'on compare les valeurs des différents paramètres étudiés (métaux lourds notamment, Fig. 10) avec celles mesurées dans les lagons de Tahiti. Le problème posé par les extractions de "soupe de corail" et les endigages a été, quant à lui, essentiellement abordé par les chercheurs du Museum.

L'implantation en Polynésie en 1971 d'une antenne du Museum National d'Histoire Naturelle (M.N.H.N.) et de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (E.P.H.E.) s'est matérialisée en 1980 par la création d'un Centre de l'Environnement dans la baie d'Opunohu à Moorea. Bien que les thèmes de recherches soient focalisés sur l'étude des milieux récifo-coralliens, plusieurs travaux ont porté sur le milieu liquide lagunaire (thème 5) notamment dans la zone de la passe TAOTOI (Fig. 11). Une première évaluation de la productivité des lagons de Tahiti et Moorea faite par RICARD en 1976 avait révélé un déficit dans le secteur nord de Moorea où la productivité d'ensemble est maximale en fin de saison des pluies (avril) et atteint  $1g.C/m^2/j$ . De nouvelles données recueillies en 1977-1978 (RICARD, 1980) permettent de quantifier les conséquences écologiques sur ce milieu de travaux de dragage et d'extraction de sable corallien. On note en particulier une augmentation de la variation nyctémérale de l'oxygène dissous avec le degré de confinement des eaux : les faibles valeurs matinales (2 mg/l) en zone draguée témoignent d'une augmentation de la demande biologique en oxygène. La charge particulaire totale (10 à 30 mg/l) donne une indication biaisée sur la turbidité des eaux, dans la mesure où la taille des particules n'est pas prise en compte : les eaux très chargées en particules détritiques de grande taille sont plus claires que celles des zones confinées où abondent les particules microscopiques résultant d'une précipitation des carbonates dissous sous forme de fines particules d'aragonite intervient à un  $pH = 8,32$ , valeur classiquement mesurée en

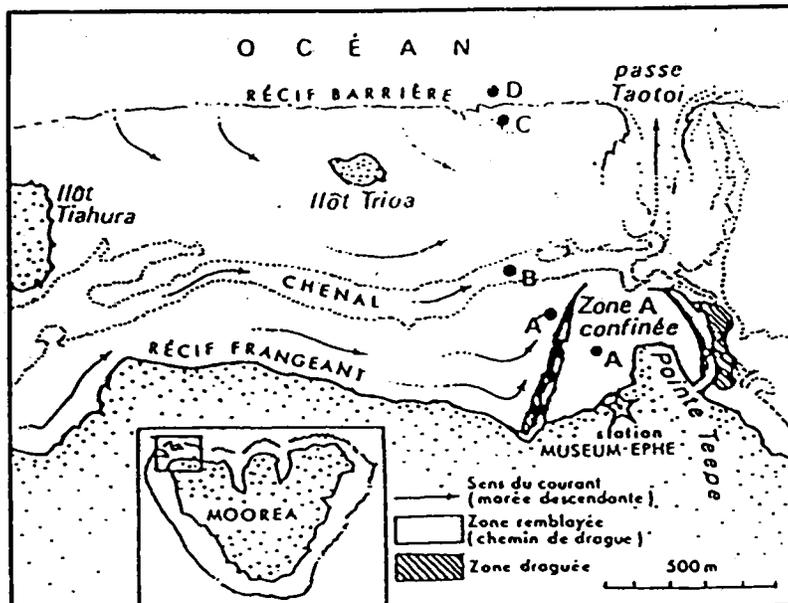


fig. 11 — Secteur lagunaire de Tiahura : implantation et localisation des deux zones d'extraction de sable corallien et des cinq stations étudiées.

— BAIE DE FAAROA — ILE DE RAIATEA —

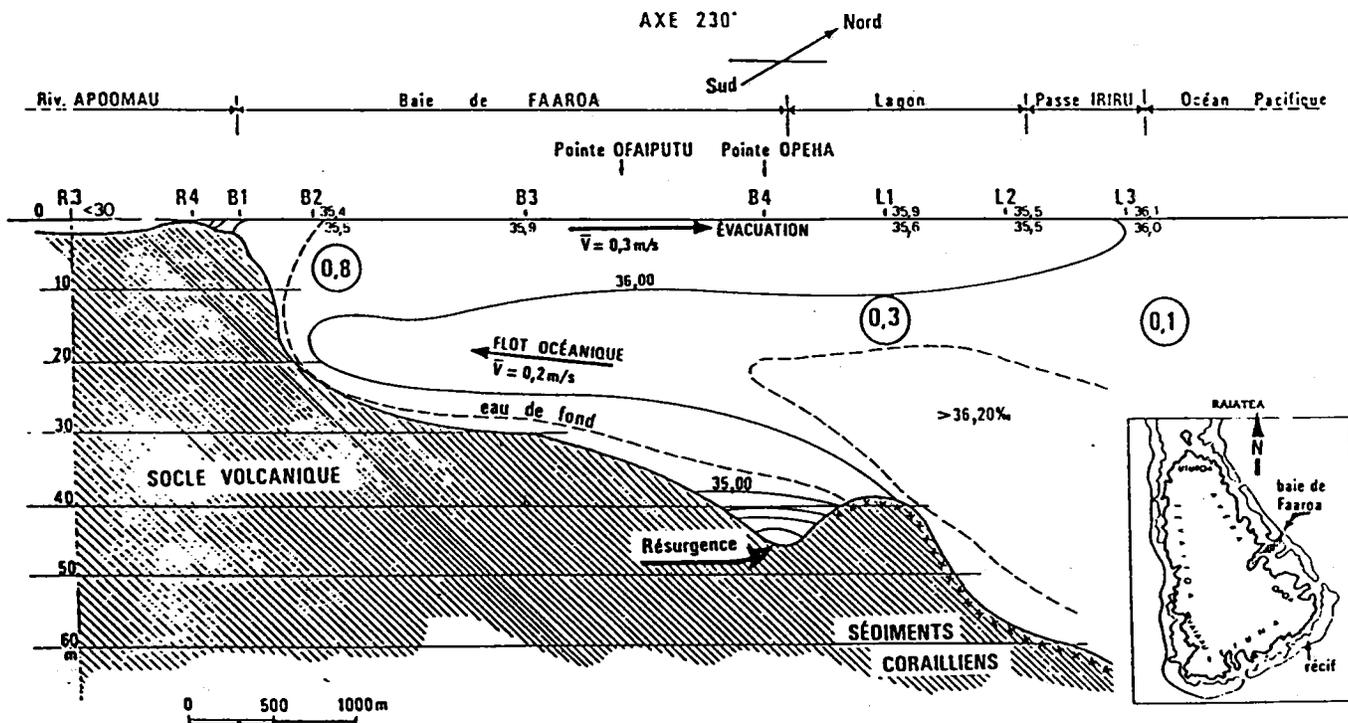


fig. 12 — Salinité (S‰), chlorophylle a (mg/m<sup>3</sup>), et courants mesurés.

milieu lagunaire peu dynamique. Ces particules jouent un rôle important dans la diminution du pourcentage de lumière transmise, l'effet néphelométrique étant inversement proportionnel à leur taille. Les teneurs moyennes en chlorophylle atteignent  $0,2 \text{ mg/m}^3$  mais les fractions de phaeophytine et de pigments dégradés sont anormalement fortes. Après l'établissement d'un bilan quantitatif de la productivité primaire, l'auteur note : "Le bilan de production primaire réalisé avant et après les opérations d'extraction de sable, révèle que le gain dû à l'augmentation de la production primaire du plancton et des algues macrophytes était très nettement inférieur à la perte résultant de la mort des coraux et des algues uni-cellulaires".

Actuellement ce lagon bénéficie d'une surveillance quasi continue et de travaux sur la détermination des effets d'îles et sur les modifications physico-chimiques subies par des eaux océaniques en transit lagunaire (Programmes MNHN/EPHE/LESE).

### 1.3. Ile de Raiatea (Fig. 12)

Une étude de la baie de FAAROA a été réalisée en 1980 et 1981 par l'ORSTOM et le Service de la Pêche, dans une perspective de mise en valeur aquacole de cette baie et du lagon attenant (ROUGERIE, 1980). Située sur la côte est de l'île, la baie de FAAROA constitue une profonde échancrure d'origine volcanique qui s'ouvre sur un lagon relié à l'océan par une passe profonde.

Les conditions hydrologiques moyennes de la baie sont caractérisées par la présence de 3 couches :

- une couche superficielle qui résulte de l'étalement en surface des eaux dessalées par les précipitations ;
- une couche sous-jacente épaisse de 30 mètres dont la forte salinité prouve une origine océanique directe par la passe ;
- une couche de fond de salinité intermédiaire et qui résulte du mélange eau lagunaire salée - eau de la rivière. Cette couche est surtout importante en hiver austral, quand les eaux de la rivière sont froides.

Les teneurs en nutriments azotés et phosphatés sont faibles et ne varient pas de façon importante dans les trois couches, mais les silicates sont beaucoup plus abondants dans les couches de surface et de fond, à cause de l'apport par les eaux douces. Les teneurs en chlorophylle-a révèlent un effet de baie très marqué : de  $0,1 \text{ mg/m}^3$  à l'entrée de la passe, la valeur moyenne atteint  $0,3 \text{ mg/m}^3$  dans le lagon et dépasse  $1 \text{ mg/m}^3$  dans la zone d'exutoire de la rivière, où la couche de vase et la turbidité sont importantes.

Des mesures de courant *in situ* sur 6 mois prouvent le dynamisme de la circulation dans ce milieu pourtant très encaissé : à marée montante et par vent de sud-est, le déplacement de la couche profonde vers le fond de la baie peut atteindre  $0,30 \text{ m/s}$  et celui de la couche superficielle  $0,50 \text{ m/s}$  en direction du lagon et de la passe. Cette circulation interne, facilitée par la profondeur de la passe et par l'absence de seuil, est donc

de type "circulation d'estuaire" : pénétration massive d'eau océanique subsuperficielle et compensation dynamique par le flux sortant de surface ; la baie de FAAROA, bien abritée et dont le taux de renouvellement des eaux est important, semble constituer ainsi un site favorable aux opérations projetées d'aquaculture marine.

#### 1.4. Autres îles

Quelques travaux portent sur les lagons de MOPELIA et de BORA-BORA (GUILCHER et al., 1969) mais sont essentiellement axés sur la description des structures coralliennes et des relations trophiques faunistiques.

Pour les lagons des autres îles de la Société, des Australes et des Gambier, seules quelques données ponctuelles existent, recueillies de façon pragmatique au cours des missions menées par les principaux organismes de recherche et de développement qui opèrent en Polynésie.

#### 2. Les lagons d'atoll

Les 84 lagons d'atoll polynésien appartiennent presque tous à l'archipel des Tuamotu, orienté nord-ouest sud-est : Les caractéristiques morphologiques des couronnes exondées sont relativement semblables mais les lagons peuvent être notablement différents, avec comme facteur primordial de spéciation l'existence ou non de passe. Dans un synopsis sur la typologie de ces lagons d'atoll, SALVAT (1979) propose une classification cohérente qui recouvre la totalité des géomorphologismes rencontrés.

TYPE D'ATOLL	EXEMPLE
Atoll soulevé	MAKATEA
Atoll comblé - Lagon entièrement occupé par la cocoteraie	NUKUTAVAKE
Atoll presque comblé - Lagon sableux à eau résiduelle	PUKAPUKA
Atoll complètement fermé - Entrée d'eau au cours de raz de marée ou par très mauvais temps, niveau lagon inférieur à celui de l'océan	TAIARO*
Atoll fermé à cocoteraie presque continue mais avec quelques hoa	TAKAPOTO*
Atoll fermé à cocoteraie importante mais à très nombreux hoa (généralement sur un seul versant de l'île)	READ
Atoll fermé à cocoteraie peu importante et à grande surface de platiers immergés	SCILLY*
Atoll ouvert à une passe relativement étroite	HAD*
Atoll ouvert à une passe large et profonde bordée de platiers immergés	MURURDA*

\* Lagons ayant fait l'objet d'études suivies.

De plus, pour simplifier le travail de compilation, les travaux sur ces lagons seront cités en partant de l'ouest (SCILLY) jusqu'à l'extrême est (CLIPPERTON).

## 2.1. Le lagon de Scilly (16°30 sud - 155° ouest)

SCILLY est un atoll de l'archipel de la Société et l'île la plus occidentale de la Polynésie Française. Une forme quadrangulaire, un diamètre de 15 km, l'absence de passe, une cocoteraie sur les versants nord et est, des platiers submergés sur les faces ouest et sud, un lagon profond (60 m) sans aucun pinacle corallien affleurant la surface : telles sont les caractéristiques générales de cette île basse habitée par seulement trois personnes travaillant le coprah (Fig. 13).

Une mission de recherches interdisciplinaires et inter-organismes, organisée par l'Antenne du Museum et des Hautes Etudes en Polynésie Française, sous l'égide du Conseil de la Recherche du Territoire et dans le cadre du programme "L'Homme et la Biosphère" de l'UNESCO, a été réalisée en janvier 1979 : 34 participants de 6 organismes de recherches ou de services territoriaux ont travaillé dans les domaines de l'océanographie, de la biologie terrestre, des sciences médicales, de l'archéologie et de la géophysique. Deux types d'expérimentations particulières ont été réalisées parallèlement aux observations hydrologiques et physico-chimiques de routine :

a) Mesure de la production primaire du plancton par la méthode du C14 incubé *in situ* en cinq points représentatifs des différents biotopes de l'atoll.

b) Mesures de courantologie destinées à mettre en évidence et à cartographier les courants présents au sein de la masse d'eau du lagon d'une part et, d'autre part, de préciser le schéma de circulation des eaux au niveau du récif barrière et des zones bordières du lagon. Ces mouvements sont les plus importants puisque, sous l'influence des vents et de la marée, ils conditionnent les échanges entre les eaux de l'océan et du lagon.

### Conclusions préliminaires

"Les eaux du lagon de l'atoll de SCILLY sont oligotrophes et, à l'image de la plupart de celles des autres lagons d'îles hautes ou atolls étudiés à ce jour en Polynésie, aussi pauvres en sels nutritifs que l'océan mais plus riches en pigments chlorophylliens (0.05 à 0.3 mg/m<sup>3</sup> de chlorophylle-a). Les eaux du lagon sont relativement turbides (6 à 14 mg/litre) et chargées de particules coralligènes de faible diamètre.

A la différence des autres lagons d'atolls, comme celui de Takapoto par exemple, il n'existe pas en cette saison de stratification thermique ou haline des eaux et seules les couches superficielles présentent quelques particularités dues à l'action des vents principalement. Cette "stagnation" des eaux, au demeurant constamment saturées en oxygène dissous, est certainement à mettre en parallèle avec la topographie très particulière du fond sous-marin. Les deux passages pour baleinières ne permettent que peu d'échanges et les platiers submergés du sud et de l'ouest - exceptionnellement larges et profonds - sont isolés du lagon par des cordons de sable et des alignements de beach rocks, témoins de l'existence passée de motu. En période calme, il n'y a pratiquement pas d'échange. Ainsi le lagon de SCILLY (environ 100 km<sup>2</sup>) est comme une cuvette

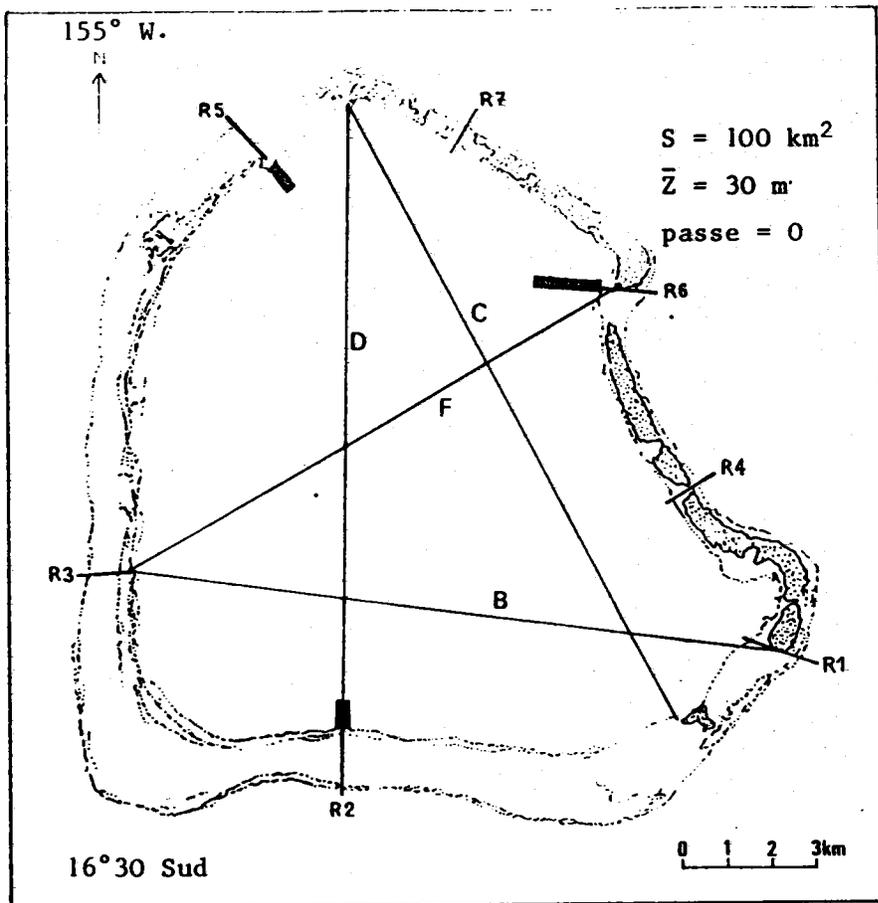


fig. 13 - ATOLL de SCILLY

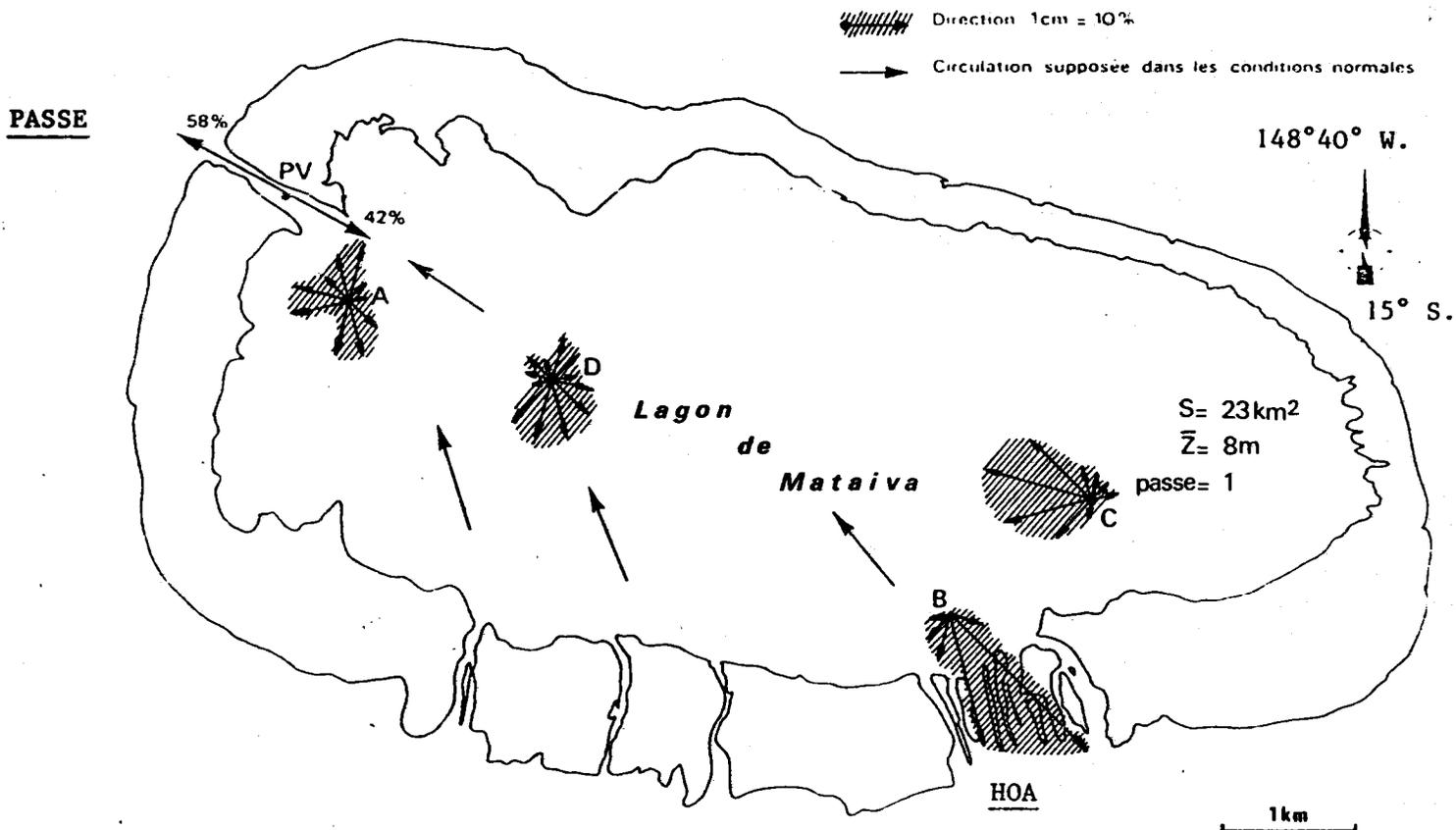


fig 14

peu profonde (environ 5 km<sup>3</sup>) en plein océan et dont les bords sont à fleur d'eau mais sans échancre".

Toutes ces particularités morphologiques, bathymétriques, physico-chimiques et planctologiques font que Scilly possède toutes les caractéristiques d'un atoll fermé en cours de comblement bien qu'il paraisse largement ouvert à priori aux influences océaniques superficielles.

### Publications

- Rapport MUSEUM/EPHE - 1979
- RICARD M. ; GROS R. ; DELESALLE B. ; 1979
- RICARD M. et DELESALLE B. ; 1981

#### 2.2. Le lagon de Tupai (16° sud - 152° ouest)

Ce petit lagon (5 km<sup>2</sup>) d'atoll fermé est actuellement l'objet d'études de la part du MUSEUM/EPHE (DELESALLE, 1983).

#### 2.3. Le lagon de Mataiva (14°55 sud - 148°38 ouest)

Le plus à l'ouest de l'archipel des Tuamotu, il présente la particularité d'être peu profond et réticulé, i.e., constitué d'un ensemble de bassins de 8 à 12 m de profondeur partiellement isolés les uns des autres par des cloisons sédimentaires dont le sommet se trouve à 50 cm sous la surface. Une première série de mesures courantométriques et hydrologiques faites en février 1978 (ORSTOM, 1978) a fourni les éléments suivants :

- Au plan de la circulation des eaux, la partie orientale du lagon se vide par les hoa situés au sud-est de l'atoll, la partie centrale se vide par les hoa du sud-ouest et la partie ouest par la passe nord-ouest (Fig. 14). La marée se matérialise par des entrées d'eau par les hoa sud et une inversion du courant par la passe nord-ouest. Une élévation de 10 cm de la surface du lagon représente l'entrée de 2,5 millions de m<sup>3</sup>, donc 2 % du volume est renouvelé en 12 heures.

- Au plan hydrologique, bien qu'homogènes en densité, les eaux ont une salinité qui fluctue avec le niveau des précipitations : une pluie exceptionnelle de 10 cm/jour peut abaisser à 32 %. Ces brutales dessalures sont également propices à l'apparition d'inversion de température, les eaux de fond étant plus chaudes que les eaux de surface. La teneur en oxygène dissous est proche de la saturation, sauf au fond des vasques de faible profondeur où la stagnation des eaux peut entraîner l'apparition d'un milieu réducteur. La turbidité est comprise entre 1 mg/l en surface et 10 mg/l près du fond.

Des études ultérieures, menées par le LESE et le Museum en 1981 et 1982 ont permis de préciser ce schéma d'ensemble.

### Publications

- Rapport ORSTOM 1978
- DELESALLE B. ; 1981
- Rapport LESE/CEA/MUSEUM ; 1982

#### 2.4. Le lagon de Tikehau (16° sud - 148°30 ouest)

Ce lagon fait l'objet depuis 1982 d'une étude menée par l'ORSTOM visant à établir un bilan quantitatif des principaux paramètres qui contrôlent les productions primaires et secondaires du lagon. L'effort porte tout spécialement sur la mesure des courants et des flux de matières nutritives, organiques et particulaires, ce qui devrait permettre, à terme, de proposer un modèle de fonctionnement de ce lagon d'atoll.

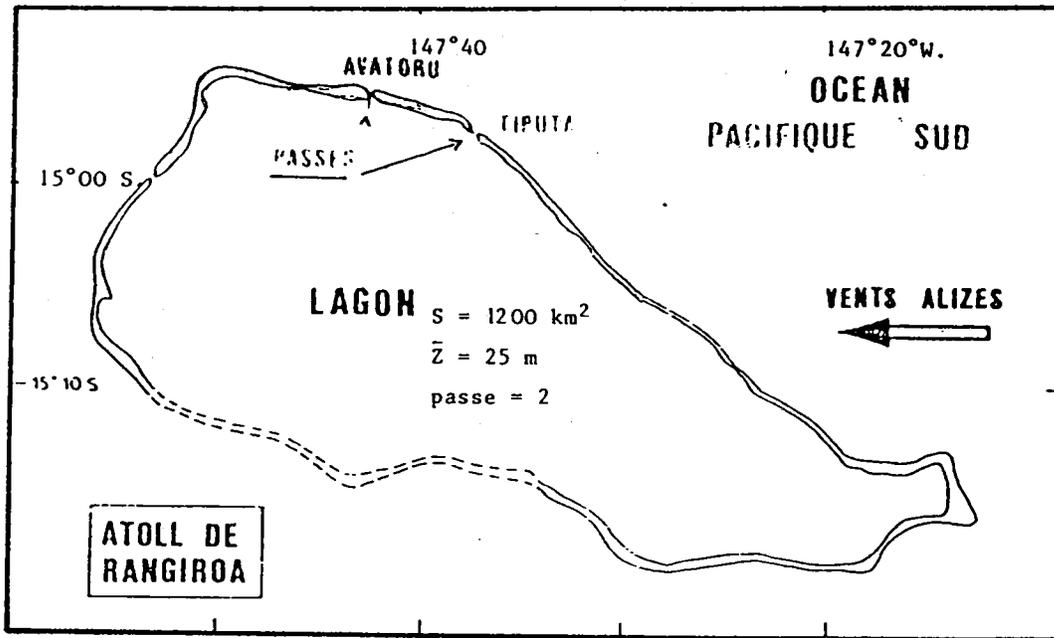
### Publications

- Prévues en 1984 et 1985  
(Responsable scientifique : CHARPY L.)

#### 2.5. Le lagon de Rangiroa (16° sud - 148° ouest) (Fig. 15)

L'atoll de RANGIROA a la particularité d'être le plus grand des atolls de Polynésie (sa superficie est de 1 300 km<sup>2</sup>, donc supérieure à celle de l'île de Tahiti) et d'abriter la population la plus nombreuse (3 000 habitants). Depuis l'installation dans les années 70 d'une antenne du Service de la Pêche, puis en 1982 l'ouverture d'un centre moderne (ORERO puis EVAAM) voué aux recherches sur l'aquaculture et l'élevage des poissons *chanos chanos*, de nombreuses études ont été réalisées dans ce lagon. La première étude hydrologique de la zone des passes a été faite par l'ORSTOM en 1969 avec le N.O. Coriolis et a fourni un descriptif détaillé des variations nycthémerales du milieu liquide de part et d'autre de la passe où les courants peuvent atteindre plusieurs noeuds. Malgré les grandes dimensions de l'atoll, l'eau lagonaire ne présente pas de spécificité très marquée par rapport à l'océan, mais des teneurs extrêmement faibles en sels nutritifs dissous vont de pair avec une relative abondance en pigments chlorophylliens et en formes planctoniques. Dans la discussion sur l'état de la biocénose, les auteurs insistent sur "l'importance de la production de matière organique particulaire par le récif qui emprunte lui-même une partie de son énergie à l'écosystème océanique.... L'abondance des agrégats organiques, susceptibles d'être utilisés directement par les organismes planctoniques ou d'être reminéralisés, provoquerait les fortes poussées planctoniques observées. L'ensemble aquatique d'un atoll apparaît donc comme formé de deux écosystèmes stables (océanique et récifal) et d'un instable (lagonaire) ; les variations de ce dernier seraient la conséquence des fluctuations des apports d'eau océanique par-dessus la couronne récifale".

En 1979, une mission LESE/ORSTOM tentait de décrire les caractéristiques de la partie nord-ouest de ce lagon et des lagunes attenantes. Les observations *in situ* indiquaient l'existence en subsurface d'un courant compensant la dérive superficielle due au vent. Des "bulles d'eau" aux caractéristiques différentes signalaient les inversions de flux à proximité de la passe, la masse lagonaire étant plus homogène dans la zone nord-ouest. Celle-ci est également riche en espèces phyto-



Passage d'AVATORU. LAGOON. Motu PAIO.

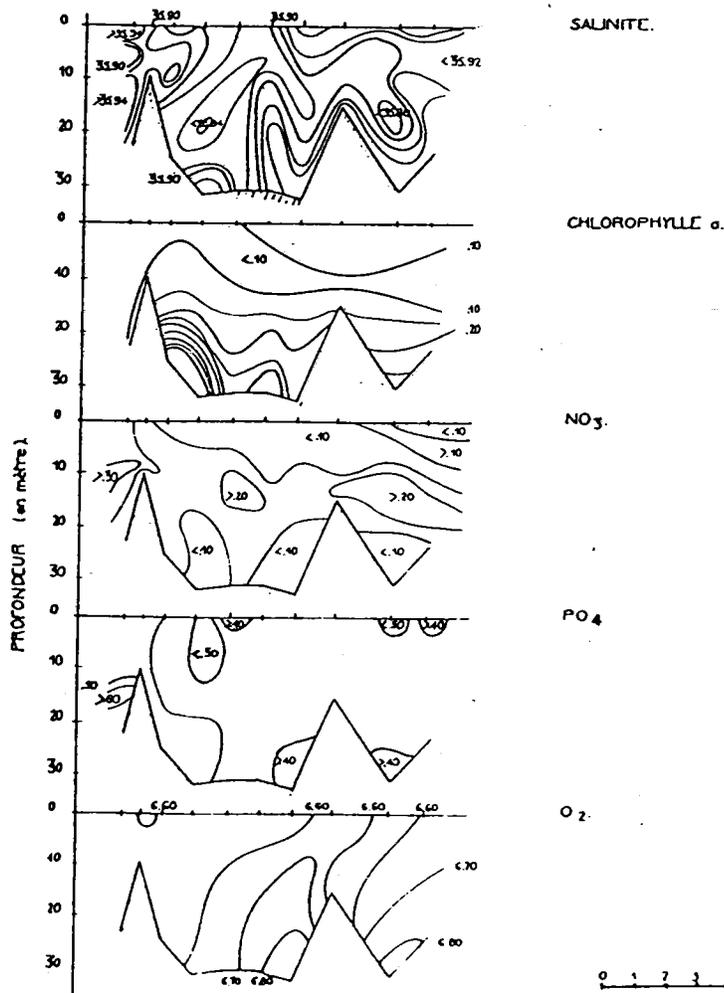


Fig 15 : Distribution verticale de la salinité (‰), chlorophylle-a ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), nitrate et phosphate ( $\text{mmole} \cdot \text{m}^{-3}$ ) oxygène dissous ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Radiale passe d'Avatoru/Motu Paio. (GROS - JARRIGE - FRAIZIER, 1980).

planctoniques parmi lesquelles les diatomées sont d'autant plus abondantes que de fortes teneurs en silice dissoute sont notées en bordure du lagon et dans les lagunes saumâtres périphériques. Ces lagunes constituent ainsi des milieux très favorable à l'élevage d'un poisson phytophage comme le **Chanos chanos**.

Une opération de courantométrie *in situ* a été effectuée au premier semestre 1980 en 2 points de la passe d'AVATORU. Le dépouillement des données révèle le régime propre des oscillations de la nappe lagonaire soumise à des perturbations externes : marée océanique, houles, alizés.... En régime d'alizé d'est établi, il existe une prédominance du flux sortant lagon-océan en vitesse et en durée (53 % contre 41 % du flux entrant), ce qui confirme les hypothèses antérieures sur l'existence d'un transport global d'eau de la couronne récifale sud-est à la zone des passes. Le courant moyen, alternativement entrant et sortant est de l'ordre de 3 noeuds, cette vitesse pouvant être doublée en flux sortant par la conjugaison d'une marée descendante de vive eau, d'un alizé sud-est supérieur à 30 noeuds et d'une houle de sud-ouest ayant entraîné l'ensachage du lagon.

- La surveillance hydrologique et écologique du lagon et de ses lagunes se poursuit actuellement, sous la direction de Ph. SIU (Convention EVAAM/LESE).

#### Publications

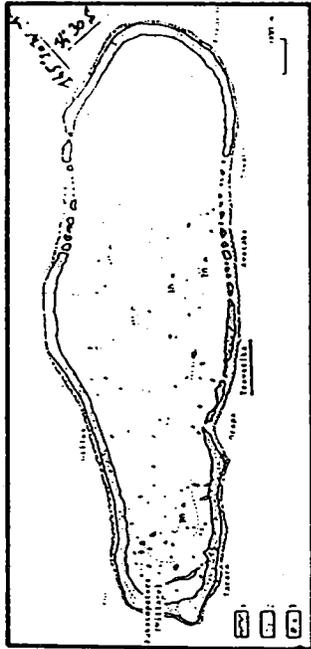
- MICHEL A. ; COLIN C. ; DESROSIERES R. et OUDOT C. ; 1971
- GROS R. ; JARRIGE F. ; FRAIZIER A. ; 1980
- FRAIZIER A. ; SIU Ph. ; 1980
- ROUGERIE F. et GROS R. ; 1980

#### 2.6. Le lagon de l'atoll de Takapoto (Tuamotu du Nord) (15°S - 145°W)

L'atoll fermé de TAKAPOTO était choisi en 1974 comme site privilégié d'une étude polydisciplinaire et interorganismes dans le cadre MAB ("Man and Biosphere") de l'UNESCO, thème n° 7, "Recherches sur les écosystèmes insulaires" dont le coordonnateur était B. SALVAT (Museum et Ecole des Hautes Etudes), et bénéficiait alors d'une antenne permanente du Service de la Pêche.

De très nombreuses opérations entreprises sur l'atoll de Takapoto, l'ORSTOM réalisait en convention avec le Service de la Pêche de Polynésie, une étude hydrologique, physico-chimique et planctonologique du lagon, dans la perspective d'une préservation et d'une amélioration du recrutement des populations naturelles de la nacre **Pinctada margaritifera**.

Les premiers relevés hydrologiques de 1974 et 1975 montraient la spécificité de la nappe d'eau lagonaire piégée dont les échanges externes avec l'océan se limitent au débit intermittent de 2 hoa dans le sens océan-lagon. Le milieu était alors fortement stratifié en salinité, avec un gradient vertical suffisamment positif pour assurer le maintien d'inversions de température supérieures à 1° C entre la surface et le fond dans la partie sud-ouest du lagon. La salinité moyenne du lagon était supérieure de 3,6 ‰ à celle de l'océan (S = 36,0 ‰), différence permettant une évaluation du temps de résidence théorique des eaux



S = 70 km<sup>2</sup>  
 $\bar{Z}$  = 20 m  
 passe = 0

- L'atoll de Takapoto. 1 : récif artificiel; 2 : Bassin; 3 : passage; 4 : passe.

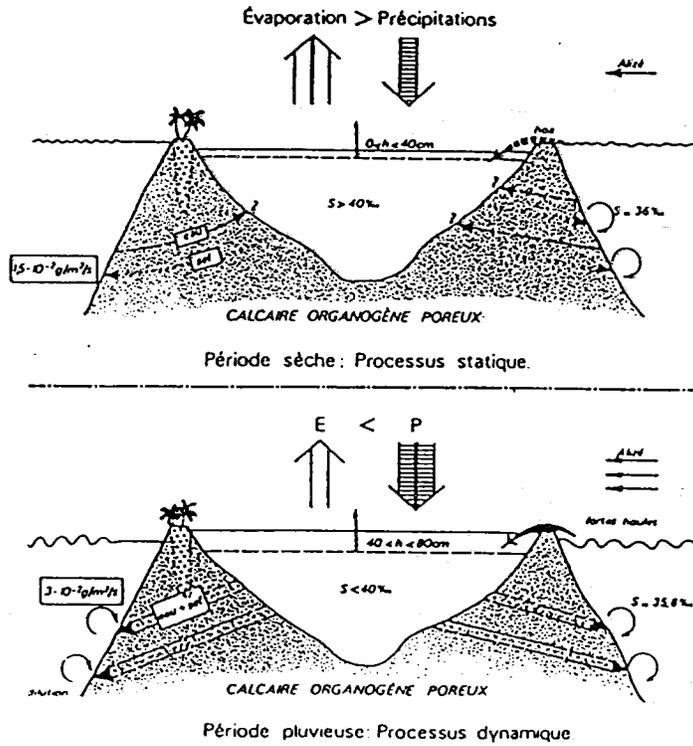
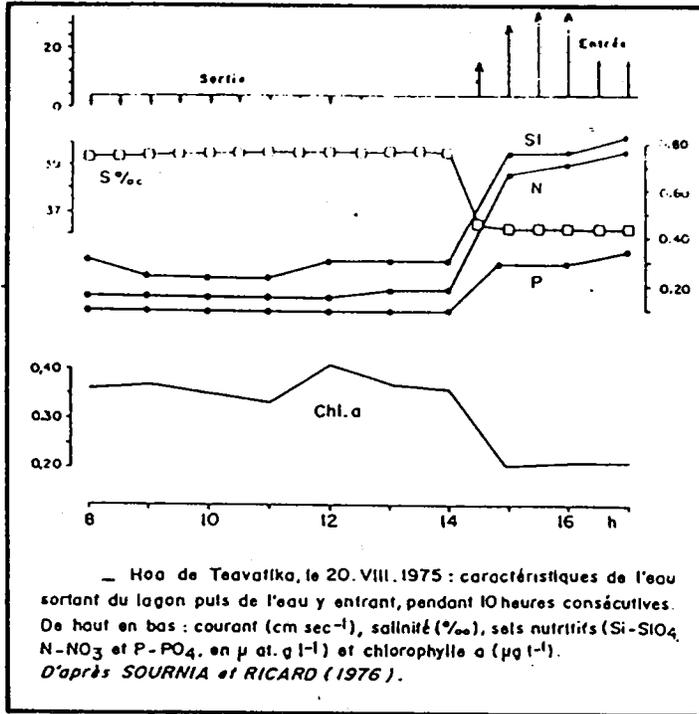


fig. 16

Schéma de fonctionnement du lagon de l'atoll fermé de Takapoto (ROUGERIE, 1979).

lagonaires. Le calcul basé sur certains paramètres critiques (bilan Evaporation - Précipitations, niveau du lagon, débit des hoa, etc...) aboutissait à fixer les limites probabilistes de fluctuations de la salinité et à conclure à un temps de renouvellement à 50 % de l'eau lagonaire en 2,5 ans.

Cette première esquisse ayant montré la complexité du milieu, un programme plus ambitieux était alors mis en oeuvre, basé sur la collecte hebdomadaire des données hydrologiques et planctonologiques et complété par des opérations spécifiques lors de missions en provenance du centre ORSTOM de Nouméa, du SMCB et du MUSEUM. De 1976 à 1978, plus de 10 000 données furent ainsi relevées et utilisées dans plusieurs analyses intégrées de l'écosystème. Comme apport déterminant à la compréhension du fonctionnement de ce lagon fermé, on peut retenir (Fig. 16) :

- avec une évaporation vraie positive de + 50 cm/an et une compensation par le débit des hoa fonctionnant essentiellement dans le sens océan-lagon, le lagon de Takapoto devrait être sursaturé en sels ;

- comme ce n'est pas le cas, il existe une évacuation de l'excès de sels à travers la couronne ou le socle corallien poreux ;

- le bilan de sel indique qu'en période pluvieuse la perte en sel est 2 fois plus importante qu'en période sèche (1,5 - 10-2 g/m<sup>2</sup>/s), ce qui s'explique par le réajustement hydraulique du niveau du lagon par percolation à travers le socle poreux. Inversement, pour les sels nutritifs, un transfert ionique par diffusion dans le sens océan-lagon par l'intermédiaire de l'eau interstitielle du socle corallien peut constituer le mécanisme nécessaire et suffisant au maintien de la productivité primaire, 4 fois plus élevée que pour la couche océanique de même épaisseur.

L'ensemble des travaux actuellement publié sur cet atoll bénéficie donc d'une unité spatio-temporelle remarquable et restera pendant longtemps la référence obligatoire de toute recherche en milieu lagonaire et corallien.

#### Publications

- SALVAT B. ; 1973
- MAGNIER Y. et WAUTHY B. ; 1976
- GUERDRAT J.A. et ROUGERIE F. ; 1978
- RICARD M. ; BADIE C. ; RENON J.P. ; SIMEON C. ; SOURNIA A. ; 1978
- ROUGERIE F. ; 1979
- ROUGERIE F. ; RICARD M. ; 1983

#### 2.7. Le lagon de l'atoll de Taiaro (15°30 S - 145° W)

Créé réserve scientifique intégrale en 1972, ce petit atoll fermé a fait l'objet de plusieurs investigations menées par les chercheurs du MUSEUM/EPHE. Son lagon a la particularité d'être à un niveau toujours inférieur à celui de l'océan et d'avoir des eaux sursalées voisines de 43 ‰. Le pH et la température sont également plus élevés que dans l'océan alors que l'oxygène dissous et les sels nutritifs y sont en quantité équivalente. D'autres missions sont prévues qui permettraient de vérifier

sur ce lagon encore plus confiné, le modèle de fonctionnement proposé pour Takapoto.

#### Publications

- CHEVALIER J.P. et SALVAT B. ; 1976
- POLI C. et SALVAT B. ; 1976

#### 2.8. Le lagon de Takume (16° S - 142° W)

Une mission en 1980 pour une étude des eaux lagunaires en situation de déséquilibre écologique (eaux rouges) (Service de la Pêche, SMCB, LESE).

#### Publications

- BERNADAC M. ; GALENON P. ; SECCHI F. ; GALLET de SAINT-AURIN D. ; 1981

#### 2.9. Le lagon de Hao (18° S - 141° W)

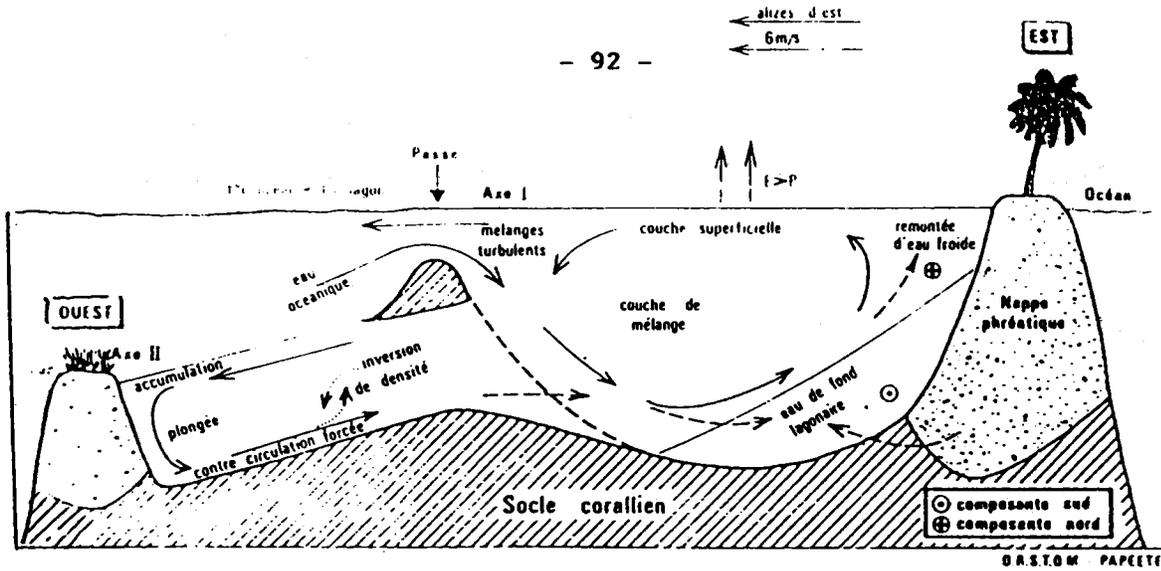
Plusieurs séries de données hydrologiques, courantométriques et physico-chimiques ont été réalisées dans ce grand lagon dont la passe, située dans la partie nord-ouest, est balayée par un courant sortant pouvant dépasser 10 noeuds.

Données : SMCB et MUSEUM/EPHE

#### 2.10. Le lagon de l'atoll de Mururoa (Tuamotu du Sud-Est) (21°45 S - 139° W)

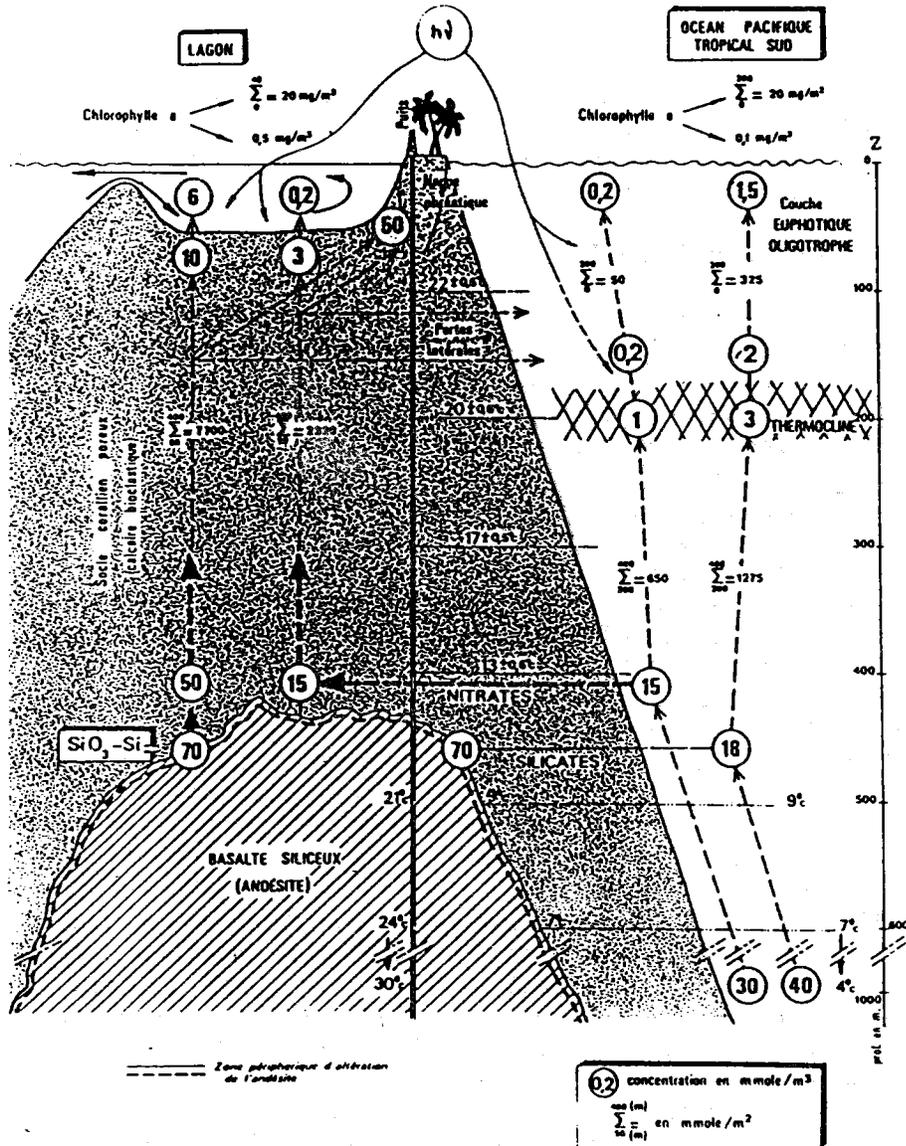
Pour des raisons liées au choix de cet atoll comme site des tests nucléaires, le SMCB/CEP conviait à partir de 1965 plusieurs organismes scientifiques à étudier l'atoll et son lagon (cf. Mururoa ; 1969 - DIRCEN/SMCB). C'est ainsi qu'une première fiche signalétique sur l'écologie globale de ce lagon semi-fermé (1 passe) était réalisée en 1967 et constituait ainsi la première série cohérente de données hydrologiques et physico-chimiques aboutissant à un modèle global de circulation des eaux lagunaires. La partie biologique était également bien appréhendée ; une première estimation de biomasse phytoplanctonique était complétée par une analyse quantitative et qualitative du zooplancton, de part et d'autre de la passe. L'endémicité des espèces holoplanctoniques était clairement mise en évidence, ainsi que la richesse faunistique du lagon (415 mg/m<sup>3</sup> de biomasse totale pour 24 mg/m<sup>3</sup> dans l'océan périlagonaire).

En 1978, une deuxième étude écologique était entreprise sur le lagon et l'océan grâce aux moyens fournis par le BCB "MARARA" (convention ORSTOM/SMCB), dans le but d'essayer de détecter un "effet d'île" consécutif aux effets de la perturbation apportée à l'advection océanique par la présence d'un atoll. Le rapport scientifique ne permettait pas de répondre de façon simple à la question posée mais révélait la nature de l'ampleur des interactions lagon/océan. Malgré un dénombrement précis des espèces planctoniques et micronectoniques concernées par les transits lagon-océan, les trop rares données sur le milieu physico-chimique ne permettaient pas aux auteurs d'établir des corrélations significatives avec les facteurs bio-écologiques. En fait, une seule des missions "Sillage" montrait la



S = 200 km<sup>2</sup>  
 $\bar{z} = 20$  m  
 passe = 1

Circulation globale en régime d'alizés dominants.



Echanges lagon/ocean par diffusion et conduction-convection à travers le socle corallien poreux (ROUGERIE-RICARD-MAZAURY, 1982)

fig. 17 : ATOLL DE MURUROA

présence (en décembre 1979 après une période de forts alizés de sud-est) sous le vent de l'atoll, d'eaux océaniques présentant un net indice de refroidissement par advection verticale et tendance au doming des niveaux 100-200 mètres.

L'année suivante était établi un descriptif complet des caractéristiques hydrologiques et physico-chimiques du lagon en fin de période estivale (Convention ORSTOM/SMCB). Les conclusions principales de cette étude portaient sur :

- la circulation interne des eaux lagunaires, pouvant engendrer des inversions de densité ;
- la présence de teneurs anormalement élevées en silice dissoute, originaire de la lentille phréatique située sous la couronne émergée de l'atoll ;
- l'estimation de la perte en biomasse du lagon (10 tonnes/jour) ;
- la richesse relative des eaux lagunaires en pigments chlorophylliens ( $0,4 \text{ mg/m}^3$ ) par rapport aux eaux océaniques ( $0,1 \text{ mg/m}^3$ ). Ramenées à l'unité de surface de la couche éclairée, les teneurs moyennes s'avèrent cependant semblables dans les deux milieux ( $20 \text{ mg/m}^2$ ).

Cette étude faisait à nouveau ressortir le paradoxe concernant le fonctionnement de l'écosystème lagunaire, qui exportant quotidiennement par la passe une partie de sa production primaire et secondaire, ne s'épuise pas pour autant : "La machine récifo-lagunaire accomplirait donc le prodige d'être traversée par une eau océanique claire, pauvre en sels nutritifs en phytoplancton et en zooplancton tout en restituant le même volume d'eau considérablement enrichi en pigments et taxa planctoniques...".

Cette constatation appelait donc un complément de recherches qui, réalisées en 1980-1981 (ORSTOM/SMCB/MUSEUM) portaient sur trois points :

- relevé complet des données hydrologiques de base en fin d'hiver (septembre) et en été (janvier) sur toute la masse lagunaire ;
- mesure des courants réels au niveau de la passe ;
- prélèvements d'eau pour analyses dans les puits forés à partir de la couronne de l'atoll, certains jusqu'à 1 000 m de profondeur.

Cette dernière opération devait permettre de décrire les profils verticaux des principaux paramètres hydrologiques de l'eau interstitielle présente dans le socle corallien poreux (0-500 m) jusqu'au cône basaltique. Il était alors démontré que, si le gradient thermique vertical dans le socle poreux est identique à celui de l'océan, les teneurs en sels nutritifs azotés et silicatés sont à niveau égal plus importantes dans

l'eau interstitielle que dans la couche euphotique océanique. L'ensemble de ces données permettaient en définitive de proposer un modèle de fonctionnement des lagons d'atoll dont le maintien de la fertilité est assuré par une diffusion verticale des sels nutritifs, depuis l'eau océanique intermédiaire jusqu'à la base du lagon : "Affleurant à la surface océanique, la vasque lagonaire fonctionne ainsi à la façon d'une lampe à pétrole : la photosynthèse brûle les nutriments exogènes qui apparaissent à la base du lagon après avoir migré dans le socle corallien (la mèche) à partir du riche réservoir océanique (Eau Antarctique Intermédiaire)". (Fig. 17).

En confrontant les acquis fournis par l'étude de ces lagons, et particulièrement à Rangiroa, Takapoto et Mururoa, une étape importante semble avoir été atteinte dans le domaine de la compréhension du fonctionnement des écosystèmes lagonaires. Le modèle de fonctionnement interne par diffusion des sels dans l'eau interstitielle du socle corallien poreux prend en compte aussi bien le cas des lagons fermés (bassins de concentration) que celui des atolls ouverts. Il apporte de plus une réponse claire au problème du maintien de la production autotrophe des lagons en complétant dans le plan vertical les modèles horizontaux classiques qui butaient sur l'écueil d'un bilan négatif des nutriments essentiels. Il jette également quelques lumières sur le comportement et la charge ionique de la lentille phréatique de la couronne, seule réserve d'eau "douce" des habitants des atolls.

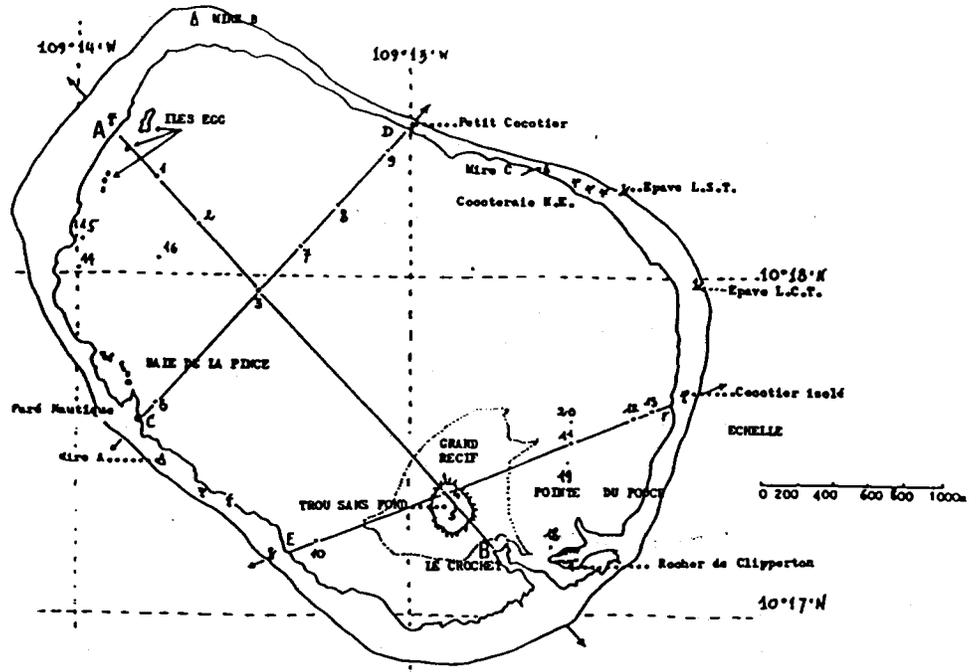
#### Publications

- MICHEL A. ; 1969
- BOURRET Ph. ; BINET D. ; HOFFSCHIR C. ; RIVATON J. ; VELAYOUDON H. ; 1979
- ROUGERIE F. ; GROS R. ; BERNADAC M. ; 1980
- RICARD M. ; 1981
- ROUGERIE F. ; RICARD M. ; MAZAURY D. ; 1982
- ROUGERIE F. ; RICARD M. ; 1983

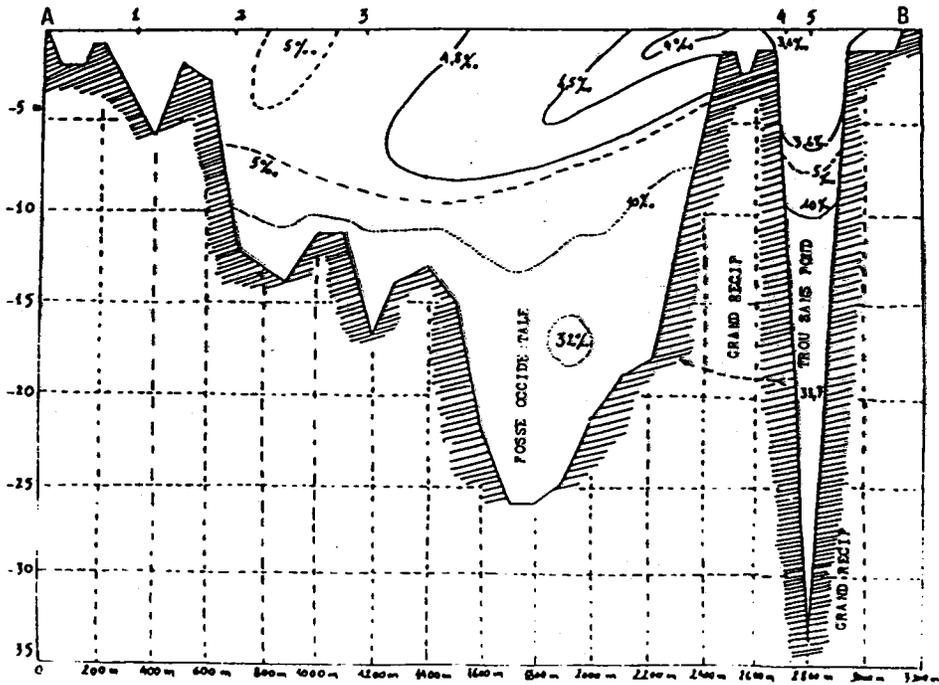
#### 2.11. Le lagon de Clipperton (10°18 N - 109°13 W)

Bien que situé dans l'hémisphère Nord et donc en dehors de la ZEE polynésienne, cette île très isolée est sous juridiction française et présente de l'intérêt à plus d'un titre (pêche, météorologie, etc...). Plusieurs missions établies par la Marine Nationale ont permis de décrire les caractéristiques hydrobiologiques de ce lagon fermé qui, se trouvant dans une zone de fortes précipitations, a une salinité superficielle très faible (S 10 ‰). Dans ce lagon une faille relativement isolée, appelée "trou sans fond" présente des conditions particulières, caractéristiques des milieux réducteurs : pH de l'ordre de 10, présence d'H<sub>2</sub>S, fortes teneurs en matière minérales dissoutes. Dans ce lagon confiné, riche en matière organique et en plancton, la vie microbienne est intense, et des teneurs élevées en soufre et en hydrocarbures polycycliques ont été décelées. Les auteurs décrivent ainsi ce lagon comme un "fermentateur" perdu en plein Pacifique (Fig. 18).

S = 12 km<sup>2</sup>  
 $\bar{Z}$  = 15 m  
 passe = 0



- Atoll de Clipperton (carte n° 5825 du Service Hydrographique de la Marine) avec les axes des stations hydrologiques.



(EHRHARDT, 1976)

fig. 18 : ATOLL DE CLIPPERTON: COUPE A-B  
 (hors ZEE polynésienne)

### Publications

- NIAUSSAT P. ; EHRHARDT J.P. et PIOZIN F.F. ; 1968
- NIAUSSAT P. ; EHRHARDT J.P. et OTTENWALDER J. ; 1969
- EHRHARDT J.P. et NIAUSSAT P. ; 1974
- EHRHARDT J.P. ; 1976

**NOTE** : L'exceptionnelle densité de vie marine dans et autour de cet atoll qui supporte une avifaune considérable, est une conséquence directe de la position géographique de l'île ; celle-ci est en effet située dans une zone de doming océanique, à la frontière nord du puissant Contre-Courant Equatorial Nord. Les eaux superficielles océaniques y possèdent de ce fait des teneurs en chlorophylle-a supérieures à 1 mg/m<sup>3</sup>, soit plus de dix fois la teneur des eaux de la ZEE polynésienne.

### III - PLAN ET PERSPECTIVES

La rédaction de ce chapitre montre à l'évidence que les domaines de l'hydrologie et de la physico-chimie lagonaire et périlagonaire ont été insuffisamment appréhendés en Polynésie et qu'un tel document rédigé il y a 10 ans aurait constitué plus qu'un bilan des connaissances, un véritable constat d'ignorance. Il paraît donc primordial de poursuivre vigoureusement l'effort actuel et de ne rien négliger pour que programmation, missions en mer, exploitations des données, etc..., soient réalisées avec le concours de tous les scientifiques marins travaillant en Polynésie, quel que soit l'organisme auquel ils appartiennent. De plus, un lagon d'atoll constituant le cas limite d'un milieu pélagique tropical, son étude exhaustive implique l'utilisation de la logistique et des moyens analytiques des missions océanographiques hauturières : Navire Océanographique équipé de laboratoires, treuils, sondes, ect... La dispersion des archipels polynésiens ne fait que renforcer le besoin, maintes fois exprimé, d'un navire océanographique permanent ; une étude aux Marquises et aux Gambier représente au départ de Tahiti, un déplacement deux fois plus long que le fameux "rail océanographique" Marseille-Alger à travers la Méditerranée.

En ce qui concerne les lagons d'îles hautes en zones d'urbanisation intensive, nous ne pouvons que reprendre les conclusions pessimistes de tous les auteurs précédemment cités : les pollutions actuelles inévitablement liées aux activités humaines nous conduisent à parler d'ores et déjà de survie problématique pour des lagons comme ceux de la côte nord-ouest de Tahiti : c'est hélas un des aspects du lourd tribut que risque de payer l'île, en conséquence d'une poussée démographique parmi les plus fortes de la planète : 3,5 % en moyenne annuelle, ce qui conduit à un doublement de la population en 20 ans. (50 000 habitants à Tahiti en 1960 ; 100 000 en 1980 ; 200 000 en l'an 2 000 ? ...).

Les rivières ayant de plus en plus l'aspect et la fonction de véritables émissaires d'eaux polluées, leurs effluents constituent pour les lagons nord-ouest la menace essentielle, d'autant que de nouvelles agressions semblent inévitables, comme celles liées aux travaux d'équipements hydroélectriques (surcharge terrigène) ou à l'implantation de porcheries dans le fond des vallées (germes bactériens, pesticides, ect...) ; un simple détournement d'embouchure ne peut constituer qu'un palliatif dérisoire (cas de la NYMPHEA par exemple) et il faut envisager au plus tôt la seule solution préservant réellement l'avenir : le rejet direct

dans l'océan. Cette solution implique un captage de la "rivière" à son embouchure, un tubage par buses de béton courant sur le fond du lagon en direction de la passe, et une évacuation de l'effluent dans l'eau océanique extérieure à une profondeur d'au moins 50 mètres. La mise en pression serait assurée par une petite station située au niveau du captage. Des réalisations de ce type existent dans certaines villes du bord de la Méditerranée : Nice, Antibes, etc....

Cette pollution des rivières des côtes nord et ouest amène à aborder le problème de l'élimination des déchets urbains. Actuellement fonctionne dans le haut de la vallée de la Tipaerui une usine d'incinération qui a atteint ses capacités maximales de traitement et dont les fumées nocturnes créent un véritable smog qui s'étale au petit matin en direction du lagon. Cette nuisance est dénoncée depuis longtemps par les riverains et des solutions de remplacement sont à l'étude. En considérant la petitesse de l'île et la forte densité humaine de la plaine côtière, il paraît illusoire de pouvoir trouver pour le traitement des ordures un autre site n'entraînant pas **ipso facto** de graves nuisances pour l'environnement. Il nous paraît donc logique de proposer une autre solution, rapide à mettre en oeuvre et préservant totalement l'environnement urbain : il s'agit d'un déversement en mer, après un compactage approprié, de telle façon que la densité des "balles" d'ordures soit supérieure à celle de l'eau de mer. Un délestage à 100 ou 200 km dans le sud de Tahiti, sur des fonds de 4 km, serait indécélable et n'aurait aucun effet néfaste sur l'Océan Pacifique : Une immersion quotidienne de 100 tonnes d'ordures compactées serait l'équivalent du rejet au milieu de la Méditerranée, d'une poubelle de 500 kg occupant, après compactage, un volume inférieur à 0,5 m<sup>3</sup>. Ce procédé est d'ailleurs largement utilisé, même dans des zones à priori peu propices ; ainsi la quasi totalité des ordures de la ville de New York est ainsi expédiée au proche large.... Facile à mettre en oeuvre à partir du port de Papeete, cette élimination "océanique" des déchets pourrait aussi résoudre le problème de l'île voisine de Moorea où vivent plus de 5 000 personnes en bénéficiant d'aucun service de voirie ; de récents contrôles des populations de moustiques effectués par les entomologistes de l'Institut Mallardé ont révélé le risque sanitaire croissant lié à l'accumulation sauvage des déchets dans cette île, haut lieu du tourisme international.

Pour les atolls, le risque de surpopulation et donc de pollution paraît peu probable bien que le problème de l'eau potable se pose de façon permanente, et l'équilibre écologique des lagons des Tuamotu ne semble menacé que par des cas ponctuels de surpêche, ou par des épisodes cycloniques exceptionnels comme ceux de 1983.

Dans le contexte actuel de développement de l'aquaculture rien n'interdit de considérer ces lagons comme des bassins potentiels d'élevages intensifs, à condition de pouvoir trouver sur place l'aliment indispensable. On a vu (Tableau 1) que l'eau océanique subsuperficielle possède à partir de 300 m de profondeur des teneurs croissantes en sels nutritifs : un pompage d'eau vers 500-600 mètres et son injection en surface dans la partie "au vent" du lagon pourrait ainsi déclencher puis entretenir un bloom phytoplanctonique qui assurerait de proche en proche une augmentation considérable de la productivité du lagon. Un tel pompage dont le débit serait facile à contrôler, et qui a été testé en 1978 par le COB à Vairao, ne ferait qu'imiter le processus naturel d'upwelling.

responsable de l'existence des zones marines les plus productives de la planète. Associée ou non à une usine d'Energie Thermique des Mers (E.T.M.) cette expérimentation paraît prometteuse au plan économique ; au plan écologique, les risques de déséquilibre biologique paraissent limités dans la mesure où les sels nutritifs profonds se trouvent dans le rapport exact où ils sont consommés par le phytoplancton. De plus, notre mise en évidence d'échanges ioniques océan lagon à travers le socle corallien poreux diminue considérablement les risques d'eutrophisation et d'épuisement de la réserve en oxygène des eaux de fond lagunaires.

Cette perspective d'aquaculture en lagon d'atoll peut donc d'ores et déjà s'appuyer sur l'acquis scientifique actuel qui représente de fait une esquisse de point zéro écologique ; elle devrait également susciter rapidement des études complémentaires et constituer l'axe essentiel des programmes interorganismes voués aux opérations de recherche-développement en milieu lagunaire.

## CHAPITRE 3

### ECOSYSTEMES LAGONAIRES EN POLYNESIE FRANCAISE - EAUX SAUMATRES - INTERFACE EAU DOUCE - EAU SALEE -

par

DUFOUR Henri

**P L A N**

I - INTRODUCTION

II - GEOMORPHOLOGIE DE LA COUCHE SUPERIEURE DES ATOLLS

III - EAUX SAUMATRES DANS LES ATOLLS

1. Lentille d'eau douce
2. Lagunes de l'atoll de Rangiroa

IV - EAUX SAUMATRES AUX ILES GAMBIER

V - CONCLUSION

## I - INTRODUCTION

Cette étude est loin de faire une synthèse exhaustive des connaissances acquises sur les eaux saumâtres dans les écosystèmes lagunaires en Polynésie Française. Elle est réalisée en fonction de la documentation et des informations que nous avons pu recueillir sur ce thème auprès des organismes présents sur le Territoire, tout en s'appuyant sur des relevés expérimentaux acquis au cours d'études effectuées par le L.E.S.E. (Atoll de Mataiva) ou en coopération avec l'EVAAM (Atoll de Rangiroa).

La présence des eaux saumâtres dans les atolls est liée à l'existence (consécutive à des chutes de pluie) :

- 1/ de lentilles d'eau douce dans la couche supérieure du massif corallien ;
- 2/ de lagunes naturelles ou artificielles situées sur le platier récifal.

Avant d'aborder leur étude, il nous a paru opportun de faire un appel succinct sur la géomorphologie de la couche supérieure des atolls.

Enfin, une synthèse des connaissances acquises sur les eaux saumâtres termine cette étude.

## II - GEOMORPHOLOGIE DE LA COUCHE SUPERIEURE DES ATOLLS

Les atolls sont généralement des récifs circulaires ou allongés qui encerclent un lagon central. (8) (132). Ils émergent d'environ 3 à 5 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ils présentent, côté océan, une déclivité très prononcée jusqu'à des profondeurs importantes ; côté lagon, les pentes sont par contre beaucoup plus faibles.

La couche supérieure, plus couramment appelée zone corallienne dans les relevés géologiques, s'étend en principe au niveau de l'aire récifale sur une hauteur comprise entre cent trente et cent quatre-vingt mètres.

La figure 1 représente approximativement la coupe géologique de cette zone. Elle est constituée de calcaire (corail, algues, coquillages), déposé sous forme de succession de dalles indurées, de couches de calcarenite poreuse et de couches homogènes de sables détritiques également poreux et plus ou moins bien consolidés.

La dalle supérieure de couleur blanche indurée, présente en général une épaisseur voisine de 10 mètres.

## III - EAUX SAUMATRES DANS LES ATOLLS

### 1. Lentille d'eau douce

Nous ne nous étendrons pas sur l'origine de la lentille d'eau douce, ce phénomène ayant suffisamment été expliqué (386). Rappelons simplement qu'elle est due à un équilibre osmotique établi entre l'eau de

pluie qui s'infiltré dans le récif corallien et l'eau salée qui imbibe la masse insulaire. La poche d'eau ainsi formée est située au-dessus du niveau de l'océan et du lagon (Fig. 2).

L'interface de ces deux liquides de densités différentes tend à être modifié sous l'effet de circulations dans les couches coralliennes, orientées en général dans le sens océan-lagon. Ceci se traduit par l'apparition d'un gradient de salinité.

Deux techniques peuvent être utilisées pour déterminer la salinité :

- soit *in situ*, par la mesure de la conductivité des eaux ;
- soit en laboratoire, par titration des ions chlore.

En fonction du choix des profondeurs de prélèvements dans la couche corallienne, on peut délimiter l'épaisseur de l'interface de transition.

L'utilisation de ces techniques sur le récif corallien des îles KWAJALEIN (328) a mis en évidence que la lentille d'eau douce est très dynamique, constamment en mouvement en fonction des périodes de l'océan et du lagon, et présente des salinités plus importantes côté océan que côté lagon.

Des travaux similaires ont été réalisés sur l'atoll de MATAIVA (10). Des mesures de conductivité avant et après un essai de pompage d'une durée de 5 heures, sont effectuées dans un forage représentatif de la lentille d'eau douce en équilibre avec l'eau salée.

Les résultats des mesures de conductivité (Fig. 3) font apparaître, avant pompage, une salinité variant de 0,8 % à 1,8 %, pour des profondeurs allant de deux à onze mètres.

A l'arrêt du pompage, la salinité est supérieure à 2 %, ce qui correspond à une remontée de l'interface eau douce - eau salée.

On remarque que la salinité redevient normale (courbes 3 et 1 voisines) 5 jours après l'arrêt du pompage.

Des mesures de salinité ont été ponctuellement effectuées dans des puits de faible profondeur (2 mètres environ) situés dans les lentilles d'eau douce des atolls de RANGIROA, HAO et KAUKURA. Les résultats obtenus sont regroupés dans le Tableau 1.

Sur l'atoll de RANGIROA, on observe pour les puits 1, 2 et 3 une diminution de la salinité en fonction de la distance au lagon. Ceci paraît normal car ces puits sont inclus dans un périmètre restreint, situé dans la zone technique de l'antenne de l'EVAAM, et peuvent donc être considérés comme appartenant à la même lentille d'eau douce. Le puits n° 4 est situé dans le village d'AVATORU. La faible salinité mesurée (0,1 %) situe cette eau à la limite de la potabilité pour ce paramètre.

La salinité observée dans les eaux des puits de l'atoll de HAO est beaucoup plus importante et croît en fonction de la distance au lagon.

Cependant, rien ne permet de supposer qu'ils appartiennent à la même nappe. D'autre part, l'importante salinité (5,543 %) observée dans les puits n° 1 pourrait être la conséquence d'une remontée de l'interface eau douce - salée consécutive à des pompages itératifs nécessaires à l'irrigation de cultures du melon d'eau. A noter que cette culture est en voie de développement dans les atolls.

A KAUKURA la salinité enregistrée lors de l'analyse des eaux des puits est faible et ne semble pas corrélée à la distance au lagon.

## 2. Lagunes de l'atoll de Rangiroa

Des lagunes naturelles ou artificielles de la zone Nord Nord-Ouest de l'atoll de RANGIROA (Fig. 4) ont fait l'objet d'études de la part du LESE en collaboration avec l'EVAAM (271) (295).

Les principales caractéristiques physico-chimiques (dont la salinité) des eaux saumâtres de ces lagunes ont été mesurées lors de campagnes de prélèvements étalées sur une période voisine de deux ans.

Les lagunes artificielles de PAVETE I et III (Fig. 5 et 6) et OTEAEVA (Fig. 8) sont à certaines périodes de l'année reliées au lagon par un canal dans le but de collecter des alevins de poisson appât (dans le cadre d'études entreprises par l'EVAAM). Il en résulte d'importantes variations de salinité pour les mesures réalisées dans ces bassins.

En ce qui concerne la lagune de PAVETE I, la salinité décroît assez fortement lorsqu'on passe du point PV 1 le plus proche du lagon au point PV 8 le plus éloigné (Tableau II). Le rapport des valeurs entre ces deux points extrêmes atteint 24 à la période la plus sèche (septembre).

Les derniers prélèvements (novembre 1982) présentent des salinités beaucoup plus faibles et plus homogènes.

L'écart le moins important est observé au point PV 8 qui présente la plus faible salinité ; ceci paraît normal si l'on considère que ce point est le plus éloigné du lagon.

PAVETE II (Fig. 6) est une lagune naturelle peu profonde, caractérisée par une très faible salinité. (A signaler : les deux dernières valeurs nettement plus élevées, pourtant obtenues en saison des pluies, ce qui rend toute explication difficile).

PAVETE III (Fig. 6) se caractérise par une relative homogénéité de la salinité (Tableau II) aux différentes stations de prélèvements ; ceci paraît normal si l'on considère qu'il n'y a pas de cloisonnements entre celles-ci. Comme pour la lagune de PAVETE I, c'est en septembre que la salinité est la plus importante.

La lagune d'OTEAEVA (Fig. 8) présente également de très faibles salinités (Tableau II) bien que des variations notables soient observées. On constate, en effet, un rapport 7 entre les valeurs mesurées en février 81 et janvier 82.

La lagune artificielle d'HOA VAIMATA (Fig. 7) est une conséquence de la réalisation côté océan d'une voie de circulation sur la couronne récifale. Côté lagon, une dune s'est ensuite formée par ensablement. Toute communication avec ce dernier ne peut se faire que par l'intermédiaire de circulation souterraine à travers les sédiments sableux.

On observe dans cette langue des variations de salinité très importantes en fonction de la saison de prélèvement (Tableau III). Les eaux sont plus saumâtres en septembre qu'en juin et novembre. Ce phénomène est en liaison avec le régime des précipitations.

#### IV - Eaux saumâtres aux Iles Gambier

Sur la côte Est de RIKITEA, une étude hydrologique (391) a montré l'existence de nappes profondes. Elles se trouvent au niveau de la mer, dans des sables coralliens plus ou moins recouverts d'alluvions.

L'eau de ces nappes est assez chargée en sel dissous (445 mg/l) ; elle présente une résistivité comprise entre 1580 et 3250 cm à 25° C.

#### V - CONCLUSION

D'une façon générale, on peut constater que la lentille d'eau douce constitue dans les atolls une réserve d'eau saumâtre dont la salinité croît en fonction de la profondeur.

Les faibles valeurs observées en surface ramènent quelquefois ces eaux à la limite de la potabilité ; c'est le cas du puits situé dans le village d'AVATORU sur l'atoll de RANGIROA. Cependant, des pompes répétitifs - même de faible débit - font rapidement remonter des eaux de salinités plus importantes.

Dans les lagunes situées sur les récifs coralliens, les eaux saumâtres présentent des salinités variables en fonction de leur distance au lagon, mais également en fonction des saisons où l'on observe des valeurs maximales en période de sécheresse.

Les valeurs de salinité enregistrées dans certaines lagunes sont à rapprocher de celles observées au niveau supérieur des lentilles d'eau douce.

Enfin, dans les îles hautes, il apparaît que les eaux des lentilles situées au niveau de la mer sont également saumâtres.

Les connaissances sur les eaux saumâtres des récifs coralliens méritent d'être développées compte tenu du nombre d'atolls pouvant être habités sur le territoire de la Polynésie Française. Les données actuellement disponibles ont été acquises à l'occasion d'études très spécifiques : projet d'exploitation des phosphates sur l'atoll de MATAIVA - étude d'impact sur l'environnement ou élevage d'un poisson appât, le "Chanos chanos" dans les lagunes de l'atoll de RANGIROA.

L'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation de certaines cultures en voie de développement sur les atolls des TUAMOTU, devrait, dans un avenir proche, inciter à compléter les connaissances dans ce domaine.

Le problème d'exploitation de ces eaux n'a pas échappé à la Commission du Pacifique Sud qui, dans le cadre du programme régional océanien sur l'environnement (PROE) et du projet "Island water quality projects" a demandé à ses correspondants, dont le LESE, de développer des études dans ce sens.

TABLEAU I

PUITS**	Atoll de RANGIROA		Atoll de HAO		Atoll de KAIKURA	
	Salinité S ‰	Distance* du lagon	Salinité S ‰	Distance* du lagon	Salinité S ‰	Distance* du lagon
1	0,31	250	5,543	200	0,589	800
2	0,39	150	2,646	100	1,796	300
3	0,753	50	2,578	50	0,599	50
4	0,1	200				

\* Les distances sont approximatives et exprimées en mètres

\*\* Les puits sont situés dans des zones urbaines ou à proximité

TABLEAU II

LAGUNES	Points de prélèvements	Salinité (S ‰) à différentes dates							
		24/02/81	10/06/81		09/09/81		20/01/82		25/11/82
			9 H	11 H	15 H		8 H	14 H	
PAVETE I	PV 1	3,276	3,311	3,320	3,288	11,962	3,99	4,034	1,745
	PV 4	3,486	1,805	1,821	1,826	4,02	2,849	2,870	1,648
	PV 6	1,092	0,820	0,827	0,884	2,325	1,575	1,610	1,118
	PV 8	0,473	0,259	0,261	0,315	0,500	0,631	0,643	0,342
PAVETE II	2 A	0,123	0,045	0,047	0,101	0,288	0,242	0,240	2,188
	2 B	0,118	0,091	0,094	0,102	0,283	0,234	0,236	2,010
PAVETE III	PV 9	4,204	3,247	3,218	3,364	4,979	3,253	3,514	-
	PV 10	3,885	5,193	5,104	5,114	7,264	3,726	3,775	4,519
	PV 11	3,804	5,607	5,575	5,615	7,810	3,999	4,032	4,523
OTEAEVA	0 1	0,155	-	0,187	-	1,735	1,980	-	0,535
	0 2	0,206	-	0,243	-	1,354	2,158	-	0,480
	0 3	0,275	-	0,331	-	1,417	2,137	-	0,475
	0 4	0,418	-	0,323	-	1,513	1,916	-	0,432

TABLEAU III - Lagune d'hoë Veimate.

Date de prélèvements	Salinité (S ‰) en différents de prélèvements				
	L1	L2	L3	L4	L5
23/02/81 (09H)	4,564	4,553	4,600	4,579	4,687
25/02/81 (16H)	4,670	4,541	4,543	4,463	4,566
09/06/81 (09H)	4,479	4,433	4,400	4,196	4,013
09/06/81 (16H)	4,430	4,419	4,389	4,230	4,097
10/06/81 (21H)	4,444	4,459	4,390	4,378	4,287
11/06/81 (0430)	4,421	4,408	4,433	4,378	4,349
07/09/81 (09H)	10,280	10,280	10,230	10,132	9,873
08/09/81 (09H)	10,383	10,351	10,239	10,124	9,873
08/09/81 (16H)	10,397	10,297	9,967	10,196	9,332
18/01/82 (16H)	5,284	5,233	5,242	5,284	5,325
19/01/82 (08H)	5,384	5,331	5,368	5,358	5,342
21/01/82 (16H)	5,786	5,762	5,893	5,715	5,715
24/11/82 (16H)	3,163	3,462	3,120	3,820	3,887
25/11/82 (08H)	3,179	3,145	3,175	3,212	3,242
25/11/82 (13H)	3,210	3,222	3,600	3,421	3,979
25/11/82 (16H)	3,248	3,200	3,559	3,536	3,738
25/11/82 (18H)	3,483	3,256	3,439	3,479	3,738
25/11/82 (21H)	3,361	3,276	3,246	3,373	3,411
25/11/82 (24H)	3,349	3,278	3,268	3,197	3,496
26/11/82 (08H)	3,119	3,070	3,064	3,025	2,877

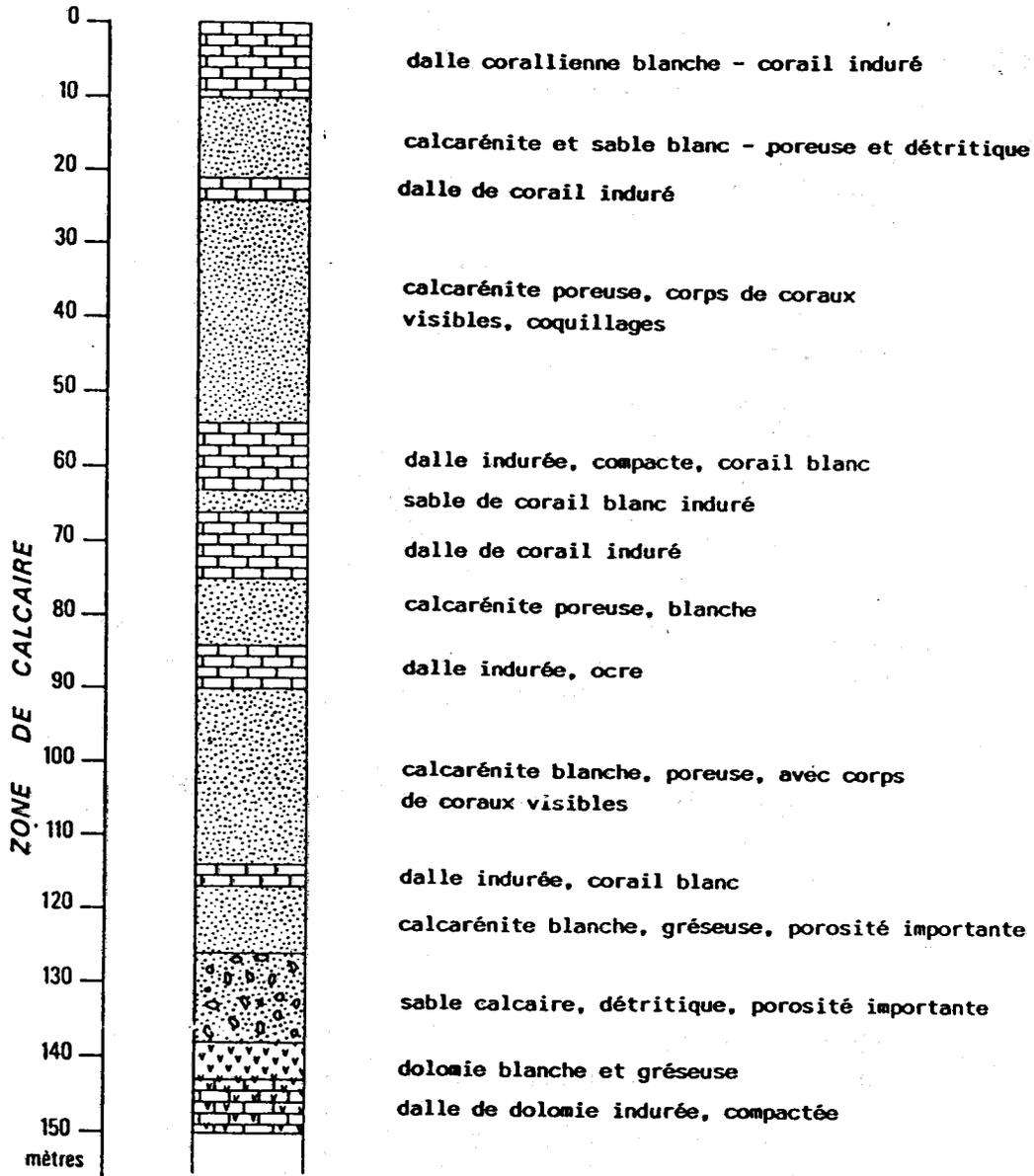


fig.1 — ZONE CORALLIENNE. Synthèse géologique.

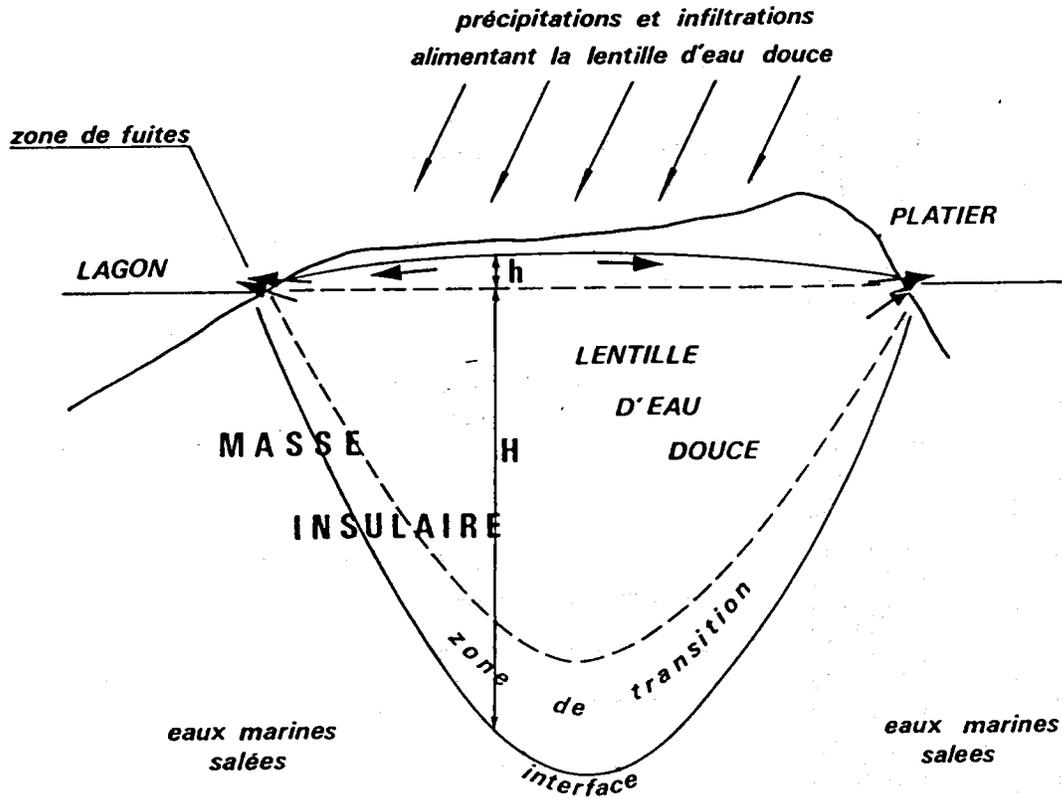
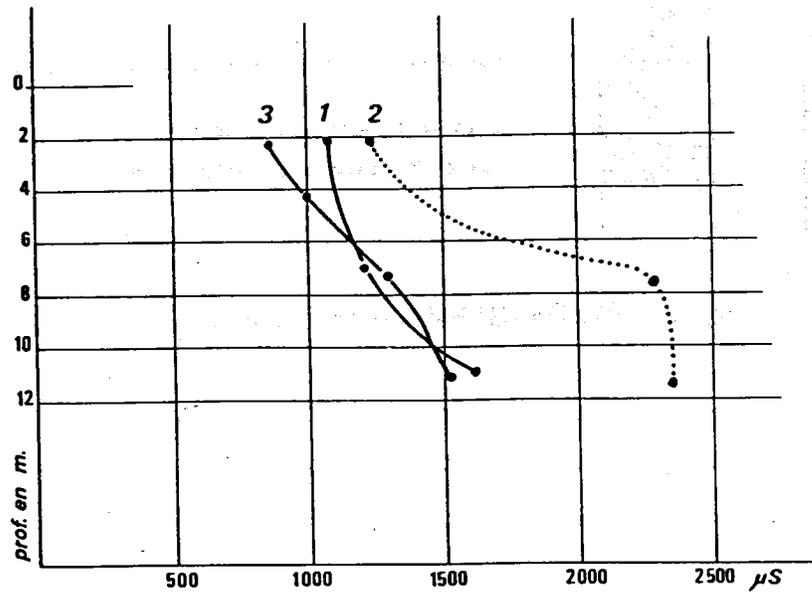


fig. 2 — Schéma de principe de la lentille GHYBEN-HERZBERG.



- 1 avant pompage
- 2 à l'arrêt du pompage
- 3 5 jours après l'arrêt

fig. 3 — Évolution de la conductivité.

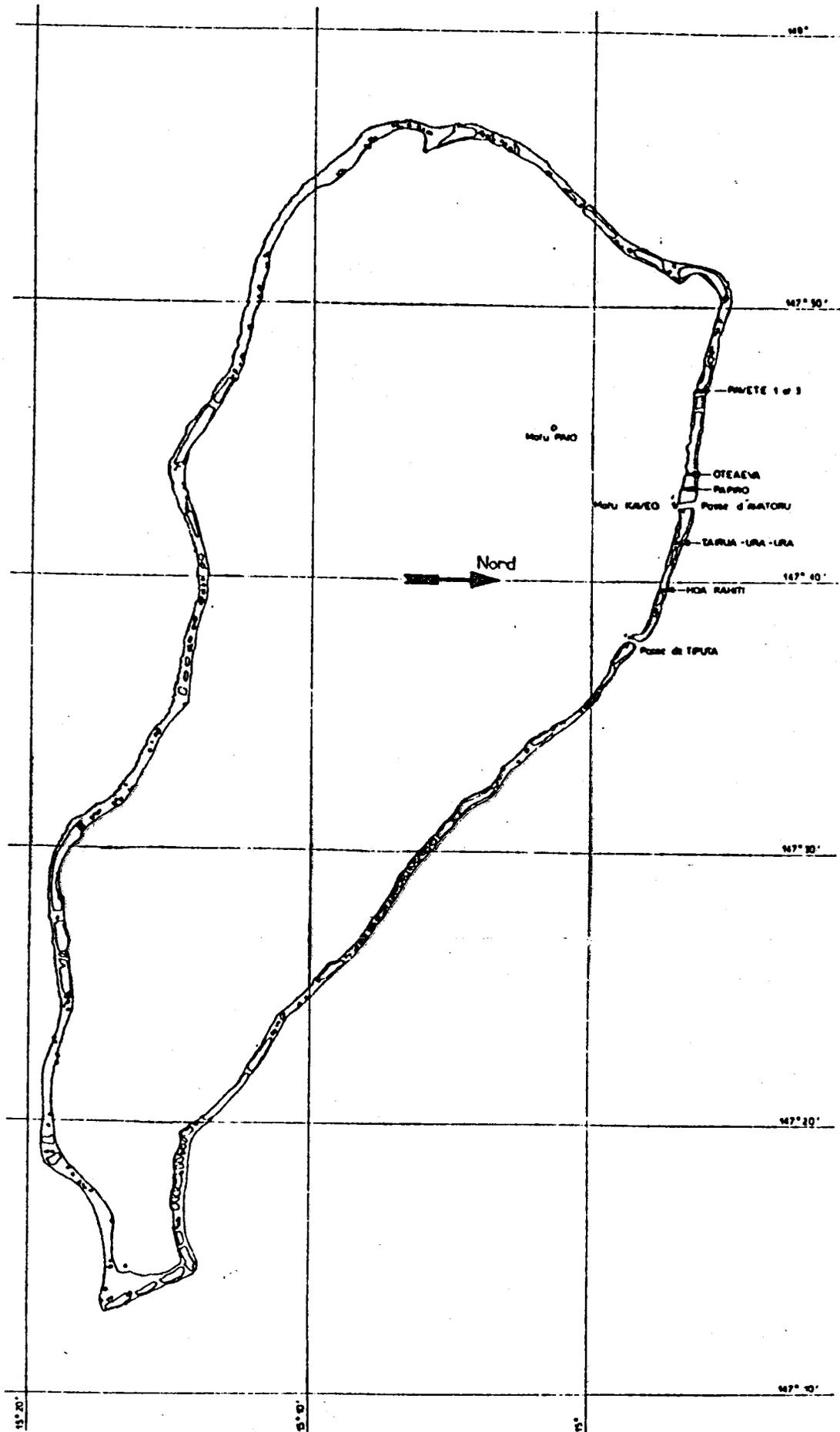


fig 4 : Atoll de Rangiroa

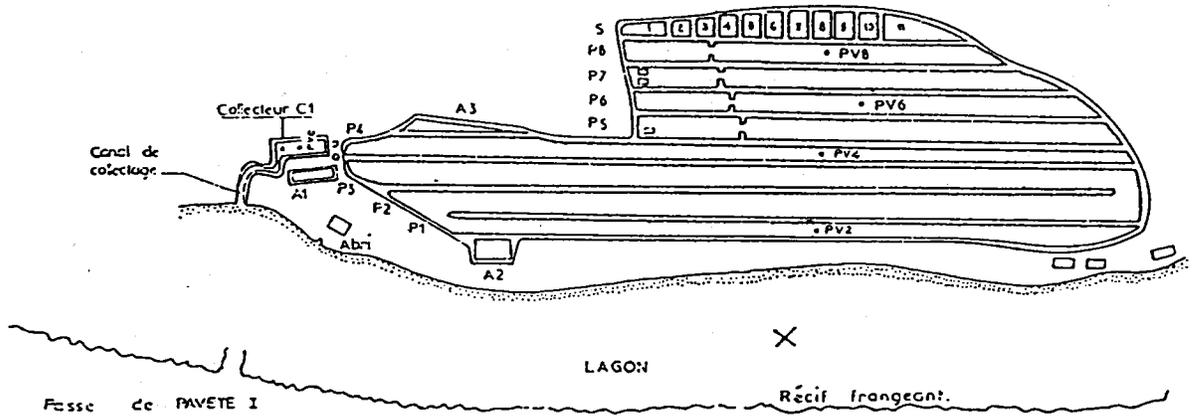


Figure 5 : Bassins de PAVETE I et points de prélèvements.

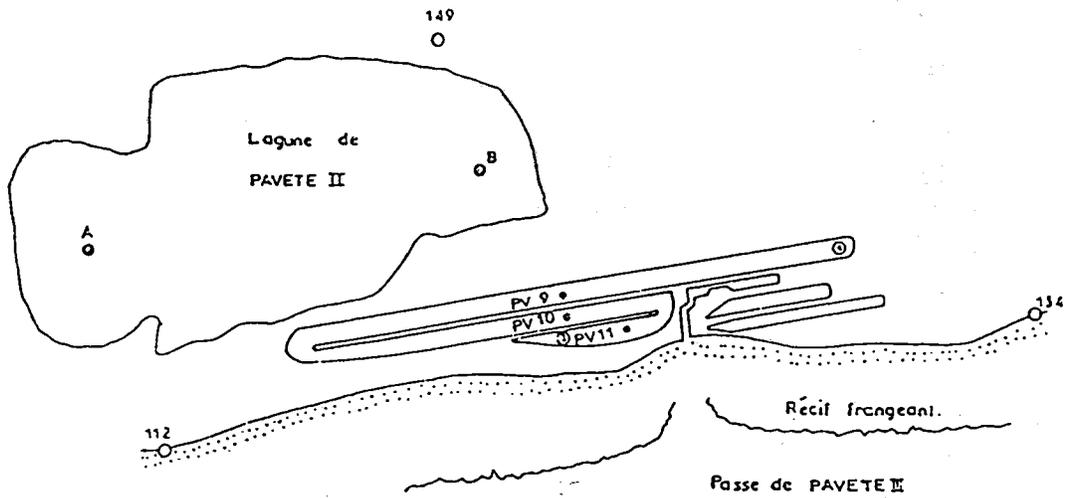


Figure 6 : Bassin de PAVETE III, lagune de PAVETE II et points de prélèvements.

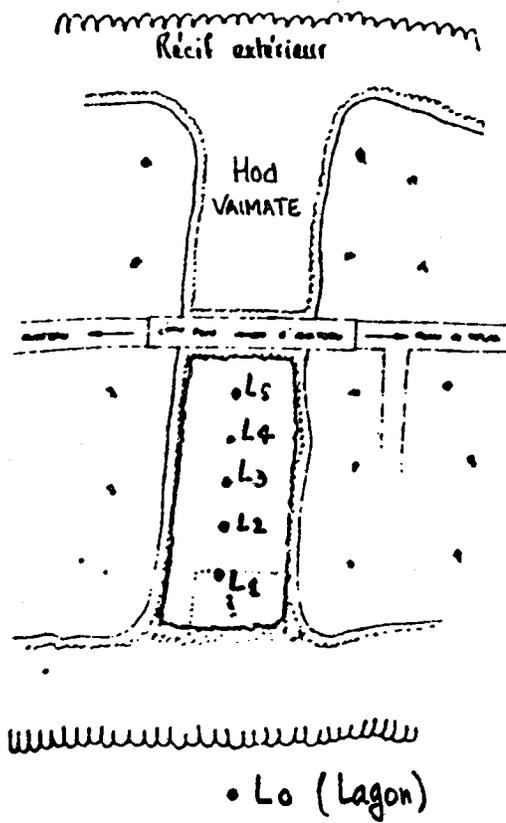


Figure 7 : Bassin A1. (Hoa VAIMATE) et points de prélèvements

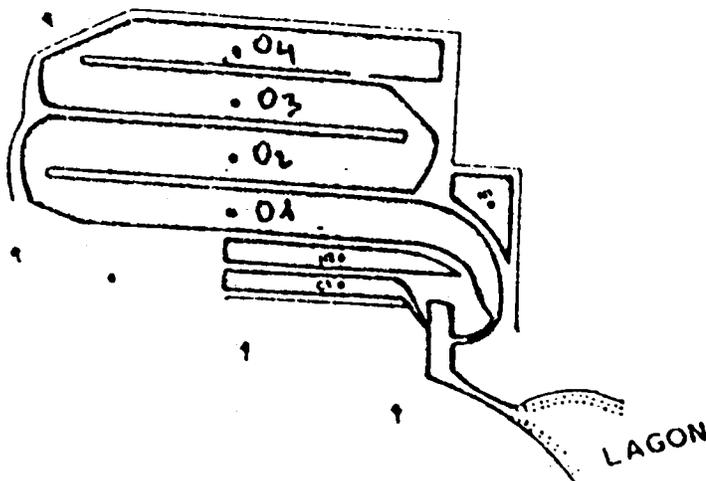


Figure 8 : Bassin de OTEAEVA

## CHAPITRE 4

### LA PRODUCTION BIOLOGIQUE

par

**RICARD Michel**

Laboratoire de Cryptogamie - Muséum National d'Histoire Naturelle -  
12, rue Buffon - 75005 - PARIS

et Antenne Muséum / E.P.H.E. - B.P. 12 - MOOREA - Polynésie Française

P L A N

I - INTRODUCTION

II - LES PRODUCTEURS PRIMAIRES

1. Algues microscopiques

- 1.1. Phytoplancton
- 1.2. Microphytobenthos
- 1.3. Algues symbiotiques

2. Algues macrophytiques

- 2.1. Algues calcaires
- 2.2. Algues non calcaires

III - LES PRODUCTEURS SECONDAIRES

- 1. Le zooplancton
- 2. Les peuplements benthiques animaux

- 2.1. Madréporaires
- 2.2. Mollusques
- 2.3. Echinodermes
- 2.4. Crustacés
- 2.5. Alcyonaires
- 2.6. Annélides
- 2.7. Eponges
- 2.8. Actinies
- 2.9. Hydraires et Bryozoaires
- 2.10. Foraminifères
- 2.11. Méiofaune interstitielle

3. Les poissons

IV - LE METABOLISME DES RECIFS

V - CONCLUSIONS

## I - INTRODUCTION

Les écosystèmes coralliens de Polynésie sont situés au sein d'un des océans les plus oligotrophes de la planète mais, paradoxalement, sont souvent considérés comme des systèmes hautement productifs. Cette impression s'appuie plus sur des impressions subjectives, liées à l'exubérance de certains peuplements que sur des valeurs raisonnées et comparées des diverses productions primaires et secondaires. De plus, dans de nombreux cas, ce sont des organismes d'apparence discrète, comme les cyanophycées des sédiments, ou cachée, comme les algues symbiotiques des coraux, qui contribuent de façon importante à la production primaire carbonée de certains biotopes ; de même, la cryptofaune, difficilement observable *in situ*, constitue une part importante de la biomasse organique animale du système corallien.

Par ailleurs, la diversité géomorphologique des écosystèmes coralliens est importante aussi bien dans les îles hautes que dans les atolls, et cette diversité est un obstacle supplémentaire à leur étude qui n'a vraiment débuté, avec des techniques modernes, qu'aux environs des années 60. En Polynésie, où les recherches dans le domaine de la biologie marine peuvent être considérées comme ayant suivi une progression maximale au cours des 20 dernières années, l'hydrologie, la chimie des eaux et la production biologique ont fait l'objet de nombreuses recherches qui ont débouché sur de non moins nombreux rapports, thèses et ouvrages scientifiques divers dont la synthèse fera l'objet de ce document : les résultats sur la production biologique, notamment, seront replacés dans le schéma de fonctionnement global de l'écosystème corallien.

La Production Biologique Naturelle en milieu corallien peut être abordée selon deux approches non exclusives l'une de l'autre : selon une analyse globale du fonctionnement de l'écosystème ou selon une analyse fractionnée de la productivité respective de chacun de ses constituants, les résultats obtenus étant replacés au sein d'un ensemble trophique que l'on a coutume d'appeler "chaîne alimentaire". Cette chaîne alimentaire est constituée de plusieurs "maillons" représentant chacun des divers grands groupes biologiques qui peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Les producteurs primaires
- Les producteurs secondaires

Les Producteurs Primaires sont les organismes végétaux. Ils sont autotrophes, c'est-à-dire capables de fixer le gaz carbonique au cours du mécanisme de la photosynthèse. La lumière est l'agent énergétique de cette production primaire dont l'intensité est également conditionnée par la quantité de sels nutritifs minéraux (nutriants) présents dans le milieu, tels les nitrites, nitrates, silicates et phosphates. Parmi les producteurs primaires, citons les algues libres ou symbiotiques, planctoniques ou benthiques, microscopiques ou macroscopiques et les phanérogames marins.

Les Producteurs Secondaires comprennent deux sous-ensembles : les consommateurs primaires et les consommateurs secondaires.

- Les consommateurs primaires sont des organismes animaux, rarement des organismes végétaux, incapables de photosynthétiser la matière organique à partir des constituants minéraux : ils sont hétérotrophes. Ces organismes consomment les producteurs primaires et, de ce fait, assurent le lien entre les organismes autotrophes et les organismes hétérotrophes qui sont également les consommateurs secondaires. Parmi les consommateurs primaires, citons plus particulièrement le zooplancton.

- Les consommateurs secondaires sont également des producteurs secondaires, mais qui consomment uniquement d'autres producteurs secondaires. Ils se composent d'espèces animales extrêmement diversifiées qui vont du petit crustacé au thon, et de la méduse ou du coquillage au requin.

Dans les pages qui suivent vont être analysés les principaux résultats obtenus dans l'estimation de la Production Biologique Naturelle de certains des principaux producteurs. L'approche globaliste de l'écosystème est relativement séduisante mais présente l'inconvénient de ne pas permettre une analyse fine du fonctionnement de celui-ci et, par conséquent, de rendre impossible à la fois l'identification des divers chaînons et la quantification de leur production ; néanmoins, le bilan exposé ci-après fera parfois référence à cette approche.

## II - LES PRODUCTEURS PRIMAIRES

En Polynésie les Phanérogames sont peu représentés, notamment sous forme d'herbiers, alors qu'ils sont abondants en Micronésie : ce sont donc des cryptogames marins, c'est-à-dire des algues, qui assurent la quasi totalité de la production de matière organique par photosynthèse. Pour la commodité de la représentation des résultats, les algues ont été divisées en deux catégories : les algues microscopiques et les algues macroscopiques ou macrophytiques.

### 1. Les algues microscopiques

Les algues microscopiques comprennent trois grands groupes :

- Les algues planctoniques
- Les algues benthiques
- Les algues symbiotiques

Les algues planctoniques, constituant le phytoplancton, sont les seuls producteurs océaniques mais ne représentent qu'une très faible part des producteurs côtiers et lagunaires ; les algues benthiques microscopiques, formant le microphytobenthos, sont très abondantes dans les lagons et sont soit épipéliques, épipsammiques ou épiphytes. Les algues symbiotiques appartiennent également au phytobenthos mais de par leur physiologie forment un groupe à part.

#### 1.1. Le phytoplancton

L'étude du phytoplancton des divers biotopes lagunaires et océaniques a plus particulièrement porté sur :

- Inventaire taxinomique des principaux groupes.

- Biomasse et production du phytoplancton : bilans énergétiques globaux, importance comparée du micro et du nanoplancton, étude fine de la chlorophylle planctonique.

- Cycles annuels, saisonniers, nyctéméraux ; cycles comparatifs des lagons d'atolls et d'îles hautes.

- Bioindicateurs et traceurs biologiques : pollution, traçage des masses d'eau, effet de masse insulaire.

Ces recherches ont principalement porté sur les lagons des îles hautes de l'archipel de la Société (Tahiti et Moorea) et sur les lagons d'atolls des Tuamotu (Takapoto, Mururoa, Tikehau, Rangiroa et Mataiva) ; d'autres recherches plus fragmentaires et plus ponctuelles ont été consacrées à d'autres îles : atoll de Scilly, de Fangataufa, de Hao et archipel des Marquises. Du point de vue floristique ont été prospectées toutes les îles hautes de l'archipel de la Société, à l'exception de Maupiti. Des recherches plus particulières ont été menées dans les eaux océaniques bordant Tahiti et Moorea afin d'essayer de mettre en évidence, tant par des indicateurs biologiques, l'existence d'un effet de masse insulaire. Les résultats acquis mettent en évidence trois phénomènes principaux :

- La pauvreté de la biomasse phytoplanctonique et la faiblesse de la production primaire des eaux océaniques et des eaux lagunaires qui, bien que plusieurs fois plus productives que celles de l'océan restent, malgré tout, dans la catégorie des eaux oligotrophes : cette pauvreté tient essentiellement à la pauvreté en sels nutritifs des eaux de la couche euphotique.

ILES/ARCHIPELS	CHLOROPHYLLE-a mg/m <sup>3</sup>		CARBONE ASSIMILÉ mg/m <sup>3</sup> /J	
	lagon	océan	lagon	océan
Archipel de la Société :				
- Tahiti (île haute)	0,20	0,09	45	15
- Moorea (île haute)	0,15	0,10	27	17
- Scilly (atoll)	0,15	0,06	48	-
- Tupai (atoll)	0,40	0,06	-	-
Archipel des Tuamotu :				
- Tikehau (atoll)	0,23	0,10	-	-
- Mataiva (atoll)	0,20	0,05	35	-
- Hao (atoll)	0,25	0,10	-	-
- Mururoa (atoll)	0,22	0,08	-	-
- Fangataufa (atoll)	0,15	0,08	-	-
- Rangiroa (atoll)	0,20	0,08	-	-
- Takapoto (atoll fermé)	0,46	0,14	50	-
Archipel des Marquises :				
- Hiva-Oa (île haute)		2,32		123
Archipel des Australes :				
- Rapa (île haute)	0,35	0,15	-	-

**PHYTOPLANCTON** : Tableau récapitulatif des diverses valeurs de la biomasse (exprimées au travers des concentrations en chlorophylle-a) et de la production primaire carbonée (exprimée en mg de C assimilé par m<sup>3</sup> et par jour) dans les lagons et les eaux océaniques côtières de diverses îles de Polynésie.

L'importance de l'influence continentale au niveau des eaux lagunaires. Cette influence revêt deux aspects selon que l'on s'adresse à des lagons d'îles hautes soumises aux rejets directs telluriques ou à des lagons d'atoll dont le renouvellement des nutriments utilisés se fait principalement par l'intermédiaire du substrat corallien à partir des couches eutrophes profondes de l'océan.

- Les modalités physiologiques particulières de ce phytoplancton tropical dont les adaptations à un milieu pauvre en nutriments, à l'exception des silicates, et riche en énergie lumineuse, se traduit par un taux de renouvellement accéléré de certains processus, la reminéralisation par exemple, et par une photoinhibition plus ou moins marquée des cellules des eaux superficielles.

### 1.2. Le microphytobenthos

Si le phytoplancton a été bien étudié au sein de biotopes très diversifiés, le microphytobenthos n'a fait l'objet que de quelques recherches ponctuelles :

- Tout d'abord, les estimations de production carbonée ont été surtout consacrées au phytoplancton pour lequel la méthodologie est éprouvée et permet l'obtention de résultats comparables entre eux, notamment avec ceux des zones tempérées où le phytoplancton est très productif, y compris dans les écosystèmes côtiers.

- Ensuite, lorsqu'a été constatée la faible production phytoplanctonique des milieux coralliens et la présence d'un "chaînon" manquant dans le bilan productif de la chaîne alimentaire, certaines recherches se sont plus particulièrement focalisées sur le microphytobenthos et sur les algues symbiotiques.

Dans le domaine du microphytobenthos, les résultats acquis sont relativement peu nombreux mais extrêmement parlants : la production primaire des sables à cyanophycées du lagon de Moorea est de l'ordre de 0,6 g de carbone/m<sup>2</sup>/j pour des biomasses estimées à 0,9 mg de chl-a/m<sup>2</sup>, soit des valeurs largement supérieures à celles mesurées pour le phytoplancton (SOURNIA, 1976). Outre leur forte productivité, certaines cyanophycées benthiques présentent, à des degrés variables, la particularité de fixer directement l'azote atmosphérique et de contribuer ainsi à l'enrichissement direct du milieu en azote minéral ; par ailleurs, ces algues produisent de grandes quantités d'oxygène dans les biotopes sableux des lagons d'atolls et d'îles hautes. Cette production carbonée élevée est à mettre directement en relation avec la présence de certains organismes animaux comme les holothuries qui se nourrissent de la matière organique des sédiments et dont les densités augmentent fortement sur les étendues sableuses riches en cyanophycées (SOURNIA, loc. cit.).

Parmi les travaux plus particulièrement consacrés aux cyanophycées, citons le travail de CHAINE (1982) qui a étudié les cyanophycées des Tuamotu.

### 1.3. Les algues symbiotiques

La symbiose entre certains organismes animaux et les algues unicellulaires symbiotiques, appartenant au genre *Symbiodinium* (Dinophycées) est une des grandes particularités des écosystèmes tropicaux. Ces phénomènes de symbiose touchent plus particulièrement les Mollusques bivalves du groupe des Tridacnes et les coraux hermatypiques. Cette symbiose qui, à la limite, fait considérer les bénitiers et les coraux comme des producteurs primaires, est un des éléments essentiels de la chaîne trophique. Le travail de RICARD et SALVAT (1977) sur *Tridacna maxima* a permis d'avoir une estimation de la biomasse micro-algale présente dans la chair du bénitier et de la production par pseudofaeces en matière organique végétale ; de son côté, JAUBERT (1977; 1981) a étudié la teneur et la distribution des symbiontes algaux dans les tissus du corail *Synarea convexa* sur la pente externe et dans le lagon de l'atoll de Takapoto. Ces valeurs, comparées avec la production globale de ces organismes animaux estimée par la méthode de l'oxygène dissous, permettent d'obtenir des valeurs de production propres à l'hôte et au symbionte.

### 2. Les algues macrophytiques

Du fait de l'absence, en Polynésie, d'importants herbiers à Phanérogames, les algues macroscopiques représentent les thallophytes dont la production primaire est prépondérante en milieu corallien au même titre que celle des coraux hermatypiques.

Le tableau comparatif ci-après a été établi à partir de données soit calculées directement, soit extrapolées à partir de données estimées dans d'autres biotopes coralliens (RICARD, 1980).

. phytoplancton (lagon)	0,04 g Carbone/m <sup>2</sup> /j
. cyanophycées (sable)	1,00 g Carbone/m <sup>2</sup> /j
. coraux hermatypiques	5,50 g Carbone/m <sup>2</sup> /j
. algues macrophytiques (valeur moyenne)	4,20 g Carbone/m <sup>2</sup> /j

Ce tableau met en évidence des différences d'1 facteur 100 entre les producteurs planctoniques et benthiques et la faible importance de ceux-là dans le milieu corallien.

Les travaux sur les algues ont porté à la fois sur les algues calcaires, calcifiées et molles du lagon et de la pente externe, mais se sont plus particulièrement focalisés sur la production et sur les cycles de certaines algues brunes et vertes des lagons et de la pente externe, sans oublier la crête algale.

#### 2.1. Les algues calcaires

Dès 1965, la flore constitutive des édifices coralliens a été étudiée par DENIZOT (1968) qui s'est plus particulièrement attaché aux algues rouges encroûtantes, les floridées, et les résultats portent sur l'anatomie, la reproduction et la calcification. La production carbonée globale a été étudiée par SOURNIA, DELESALLE et RICARD à Moorea (1981) qui ont évalué le métabolisme global, net et apparent, de l'écosystème. Les résultats obtenus font ressortir trois faits importants :

- Production organique brute élevée mais production nette faible.

- Quotient photynthétique inférieur à 1 mais quotient respiratoire supérieur à 1.

- Déficit en calcification de cette partie du récif pouvant laisser croire à une régression momentanée.

## 2.2. Les algues non calcaires

Les principaux résultats font référence aux travaux de PAYRI (1982) qui s'est tout particulièrement intéressé aux macrophytes du lagon de Tiahura au cours de son étude de *Turbinaria ornata* (Phéophycées). Cette étude a montré :

- Une pauvreté spécifique du secteur (une centaine d'espèces décrites), qui peut s'expliquer par un isolement important des continents et la relative jeunesse géologique de cet archipel. Les conditions écologiques du milieu sont certainement les plus déterminantes dans la répartition des algues. Le substrat et la qualité des eaux jouant un rôle primordial dans l'installation d'une flore algale. Le petit nombre d'espèces a permis de repérer la répartition dans le secteur, de la majorité des plantes, et de donner une zonation générale pour la plupart d'entre elles.

- Une faible abondance des algues molles dans cette région du Pacifique. Les macroalgues ne représentent que 6 % de la surface prospectée (60 m<sup>2</sup> sur 1 500 m<sup>2</sup> sont occupés par ces algues) et leur biomasse atteint 289 kg en poids humide. Le frangeant, qui présente le plus gros recouvrement algal (34 m<sup>2</sup>) avec *Padina commersonii* et *Turbinaria ornata*. Le récif barrière et la crête ont des biomasses importantes, respectivement 137 kg et 113 kg en poids humide, alors que les recouvrements ne représentent que 1,1 % de la surface prospectée sur la barrière et 26 % sur la crête. A chaque milieu considéré, pour ce qui est des recouvrements, une espèce est dominante et constitue plus de 80 % du peuplement algal mesuré. *Padina commersonii* pour le récif frangeant, *Turbinaria ornata* pour le récif barrière et la crête. Pour les biomasses les dominantes sont moins nettes sur le récif frangeant, sur le récif barrière et sur la crête : les *Turbinaria* représentent respectivement 99 % et 84 % de la biomasse algale. Il faut signaler que les gazons sont très répandus sur les récifs coralliens. En terme de productivité, ces gazons de quelques millimètres de haut sont au moins aussi importants que les macro-algues, même si leur biomasse paraît négligeable.

- Une stabilité des populations dans le secteur prospecté durant les 4 mois d'étude. Cependant, les chiffres obtenus, comparés à ceux des années précédentes, montrent, pour certaines algues, des variations importantes dans le temps et dans les zones de la radiale.

Il faut noter que le bilan global varie peu d'année en année, même si celui de chaque espèce varie.

Des résultats intéressants ont été également obtenus à Mataiva (Tuamotu) (PAYRI in DELESALLE et al., 1981) qui présente, dans l'ensemble,

une flore algale assez homogène graduellement modifiée aux abords de la passe et des hoas. Les herbiers à *Halophila* phanérogame marin, sont importants, fait exceptionnel en Polynésie ; de même, la présence relativement abondante d'algues du genre *Halimeda* (du groupe *Opuntia*) est particulière à cet atoll. Notons également que les Cyanophycées représentent, à Mataiva, des biomasses non négligeables.

Les recherches ont été complétées par NAIM (1980) dont les travaux, sur la faune associée aux algues de Moorea, ont permis de réaliser une estimation des recouvrements et des biomasses d'algues molles du lagon de Tiahura (île de Moorea).

### III - LES PRODUCTEURS SECONDAIRES

#### 1. Le zooplancton

Les travaux sur le zooplancton ont débuté bien avant ceux réalisés sur le phytoplancton mais, paradoxalement, relativement peu de chercheurs ont travaillé sur ce sujet. Ces études, débutées en 1953 avec les travaux de ROSE, ont plus particulièrement porté sur les atolls des Tuamotu et notamment Mururoa, Fangataufa, Rangiroa et Hao (MICHEL, 1969) ; par la suite, ils ont été complétés par les recherches de RENON (1977, 1981) travaillant sur Takapoto et sur Mataiva, par BOURRET et al., (1979) et LE BOURHIS et al., (1977) à Mururoa et par GUEREDRAT et ROUGERIE (1978) également sur Takapoto.

A Takapoto, les principales caractéristiques de ce lagon, entièrement clos, résident principalement dans les différences entre les eaux superficielles et les eaux sous-jacentes d'une part, et d'autre part, dans les différences entre le plancton océanique et le plancton lagonaire : dans les eaux superficielles les biomasses varient de 4 à 47 mg/m<sup>3</sup> alors que, dans les eaux plus profondes, ces valeurs peuvent atteindre 170 mg/m<sup>3</sup> avec des valeurs moyennes oscillant entre 35 et 90 mg/m<sup>3</sup>. Dans l'océan, les valeurs sont 2,5 à 6 fois inférieures à la moyenne des biomasses lagonaires. A Rangiroa, atoll largement ouvert aux influences les plus élevées étant observées durant la nuit. Les travaux de MICHEL (1969) mettent en évidence, comme à Takapoto, la présence de fortes variations de la biomasse en zooplancton de la couche superficielle. Les maxima s'observent entre 18 H et 24 H, et ceci plus particulièrement pour des espèces du genre *Canthocalanus* et *Undinula*. Selon les stations, les biomasses varient de 200 à 780 mg/m<sup>3</sup> pour une valeur moyenne de 415 mg/m<sup>3</sup> soit 13 fois plus élevées que celles observées aux stations extérieures, durant la nuit, dans la courbe 0-50 mètres. BOURRET et al., (1977) confirment ces résultats et fournissent d'intéressantes informations qualitatives et quantitatives sur le plancton profond océanique à proximité de l'atoll.

MICHEL et al., (1971) travaillant à Rangiroa ont observé dans l'océan des valeurs en biomasse variant de 7 à 9 mg/m<sup>3</sup> dans les eaux océaniques proches durant le jour et 12 à 21 pendant la nuit. Dans le lagon les valeurs sont habituellement plus élevées, et selon les stations considérées, varient de 17 à 3 100 mg/m<sup>3</sup>.

Dans l'archipel de la Société, RENON (1979) s'est plus particulièrement intéressé à l'influence des cycles lunaires sur la

production, aux cycles nycthémeraux et au plancton démersal ; en complément de ces travaux a été étudiée la distribution de la biomasse zooplanctonique autour de l'île de Moorea, en fonction des divers biotopes lagunaires et océaniques côtiers (LEFEVRE, 1983). Les résultats obtenus indiquent une très grande variation dans la distribution des biomasses zooplanctoniques, principalement en fonction de la géomorphologie du lagon et de l'importance des diverses influences océaniques et continentales.

## 2. Les peuplements benthiques animaux

L'étude des peuplements animaux vivant sur le fond, à l'état libre ou fixé, ou bien dans des substrats divers, a fait l'objet de nombreux travaux qui ont plus particulièrement porté sur :

- L'inventaire faunistique
- La répartition qualitative, l'écologie des espèces et les relations trophiques
- Les bilans quantitatifs des peuplements
- La dynamique des peuplements et des cycles
- L'estimation de la production de matière vivante

Tous les groupes faunistiques n'ont pas été également étudiés, et même certains ne l'ont pas été du tout, comme les Ascidies, les Zoanthaires, les Balanoglosses et les sipuncles ; de même, tous les groupes étudiés ne l'ont pas été sous le même angle, certains ne présentant qu'un intérêt systématique ou bien pour la dynamique de ses populations, ou encore pour leur écologie. Les divers groupes cités ci-après seront décrits en s'attachant plus particulièrement à l'aspect production biologique.

### 2.1. Les Madréporaires

L'inventaire systématique et faunistique peut être considéré comme achevé. Leur bionomie a été établie pour tous les grands ensembles d'îles hautes et d'atolls, de lagons et de récifs extérieurs. Des prospections sur les pentes externes, au-delà de 50 m en particulier, offrent néanmoins toujours un grand intérêt, car elles ont été exceptionnelles jusqu'à présent. La répartition quantitative a été établie à Tiahura en 1971 et en 1979. Des études de métabolisme (JAUBERT et al.,) complètent ces recherches sur les coraux, réalisées essentiellement par C. BOUCHON, J-P. CHEVALIER, G. FAURE (tout récemment), D. KUHLMANN et, d'une manière beaucoup plus occasionnelle par R. BERIGAUD et O. NAIM.

BERIGAUD (1972) a montré à Moorea que, sur les 30 espèces recensées, 14 espèces sont représentées dans au moins deux zones, et 10 d'entre elles figurent sur le récif frangeant et sur le récif barrière. Cette dernière zone est à la fois la zone la plus riche en espèces et celle qui affiche les plus grandes surfaces de coraux vivants. Du point de vue des dominances et pour l'ensemble du transect, on peut constater la part énorme prise par des colonies aux formes encroûtantes ou semi-branchues : **Porites**, **Psammocora**, **Montipora** et **Acropora** occupent ensemble plus de 88 % de l'espace colonisé par les madrépores. Une estimation des biomasses en coraux, par zones et pour l'ensemble du transect indique que celles-ci sont comprises entre 58 (zone frangeante) et 73 (zone-barrière) g/m<sup>2</sup>.

CHEVALIER (1978) dans son étude de la faune corallienne de la Polynésie Française, recense 114 espèces de Sclératiniaires (Madréporaires) et 3 espèces d'Hydrocoralliaires ; ce recensement ne tient pas compte des espèces d'eaux profondes. De ses observations il constate que la faune corallienne est plus riche sur les récifs entourant les îles volcaniques que sur les atolls ; la Société est, par exemple, plus riche que les Tuamotu ; de plus, il note une raréfaction des coraux vers le sud-est de la Polynésie par suite de la diminution de la température de surface des eaux. Dans les Tuamotu, il y a peu de différences entre la partie externe du récif (platier et pente externe) des diverses îles étudiées mais, dans le lagon, il existe une grande diversité liée à la morphologie de l'atoll, à la houle, à la sédimentologie. Dans les lagons d'atolls, les hoas contrôlent les peuplements madréporiques : si les hoas sont nombreux, la faune est diversifiée, tandis que, si le lagon est fermé, la diversité est très faible, pouvant être réduite à 1 comme dans le cas de l'atoll de Taiaro où une seule espèce est présente, *Porites lobata*. Les Marquises présentent des particularités intéressantes liées à la faible importance des formations coralliennes pour des raisons diverses dont la température des eaux et l'éloignement des centres de dispersion : CHEVALIER note une absence totale du genre *Acropora*, le plus souvent genre constructeur de récifs, qui est en partie remplacé par *Millepora*, *Pocillopora* et *Porites*.

## 2.2. Les Mollusques

L'inventaire, la répartition qualitative et quantitative ont été étudiés dès 1965 et ont fait l'objet de nombreux travaux pour tous les milieux. Seules restent à établir les données relatives aux pentes externes, aux hauts-fonds et aux micro-mollusques dont l'étude a été entreprise par TRONDLE. Le groupe des Mollusques est celui pour lequel nous avons le plus d'avance, ce qui tient au fait que deux chercheurs, G. RICHARD et B. SALVAT s'y consacrèrent à temps plein pendant plusieurs années. Dans une étude plus générale de la faune des sédiments, B. THOMASSIN a contribué à la connaissance de l'endofaune malacologique de Tiahura.

Dans le domaine des Mollusques, les études les plus importantes ont été réalisées par RICHARD (1982) qui a fait l'inventaire des mollusques lagonaires et récifaux de Polynésie Française en s'attachant plus particulièrement à l'estimation de la biomasse, aux bilans quantitatifs, à la croissance et à la production de plusieurs espèces de mollusques. La richesse spécifique globale de la faune malacologique polynésienne (971 espèces) est principalement le fait des Néogastéropodes. Le nombre d'espèces dans chaque biotope est très variable et l'on note une plus grande richesse spécifique des îles hautes par rapport aux atolls. Sur ces derniers, la richesse en nombre d'espèces est plus grande sur les récifs abrités que sur les récifs battus ; le platier est la zone la plus riche en espèces, comparativement à la crête algale et au conglomérat. Dans les complexes récifaux d'îles hautes, la richesse spécifique des zones frangeantes et barrières est assez voisine et supérieure à celle du lagon ; mais sur une surface réduite, il peut être récolté davantage d'espèces en zone frangeante.

En densité de peuplement, les résultats relatifs à la zone frangeante des îles hautes (56,3 ind./m<sup>2</sup> à Moorea) font apparaître une large prédominance de celle-ci par rapport à la zone barrière (6,9) et au

lagon (1,8). C'est dans les lagons d'atolls fermés que se rencontrent les plus grandes densités de peuplements (54 ind./m<sup>2</sup> pour Reao), puis viennent les ensembles récifaux des îles hautes (21,9) et les lagons d'atolls ouverts (20) ; suivent les récifs extérieurs d'atolls (4) et enfin les récifs d'îlots d'îles hautes (1,6).

En biomasse des parties molles, les grands Bivalves filtreurs (*Chama iostoma*, *Arca imbricata*) ou symbiontes (*Tridacna maxima*) jouent un rôle prépondérant en raison de leur abondance dans les lagons d'atolls fermés : c'est là que l'on enregistre les plus fortes valeurs en abondances moyennes pondérales (118 g/m<sup>2</sup> à Reao, avec un maximum de 340 g/m<sup>2</sup>). Les espèces *Dendropoma maximum*, *Chama iostoma* et *Trochus niloticus* sont responsables des biomasses maxima enregistrées sur les ensembles récifaux d'îles hautes (34,7 g/m<sup>2</sup> à Moorea). Ici, à l'inverse des densités moyennes de peuplement, les totaux relatifs aux trois zones géomorphologiques font ressortir une biomasse beaucoup plus élevée en zone barrière (51,3 g/m<sup>2</sup>) qu'en zone frangeante (13,7) ou dans le chenal (0,3). C'est sur les récifs d'îlots d'îles hautes (0,7 g/m<sup>2</sup>) que se rencontrent les plus faibles biomasses moyennes de Polynésie Française.

Que l'on considère le nombre d'individus ou la biomasse de n'importe lequel des milieux récifaux lagonaires polynésiens, sa richesse est toujours le fait d'un nombre très réduit d'espèces. Ainsi, à Tiahura (île haute), 5 espèces seulement (sur 117) représentent plus de 70 % du nombre total d'individus, alors que pour les biomasses, 3 espèces totalisent plus de 90 % de l'ensemble. Il suffit par conséquent d'établir les stocks, la structure démographique, la croissance et la production d'un très petit nombre d'espèces pour avoir une idée du potentiel de production de l'ensemble de la faune malacologique polynésienne.

Les études de croissance ont tout d'abord porté sur le bénitier, *Tridacna maxima* (RODING, 1978) dans la région de Takapoto. Les possibilités physiologiques de l'espèce (symbiose avec des zooxanthelles) et l'abondance des peuplements dans les lagons fermés laissaient entrevoir un avenir économique qui avait motivé notre choix. En fait, le tridacne affiche une croissance très lente : un bénitier de 5 cm de long a déjà 2 ans et l'espèce met presque 12 ans pour atteindre 95 % de L. (124,3 mm), sa longueur théorique maximum. A l'échelle du lagon de Takapoto, les 14 millions de tridacnes recensés représentent une biomasse de 520 tonnes et une production comprise entre 0,9 et 1,6 kg par hectare et par an.

L'espèce *Arca ventricosa* révèle, dans le lagon de Takapoto, une croissance bien plus lente que celle du Tridacne. Pour l'ensemble du lagon, la production annuelle théorique des 38,5 millions d'*Arca* s'élèverait à 48,8 tonnes de poids frais des parties molles. Cette valeur correspond à une production de 37,5 kg/ha/an si l'on se réfère à tout le lagon.

Pour sa part, l'espèce *Chama iostoma* montre, à Takapoto, une vitesse de croissance intermédiaire entre celles des deux précédentes espèces, tandis que le Bivalve *Cardium fragum* présente une croissance très rapide dans le lagon de Anaa. Le potentiel de production des *Cardium* ainsi estimé à 460 kg/ha/an est plus de 35 fois supérieur à la production de *Tridacna maxima* dans le lagon de Takapoto.

Quatre espèces de Gastéropodes représentant bien la faune malacologique de Polynésie Française ont également été étudiés : *Tectarius grandinatus*, *Nerita plicata*, *Erosaria obvelata* et *Mitra mitra*.

A l'issue de ces études, on distingue trois groupes d'espèces en ce qui concerne les paramètres de croissance :

- Le Bivalve *Cardium fragum*, à croissance rapide
- Les Gastéropodes récifaux (*Tectarius grandinatus*, *Nerita plicata*, *Erosaria obvelata*, *Mitra mitra*), à croissance relativement lente.

En ce qui concerne la production, nous séparons :

- Les espèces à très forte production (forte biomasse, forte production totale, croissance rapide, rapport P/B élevé) : *Cardium fragum*.

- Les espèces à production moyenne (forte biomasse, forte production, mais croissance très lente et P/B très faible : *Tridacna maxima*, *Arca imbricata*, - ou biomasse et production faibles, mais P/B très élevé : *Erosaria obvelata*.

- Les espèces à faible production (biomasse et production faibles ou moyennes, croissance lente, P/B assez bas) : *Tectarius grandinatus*, *Mitra mitra* et *Nerita plicata*.

D'autres études, plus ponctuelles, ont fourni des résultats complémentaires intéressants :

- BERIGAUD (1972) à Moorea, a récolté 11 000 Mollusques correspondant à une biomasse en poids frais de 58 kg ; ils se répartissent en 118 espèces groupées dans 40 familles. Les espèces épigées sont caractéristiques de la zone frangeante tandis que les espèces endogées sont prépondérantes dans la zone barrière. Les familles offrant le plus grand nombre d'espèces correspondent à des exigences alimentaires variées : *Cypraeidae*, *Cerithiidae* (herbivores, détritivores) dans la zone frangeante, *Conidae*, *Terbridae* (carnivores) dans la zone barrière. Chaque mètre carré de transect abrite en moyenne 22 individus représentant environ 35 g de parties molles de mollusques.

- HENOCQUE (1979) a étudié la croissance de deux Mollusques bivalves : *Tridacna maxima* et *Tapes decussatus*. L'analyse des stries de croissance a permis de définir les rythmes de croissance des 2 bivalves étudiés. La croissance journalière varie de 20 à 80 microns chez *Tridacna maxima* et de moins de 1 à 30 microns chez *Tapes decussatus*. Les variations de l'épaisseur des stries de croissance sont causées par divers facteurs comme l'augmentation de l'âge des individus, la mauvaise saison, l'activité reproductrice et, enfin, un ensemble de facteurs extérieurs et accidentels peuvent être la cause d'une diminution ou d'un arrêt de croissance (tempêtes, prédateurs, température, salinité, marquage, etc...).

Pour *Tridacna maxima*, les taux de croissance sont plus forts là où les peuplements sont les moins denses, c'est-à-dire dans les milieux où l'hydrodynamisme est le plus actif.

Chez *Tapes decussatus*, le taux de croissance est plus fort là où le renouvellement des eaux et les apports océaniques sont plus importants.

Dans un domaine plus particulier, celui de la nacre perlière *Pinctada margaritifera*, de nombreuses études tendent à préciser les modalités de croissance et de reproduction, la nature et l'importance des stocks, la génétique. Les résultats obtenus peuvent être ainsi résumés :

- Des estimations de stocks de nacre ont été réalisées dans plusieurs atolls des Tuamotu et de la Société. Ces données sont nombreuses mais également très différentes d'un lagon à l'autre : citons, à titre d'exemple, les valeurs obtenues dans le lagon de l'atoll de Scilly (Société) qui indiquent des gisements de 3,5 à 4 millions d'individus dans le lagon, distribués en fonction de la géomorphologie de l'atoll (GALENON et al., 1979 ; MILLOUS, 1979).

- Des recherches menées en génétique, sur la nacre, ont montré lors d'une étude préliminaire réalisée d'après l'examen de 14 locus chez tous les individus des 3 populations de Takapoto, Takaroa et Gambier d'une part, une variabilité génétique élevée dans les trois populations, d'autre part, un déficit des hétérozygotes observés à deux locus, déficit plus accentué dans les deux populations des Tuamotu que dans celle des Gambier (BLANC F., 1982).

### 2.3. Les Echinodermes

Peu variés, ils n'ont pas été l'objet d'études spécialisées. Pour les besoins des études écologiques générales, les identifications étaient faites par MM. CHERBONNIER et GUILLE, du Museum, et plusieurs travaux. (SALVAT) dégagent l'importance des représentants de ce groupe (bionomie et densité) dans les milieux récifaux et lagunaires, en s'attachant tout particulièrement à une espèce dominante : *Halodeima atra*, dont le régime alimentaire a par ailleurs été étudié par plusieurs chercheurs.

Les travaux de BERIGAUD (1972) sur *Halodeima atra*, à Moorea, montrent que, aussi bien sur le récif frangeant que sur le récif barrière, *Halodeima atra* caractérise la zone sableuse côtière par les densités de peuplement qu'elle y affiche (17 individus/m<sup>2</sup>) : 1493 individus ont été récoltés, représentant plus de 80 kg en poids frais. Leur régime détritivore leur fait ici jouer un rôle important dans le remaniement du sédiment.

### 2.4. Les Crustacés

Un ouvrage de systématique avait été publié à leur sujet en 1961 par FOREST et GUINOT, ouvrage qui regroupait des récoltes d'Océanie. Depuis, ce groupe a été étudié par deux chercheurs s'intéressant à la petite faune associée aux cavités coralliennes (M. PEYROT-CLAUSADE) et aux macro-algues (O. NAIM), puis par deux jeunes chercheurs dans le cadre de leur thèse de spécialité, sur les espèces associées aux *Pocillopora* (O. ODINETZ), et sur la bionomie des espèces dominantes dans les différents milieux récifaux (M. MONTEFORTE) : thèses en cours de rédaction.

NAIM (1980) a réalisé un bilan qualitatif et quantitatif de la faune mobile associée aux algues du lagon de Tiahura (Moorea). Ses travaux ont permis de recenser plus d'un million d'individus correspondant à une biomasse d'environ 4 kg de poids frais. Les groupes taxonomiques dominants sont les Crustacés du point de vue numérique (69 % de la totalité dont 66 % sont constitués de Pérécarides) et les Gastéropodes Prosobranches du point de vue pondéral (73 % de la totalité dont 58 % formés par les Cérithiidae), les autres groupes étant, par ordre d'importance décroissante, les Annélides Polychètes, les Echinodermes (surtout Ophiures), les Poissons et les Sipunculides. Pour les Prosobranches, nous avons calculé la "biomasse des parties molles" qui s'élève à 0,4 kg, ce qui amène la biomasse totale réelle de faune algale à environ 1,5 kg. 88 % de cette biomasse se trouvent sur le récif frangeant, zone de transition entre les transferts océaniques et terrestres.

ODINETZ (1983) a travaillé sur l'écologie et la structure des peuplements de crustacés décapodes associés aux coraux du genre *Pocillopora* en Polynésie Française et en Micronésie. Les résultats indiquent que la structure des communautés varie sous l'influence de deux facteurs : l'apport de particules terrigènes et l'accumulation de matière organique caractérisent les récifs frangeants tandis que le front récifal subit le stress hydrodynamique de la houle. A ces divers facteurs correspondent deux pôles nutritionnels de nature différente.

#### 2.5. Les Alcyonaires

Ils ne jouent qu'un rôle tout à fait secondaire dans les écosystèmes récifaux de Polynésie Française, sauf dans quelques îles comme les Gambier. Ces Alcyonaires ont été l'objet d'une étude systématique et faunistique de TIXIER-DURIVAUT, à partir des récoltes de plusieurs chercheurs.

#### 2.6. Les Annélides

Les Annélides de la faune cavitaire corallienne et associée aux macro-algues ont été étudiées dans leur distribution qualitative et quantitative par M. PEYROT-CLAUSADE et O. NAIM. Certains groupes d'Annélides interstitielles ont également été étudiés à Moorea par C. JOUIN.

#### 2.7. Les Eponges

D'importance secondaire en Polynésie Française pour les macro-espèces, ce groupe est certainement aussi important qu'ailleurs en ce qui concerne les Endolithes et le phénomène de biodégradation (tout particulièrement dans les lagons d'atolls). Les Eponges n'ont été étudiées que par J. VACELET, suite à des récoltes à Moorea et à Takapoto.

#### 2.8. Les Actinies

Elles ont été bien inventoriées et quelques données sur leur répartition ont été publiées par ENGLAND et par DOUMENC.

## 2.9. Les Hydraires et Bryozoaires

Ils ont été étudiés par REDIER d'une part, et par GURGEL et VASSEUR d'autre part. Pour le premier il s'agit de systématique et de faunistique, alors que pour les seconds, il s'y ajoute des données relatives à leur distribution.

## 2.10. Les Foraminifères

Les Foraminifères des sédiments ont été étudiés pour la première fois en Polynésie Française à Moorea (LE CALVEZ et SALVAT), à Takapoto (A. SOURNIA) et à Scilly (VENEK-PEYRE et SALVAT).

Le travail de VENEK-PEYRE (1982) a plus particulièrement porté sur les Foraminifères du lagon de l'atoll de Scilly, atoll fermé situé dans l'archipel de la Société, Polynésie Française. Quarante six espèces vivantes, appartenant à 27 genres et 18 familles, ont été recensées dans l'ensemble du lagon, et leur distribution mise en évidence dans les sédiments meubles prélevés entre 0 et 52 mètres de profondeur ainsi que l'algueraie à *Microdictyon* ; 3 espèces seulement sont communes à ces deux biotopes. Les 24 espèces recueillies dans les sédiments meubles présentent un étagement bathymétrique, mais la distribution en fonction de la profondeur est moins apparente pour les 25 espèces vivant dans l'algueraie. La majorité de ces espèces est assez largement distribuée du point de vue géographique, ce qui laisse supposer une assez grande tolérance vis-à-vis du milieu, les Foraminifères calcaires semblent avoir des difficultés à sécréter leur test dans un sédiment qui semble pourtant riche en  $\text{Ca CO}_3$ , et la taille des individus qui peuplent le lagon est inférieure à la normale. Ces caractères de la microfaune trahissent les conditions défavorables au développement des Foraminifères et confirment le caractère fermé du lagon.

SOURNIA (1976), étudiant la production primaire des fonds sableux de l'atoll de Takapoto, note que les Foraminifères y sont dominants et que la haute productivité de ces sables (50 à 900 mg chl-a/m<sup>2</sup> de sable) est à mettre directement en relation avec la présence d'organismes symbiotiques associés à des Foraminifères.

## 2.11. La Méiofaune interstitielle

La Méiofaune interstitielle des sédiments, considérant tout particulièrement les Nématodes, les Archiannélides, les Gastrotriches et les Tardigrades, a fait l'objet de nombreux travaux par J. RENAUD-MORNANT, G. BOUCHER et C. JOUIN, en collaboration avec d'autres chercheurs. Une approche quantitative complète l'étude de répartition. Citons également les planaires étudiés par GOURBAULT.

RENAUD-MORNANT, SALVAT et BOSSY (1971) ont étudié les sédiments de l'atoll de Maturei Vavao (Tuamotu) en s'attachant plus particulièrement au méio et au macrobenthos : la distribution des divers constituants de ces deux groupes varie en fonction de la granulométrie des sédiments et les taux de matière organique qu'ils contiennent varient de 80 à 440 mg par 100 g de sédiment sec.

DE VAUGELAS (1980) a analysé la distribution quantitative et qualitative de la matière organique, vivante et détritique, des sédiments

coralliens de Tahiti, Moorea et de Takapoto. Les résultats indiquent qu'une augmentation de la M.O.T. (matière organique totale), lorsque l'on passe des sédiments grossiers aux sédiments très fins, reflète la seule augmentation de la M.O.D. (matière organique détritique). Par contre, la distribution de la M.O.V. (matière organique vivante) ne semble pas suivre strictement l'évolution de la granulométrie.

La répartition verticale de la M.O.V. (macrofaune exclue) varie beaucoup entre un sédiment moyen à grossier où la colonisation aura lieu en surface. A quantité de M.O.V. égale, les proportions respectives des bactéries, du microbenthos, du phytobenthos et de la méiofaune pourront être très différentes d'un sédiment à l'autre. Cependant, la corrélation entre la granulométrie et la répartition verticale des organismes est un fait invariable.

Dans les sédiments fins ou très fins, 80 % ou plus de la M.O.V. seront situés dans les deux premiers centimètres, ce pourcentage tombant à 50 % ou moins dans les sédiments moyens à grossiers. La répartition de la M.O.V. dans les sédiments a une incidence directe sur l'exploitation trophique du milieu par la macrofaune qui se nourrit à partir du sédiment (Holothuridés, Synaptidés, nombreux Poissons, etc...).

L'illustration la plus remarquable de ceci est la comparaison de milieux aussi différents que les platiers récifaux d'îles hautes (où l'hydrodynamisme est élevé et les sédiments moyens à grossiers) et le fond des atolls fermés (exemple Takapoto) où la circulation de l'eau est très calme et où les sédiments sont très fins. Sur les platiers récifaux on observe, parmi les populations de Poissons, une grande diversité de régimes alimentaires - planctophages, piscivores, carnivores de substrats durs, carnivores de substrats meubles, herbivores, etc... - où les carnivores et les herbivores de substrats meubles ne représentent qu'une faible part, alors que sur les fonds d'atolls fermés la dominance des espèces se nourrissant à partir des sédiments est évidente (carnivores de substrats meubles : Lethrinidés, Gobiidés, Labridés, etc..., herbivores de substrats meubles : Acanthuridés, Scaridés, etc...).

### 3. Les poissons

Il existe à ce jour plus de 70 publications scientifiques concernant la faune ichtyologique de Polynésie Française. Environ 40 pour cent de ces travaux traitent d'inventaire systématique et de répartition bionomique, 30 pour cent abordent le problème de la ciguatera, 10 pour cent s'intéressent à l'écologie des poissons, 5 pour cent relatent des problèmes d'éthologie et 5 pour cent étudient l'aspect économique des pêches, alors que 5 pour cent décrivent la biologie de certaines espèces et leur dynamique des populations.

Certains de ces travaux concernent l'ensemble de la faune ichtyologique de la Polynésie Française (7) ou des archipels : Gambier (2), Tuamotu (2), Société (3), Marquises (3). Les autres travaux sont spécifiques de certaines îles : Maupiti (1), Moorea (5), Scilly (2), Tahiti (9), Mururoa (1), Rangiroa (4), Taiaro (2), Takapoto (2) et Tubuai (1).

Beaucoup d'autres équipes travaillent sur les Poissons des récifs coralliens : les Américains (Hawaii, Caraïbes), les Australiens

(Grande Barrière), les Européens, les Japonais, les Philippins, etc.... Pour la communauté scientifique internationale, l'apport de ces recherches effectuées en Polynésie Française est triple : étude des peuplements ichthyologiques en relation avec les autres distributions de la flore et de la faune benthique ou planctonique, études en dynamique des populations et productions, étude du parasitisme afin de préciser la biologie des hôtes, et ouverture vers le problème de la pathologie.

Actuellement il est possible de faire le point sur l'état d'avancement des recherches sur les 7 points suivants :

- Inventaire systématique : la liste la plus complète actuellement publiée pour la Polynésie Française est celle de RANDALL (1973) qui recense 616 espèces pour les îles de la Société. Actuellement, pour Moorea, 250 espèces sont inventoriées.

- Distribution qualitative - Bionomie : la répartition ainsi que le schéma bionomique des espèces communes peuvent être considérés comme acquis à Moorea.

- Distribution quantitative - Biomasses - Densités : nous connaissons la distribution quantitative des herbivores sur Tiahura et en d'autres secteurs de l'île de Moorea. Sur Tiahura, les recherches sont également bien avancées en ce qui concerne la répartition des **Chaetodontidae** et de l'espèce **Stegastes nigricans**.

- Variation des densités dans le temps : tout reste à faire.

- Relations interspécifiques et trophiques : l'étude des relations trophiques a été amorcée avec l'analyse du régime alimentaire de la famille des **Chaetodontidae** et de l'espèce **Stegastes nigricans**.

- Cycle biologie - Métabolisme - Physiologie : peut être considérée comme acquise l'étude de la biologie, de la croissance et de la reproduction d'une espèce dominante, **Stegastes nigricans**. Il reste encore à étudier beaucoup d'autres espèces dominantes.

- Production : un chiffre de production a pu être avancé pour certaines espèces, en particulier à la suite des recherches de GALZIN (1971) dans la zone laguno-récifale de Tiahura (Moorea) : une liste ichthyologique de 167 espèces appartenant à 87 genres et 42 familles a pu être dressée ainsi que la présence ou l'absence de ces espèces dans les 12 secteurs géomorphologiquement différents de cette radiale. Les évaluations directes indiquent un peuplement moyen identique (14 à 15 individus/10 m<sup>2</sup>) entre le récif frangeant et le platier récifal, peuplement supérieur à celui du chenal (8 individus/10 m<sup>2</sup>). Ce peuplement moyen peut être complété en disant que sur le récif frangeant les zones sableuses sont très peu colonisées (2 à 3 individus/10 m<sup>2</sup>), la plus grande partie de ce récif frangeant compte un peuplement de 10 individus/10 m<sup>2</sup> alors que la bordure de ce frangeant près du chenal semble être la zone la plus colonisée de ce récif avec 41 individus/10 m<sup>2</sup>. Pour le platier récifal les zones sableuses sont rarement colonisées (0 individu/10 m<sup>2</sup>) alors que les pâtés coralliens comptent 20 individus/10 m<sup>2</sup> et le début de la zone tabulaire plus de 33 individus/10 m<sup>2</sup>. Ce peuplement moyen correspond à des biomasses moyennes de 83 g/m<sup>2</sup> pour le platier récifal. Des empoisonnements ponctuels répartis

tout au long de la radiale nous font apparaître l'hétérogénéité (qualitative et quantitative) du peuplement ichthyologique de celle-ci ; les biomasses les plus importantes étant relevées sur le récif frangeant près du chenal (153 g/m<sup>2</sup>).

Les valeurs obtenues par les évaluations indirectes sont toujours plus importantes que celles exposées précédemment. Pour le récif frangeant, *sensu stricto*, nous avons estimé, pour l'ensemble de la faune ichthyologique, des biomasses moyennes de 61 g/m<sup>2</sup> alors que le chiffre maximum pour les biomasses (183 g/m<sup>2</sup>) a été observé sur cette zone frangeante près du chenal.

L'espèce *Pomacentrus nigricans* (Lacépède, 1803) peut représenter, en certains secteurs du récif frangeant, plus de 80 % en biomasse et près de 60 % en nombre d'individus, par rapport à la population ichthyologique totale inventoriée.

Deux périodes de ponte peuvent être attribuées à ces *Pomacentrus nigricans* du lagon de Moorea (radiale Tiahura). Ces deux pontes donnent naissance à des sous-populations dans lesquelles sont différenciées 5 classes de taille. A partir des courbes de croissance établies par les équations de GOMPertz peut être attribué un âge absolu aux individus dont les plus vieux atteindraient au moins 4 ans. Enfin, pour une certaine zone du récif et pour les trois premières classes de taille des *Pomacentrus nigricans*, une production sous-estimée de 12,8 g/m<sup>2</sup>/an a été calculée.

PLESSIS (1976), s'intéressant à la pêche sporadique basée sur le comportement des Poissons immatures, estime à 5 à 10 tonnes la quantité annuelle de Inaa (gobies immatures) pêchés en Polynésie. Citons, pour mémoire, le travail de BROSSE (197) sur la production des parcs à poissons de Rangiroa (ce travail sera analysé dans la synthèse n° 6).

En ce qui concerne les deux îles "pilotes" de Moorea et Takapoto, les résultats suivants ont été obtenus :

- Moorea : PLESSIS, en 1972, décrit une technique d'échantillonnage expérimentée sur les récifs frangeants de cette radiale (empoisonnement par la roténone d'un volume corallien isolé par une plaque circulaire). En 1972 et 1973, il donne un inventaire des poissons de la radiale (une centaine d'espèces) ainsi que des schémas bionomiques et des biomasses. En 1975, il décrit le comportement migratoire de certains poissons de ces récifs nord-ouest de Moorea.

JAUBERT et al., en 1976 travaillent sur la pente externe de Tiahura et donnent un aperçu du peuplement ichthyologique de cette zone du récif, seul travail actuel sur les poissons de la pente externe.

En 1977 et 1979, GALZIN fournit une nouvelle liste des Poissons de la radiale (170 espèces), une étude comparative des techniques d'échantillonnage, des schémas bionomiques, des densités, des biomasses et des indices de diversité. En 1976 il évalue les biomasses de *Stegastes nigricans* (espèce dominante des récifs frangeants), dont il expose en 1977 la dynamique des populations (stock, biomasse, croissance, production et biologie). Le régime alimentaire de cette espèce est décrit en 1978. L'étude spatio-temporelle des peuplements de poissons de la radiale de

Tiahura, au niveau du récif frangeant, du récif barrière et de la pente externe, débute en juillet 1982 par un programme de recherche en dynamique des populations (stock et sa variabilité, biomasse, croissance, production) pour quatre espèces dominantes et de niveau trophique différent de cette radiale : *Ctenochaetus striatus* (Acanthuridae) pour les herbivores, *Stegastes nigricans* (Pomacentridae) pour les omnivores, *Holocentrus microstomus* (Holocentridae) pour les carnivores et *Cephalopis argus* (Serranidae) pour les ichtyophages.

La distribution quantitative des principales familles de poissons herbivores (*Scaridae*, *Acanthuridae*, *Siganidae*, *Kyphosidae*) a été étudiée sur trois radiales (Tiahura, Papetoai et Afareaitu). En moins de trois années, sur la radiale Tiahura, des comptages de *Chaetodontidae* montrent une altération très nette des peuplements, diminution (richesse spécifique et nombre d'individus) que nous essayons de corréliser avec certains paramètres écologiques du milieu.

- Takapoto : seulement deux publications scientifiques concernent les poissons de cet atoll. En 1979 BAGNIS et al., donnent une liste de 170 espèces observées dans le lagon, alors que GALZIN et TRILLES, en 1979, relatent la découverte d'un isopode parasite de la cavité buccale d'un Tétrodon. L'étude de la distribution quantitative des principales familles de poissons herbivores à l'intérieur du lagon et sur les pentes externes de ces deux atolls est en cours.

#### IV - LE METABOLISME DES RECIFS

Ce type de recherche n'a débuté qu'en 1974-1975, et les résultats obtenus, bien que fragmentaires, éclairent d'un jour nouveau certains aspects de la production en milieu corallien. La méthodologie fait appel à une approche globaliste de tout ou partie de l'écosystème. L'objectif premier consiste avant tout à faire le bilan de la production organique, de la calcification et de la croissance récifale.

##### 1. Production organique

Dès 1974-1975, des bilans de production primaire ont été réalisés à Moorea et à Takapoto par la méthode de l'oxygène :

- Sur des organismes isolés dans des enceintes (cloches, sacs, bocaux) et maintenus *in situ* : coraux, tridacnes, macrophytes, cyanophycées, foraminifères symbiotiques.

- Sur des zones caractéristiques d'un écosystème, par mesures directes sur l'eau de mer : récif frangeant et récif barrière de Moorea, lagon de Takapoto.

Les techniques peuvent être considérées comme maîtrisées. Les résultats indiquent des productions "brutes" (respiration non déduite) fortes ou très fortes - ce qui est habituel dans les milieux coralliens -, et des productions "nettes" (après déduction des pertes par respiration) modestes et parfois déficitaires. C'est le second type de données qui semble mériter le plus d'intérêt : les bilans nets de la production organique sont, ou bien en équilibre, ou bien positifs, ou bien négatifs selon les organismes ou peuplements considérés, selon la profondeur, selon

la saison, selon l'hydrodynamisme, etc.... Une autre conclusion est que le rôle du phytoplancton dans la production primaire totale de l'écosystème est : 1°) assez variable ; 2°) toujours négligeable en regard de la production primaire benthique.

Plus récemment, à Moorea, (SOURNIA, DELESALLE et RICARD, 1981) des évaluations parallèles ont été réalisées en mesurant, non plus l'oxygène dissous, mais le CO<sub>2</sub> total de l'eau de mer. Cette approche est, techniquement, plus délicate mais s'est avérée praticable ; elle est d'un grand intérêt puisqu'elle livre, par surcroît, la connaissance des taux de calcification.

## 2. Métabolisme et écomorphoses

Les bilans d'oxygène sur des organismes isolés peuvent également répondre à des questions d'ordre éco-morphologique ou écophysiologique : comment une espèce donnée équilibre-t-elle son métabolisme dans les divers points de son biotope ? Des paramètres additionnels sont alors pris en considération tels que la morphologie, le poids et la surface, le contenu chlorophyllien, l'abondance éventuelle des symbiotes, l'énergie lumineuse disponible, etc....

Dans cette voie, le test principal a été le Scléroractiniaire **Porites (= Synaraea) convexa** dont les écomorphoses ont pu être décrites en fonction de la bathymétrie, ce qui en fait le matériel de choix pour des études plus détaillées de morphologie fonctionnelle. Parmi les algues, le choix s'est porté sur la Chlorophycée **Caulerpa urvilliana** (JAUBERT 1977 a et b, 1981).

Les observations sur la pénétration de la lumière dans les eaux du lagon et sur la pente externe ont permis d'établir un profil type permettant de calculer théoriquement l'importance du rayonnement aux diverses heures d'ensoleillement soit 6 E/m<sup>2</sup>/h.

Les travaux réalisés sur l'activité métabolique globale du sédiment ont souligné l'importance de la photosynthèse due aux algues benthiques associées aux foraminifères (SOURNIA, 1976). Les résultats obtenus sur deux espèces de Caulerpales ont montré qu'il n'y a pas de saturation de l'activité photosynthétique pour les intensités lumineuses observées *in situ* et que le rendement photosynthétique s'accroît avec la profondeur (JAUBERT et MEINESZ, 1981).

## 3. Calcification - Croissance récifale

Paradoxalement, l'étude de la croissance des Madréporaires, soit linéaire, soit pondérale, n'a été abordée que très tardivement.

Un premier bilan de calcification et de dissolution a été établi sur le récif barrière de Moorea en 1980, conjointement aux bilans de production organique examinés plus haut. Il s'agit là de mesures globales effectuées sur l'eau de mer elle-même, celle-ci supposée représentative du récif qu'elle baigne ; les paramètres retenus sont, dans ce cas, l'alcalinité et le pH. Les résultats, bien que préliminaires, sont des plus stimulants. En effet, la zone étudiée serait en voie de décalcification,

bien que sa production organique demeure élevée. Par ailleurs, cette technique peut être pratiquée sur des coraux (ou des algues calcaires) en milieu clos.

#### V - BILANS ET PERSPECTIVES

Cet exposé, s'il fait apparaître un état d'avancement relativement satisfaisant des connaissances ayant trait à la production biologique, attire cependant plusieurs remarques :

1°) Les notions de production et de biomasse sont parfois mal définies, sinon confondues, dans la littérature. Ceci tient principalement à deux raisons : d'une part une différence d'approche selon les auteurs considérés et, d'autre part, la difficulté d'estimer réellement la productivité de certains groupes faunistiques et floristiques.

2°) La production organique est bien connue pour certains groupes comme le Plancton végétal et animal, les Macrophytes, les Mollusques et les Poissons : ceci tient principalement à l'intérêt économique que présentent ces divers groupes et à la place importante qu'ils occupent dans la chaîne trophique ; par contre, elle est mal connue pour de nombreux autres groupes comme les Echinodermes, ou totalement inconnue comme pour les Spongiaires ou les Ascidies.

3°) L'étude de l'environnement joue un grand rôle dans la compréhension des mécanismes de production et malheureusement, il n'y a eu que peu d'études biologiques et environnementales simultanées, surtout au début des recherches sur les écosystèmes coralliens, en raison principalement du manque d'appareil de terrain fiable.

Ces remarques mettent également en évidence le fait que, selon les écosystèmes concernés et selon la finalité du programme de recherche mis en oeuvre, l'estimation de la production biologique doit être modulée. En effet, selon le groupe considéré et selon l'écosystème étudié, l'approche n'est pas la même : si l'on désire obtenir une estimation très détaillée de la production biologique, il sera nécessaire d'étudier séparément la production propre de chaque niveau trophique et d'estimer ensuite la production globale ; par contre, si le but de la recherche est de réaliser un bilan global de la production d'un lagon d'atoll ouvert, par exemple, il sera préférable d'envisager une approche globale de l'écosystème et de considérer le lagon de cet atoll comme une entité dont on estimera globalement les aspects anaboliques et cataboliques afin d'aboutir à une synthèse de production. Les deux méthodes d'estimation fractionnée ou globale de la production d'un écosystème sont maintenant éprouvées et leur choix sera fonction du but recherché ; de plus, ces deux méthodes ne s'excluent pas mais sont au contraire complémentaires puisqu'elles permettent d'estimer la production par des voies différentes.

Il est inutile d'insister sur l'intérêt que présente l'estimation de la production biologique dans les études sur l'environnement : que cette production soit exprimée en quantité de carbone présente dans le milieu (estimation de la biomasse), ou en quantité de carbone produite dans le milieu pendant une unité de temps (estimation de

la production primaire), les variations des quantités de carbone reflètent fidèlement, avec un temps de latence qui est fonction de l'organisme considéré, l'état de l'environnement et son évolution spatio-temporelle.

L'intérêt d'un bilan est de faire le point sur les recherches réalisées ou en cours, puis de dégager des axes nouveaux de recherche. La définition de ces axes de recherches doit être le fruit d'une concertation à plusieurs niveaux mais, à titre indicatif, nous en citerons deux qui présentent un intérêt certain, principalement lié au fait qu'ils permettraient de répondre à certaines questions en suspens :

- Echanges lagon d'atoll-océan

L'importance des lagons d'atoll est potentiellement grande, notamment dans l'hypothèse de leur utilisation pour l'aquaculture. Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les recherches destinées à préciser les mécanismes de transfert des nutriments des couches profondes de l'océan vers le lagon, puis de réaliser des bilans de production et d'exportation de ces mêmes lagons d'atoll.

- Physiologie et production des Cyanophycées

Le rôle des Cyanophycées dans les écosystèmes coralliens fait actuellement l'objet de controverses : selon les uns elles fixeraient l'azote atmosphérique et représenteraient, par conséquent, un chaînon important dans le processus de production organique ; selon les autres leur rôle est minime et n'interfererait que très peu avec la production planctonique et benthique des écosystèmes coralliens. Il est important de lever cette ambiguïté en essayant de mettre en évidence et de quantifier la fixation de l'azote atmosphérique par les Cyanophycées.

CHAPITRE 5

EXPLOITATION DU MILIEU LAGONAIRE

par

GRAND S  
COEROLI M.  
SIU P.  
LANDRET J.P.  
YEN S.

## P L A N

### I - INTRODUCTION

### II - PINCTADA MARGARITIFERA

1. Anatomie
2. Alimentation
3. Maturation sexuelle
4. Reproduction
5. Prédateurs, parasites et pathologie
6. Eaux décolorées
7. Génétique
8. Exploitation de la nacre
9. Reproduction contrôlée
10. Le captage de naissain
11. L'élevage de naissain
12. La greffe perlière
13. Production perlière en Polynésie Française
14. Perspectives

### III - L'EXPLOITATION DES POISSONS RECIFO-LAGONAIRES

#### 1. Techniques et engins de pêche

- 1.1. Le parc à poissons
- 1.2. Les filets
- 1.3. La pêche à la ligne de fond
- 1.4. La pêche à la canne
- 1.5. La pêche à la traîne
- 1.6. La chasse sous-marine
- 1.7. Les nasses

#### 2. La flottille de pêche

#### 3. Les pêcheurs

#### 4. Production et consommation des produits de la pêche

- 4.1. Atolls producteurs : a) production quantitative  
b) production qualitative

### IV - LES ECHINODERMES

#### 1. Les holothuries

- 1.1. Historique
- 1.2. Résultats préliminaires, etc...
- 1.3. Observation

#### 2. L'oursin noir

#### 3. La taramea

### V - LES CRUSTACES

VI - LES MOLLUSQUES

1. Les mollusques d'origine locale
2. Les mollusques importés :

- a) *Trochus niloticus*
- b) *Turbo marmorata*

VII - LES MADREPORES

1. Le corail noir
2. Les matériaux coralliens

VIII - SITES FAVORABLES A L'AQUACULTURE ET ESPECES CONCERNEES

1. Sites piscicoles aux Tuamotu et espèce visée
2. Sites conchylicoles et espèces cibles

IX - CONCLUSION

## I - INTRODUCTION

Le milieu lagonaire est un écosystème complexe où une faune variée foisonne. Il offre aux populations riveraines des protéines pour leur nourriture, des éléments de parure, des matériaux de construction et un lieu propice aux loisirs et à la détente.

L'exploitation porte essentiellement sur :

- La nacre *Pinctada margaritifera* dont l'épuisement des stocks est en voie de compensation par des techniques d'aquaculture mises au point par le Service de la Pêche et poursuivies par l'E.V.A.A.M..
- Les poissons d'espèces diverses, vivant un équilibre différent selon les lagons.
- Les coquillages tant pour la nourriture que la parure.
- Les crustacés et les échinodermes dont la production est insuffisante.

Les franges littorales offrent des sites d'aquaculture avec les lagons à Kopara pour le poisson *Chanos chanos* et les anses et fonds de baie pour la moule verte des Philippines *Perna viridis*.

Deux espèces introduites pour la beauté de leur nacre manifestent une adaptation remarquable au milieu polynésien. Il s'agit de :

- *Trochus niloticus*
- *Turbo marmoratus*

## II - PINCTADA MARGARITIFERA (L.) Var. *Cumingi* (Jameson)

L'huitre perlière à lèvres noires ou pintadine est un mollusque bivalve de la famille des Pteriidae.

Elle est présente dans tous les archipels de la Polynésie Française et du Pacifique ainsi que dans la mer Rouge, l'Océan Indien (Seychelles) et dans le golfe du Mexique (Colombie).

Elle est caractérisée par la couleur noire-verdâtre de la nacre recouvrant les bords de sa coquille interne.

## 1. Anatomie (Figure I)

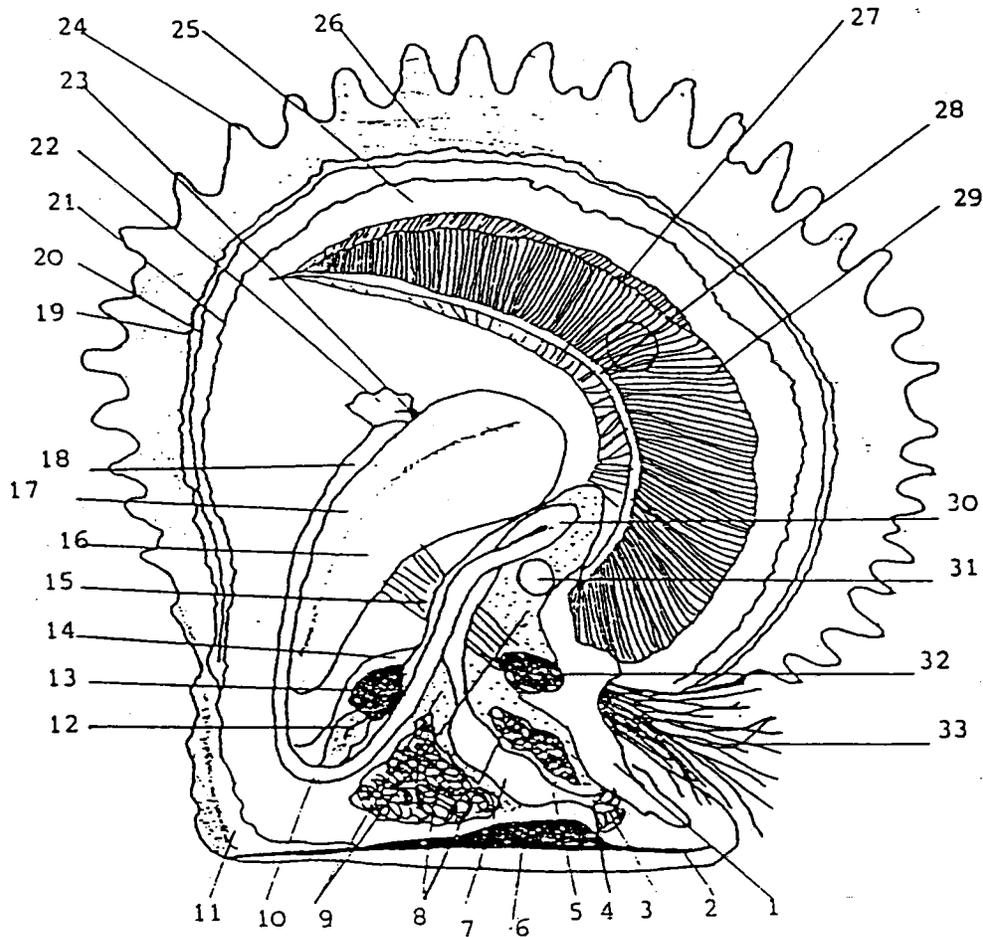


fig 1: Anatomie de *Pinctada margaritifera* (valve droite)

1 Pied. 2 Charnière. 3 Palpes labiaux. 4 Bouche. 5 Oesophage. 6 Ligament de la charnière. 7 Estomac. 8 Hépto-pancréas. 9 Gonade. 10 Intestin. 11 Nacre. 12 Ventricule. 13 Oreillettes. 14 Péricarde. Muscle rétracteur du pied. 16 Muscle adducteur (partie lisse). 17 Muscle adducteur (partie striée). 18 Rectum. 19 Bourrelet marginal. 20 Bourrelet médian. 21 Bourrelet interne. 22 Diverticule anal. 23 Anus. 24 Barbes. 25 Lobe palléal de la valve droite. 26 Bordure non nacrée. 27 Base des branchies. 28 Ctenidium. 29 Branchies. 30 Diverticule intestinal. 31 Lieu d'insertion du nucleus. 32 Glande byssogène. 33 Byssus.

## 2. Alimentation

Elle se nourrit de très petits organismes, essentiellement de phytoplancton voire de la matière organique dissoute (PUTTER).

L'espèce phytoplanctonique **Monochrysis lutheri** est considérée comme le meilleur aliment d'élevage larvaire et adulte en aquaculture.

### 3. Maturation sexuelle

Gonochorique, hermaphrodite protandre, la nacre est mature à l'âge de 2-3 ans, avec un sex-ratio à dominante mâle pendant 2 ans qui s'équilibre par la suite (MILLOUS, 1980).

On a pu observer qu'à la suite d'un "stress" important, un sex-ratio équilibré prenait une dominante mâle.

### 4. Reproduction

L'émission de produits sexuels et la fécondation ont lieu en pleine eau et toute l'année avec deux maxima correspondant aux changements de saison. Une femelle âgée de 5 ans peut libérer jusqu'à 40 millions d'ovules. Un effet de groupe a pu être observé.

La larve reste planctonique durant 24 à 31 jours avant de se fixer au stade naissain.

### 5. Prédateurs, parasites et pathologie

Les prédateurs du naissain sont les **Balistidae**, les **Tetrodontidae**, les raies et les pieuvres.

Les principaux parasites sont les Cliones et les Lithophages (REED, 1966).

Les pintadines de l'atoll de Hikueru et des îles Gambier sont atteintes d'une "maladie" dont on ne connaît pas l'origine ; il semble que les symptômes se développent presque toujours à la suite d'un "stress" tel que greffage, détachage, apparition d'eaux décolorées. Le taux de mortalité provoqué qui est de 20 à 30 % dans le milieu naturel, passe à 40-50 % après le greffage (MIZUNO et COEROLI, 1980).

Deux bactéries ont été isolées dans les tissus de pintadines de Rikitea, **Vibrio alginolyticus** et **Beneckea vulnifica** sans que l'on puisse les rendre responsables de la maladie (PARC, 1980).

### 5. Eaux décolorées

Ces phénomènes sont apparus à Takume depuis 1972 et à Hikueru en 1970, 1971 et 1979.

La concomitance entre l'épuisement du stock naturel de nacre de ces lagons et l'apparition de ces phénomènes peut suggérer une relation de cause à effet (BERNADEC et GALENON, 1980).

Nacres et copépodes étant normalement en concurrence vitale, le déséquilibre provoqué par l'épuisement des stocks de nacre aurait déclenché le phénomène d'eaux décolorées et la prolifération de copépodes du genre **Calanus** (REED et TAXIT, 1970) (COEROLI et MIZUNO, 1979).

## 7. Génétique

L'isolement des lagons nacriers fait qu'il y eut durant des générations des croisements consanguins entraînant un polymorphisme génétique.

Une étude de la variabilité des populations de pintadines menée par Mme F. BLANC indique une hétérogénéité génétique entre les lagons et une forte probabilité d'homogénéité à l'intérieur d'un même lagon.

## 8. Exploitation de la nacre (Figure 2)

L'exploitation de la nacre a débuté dès 1802 aux Gambier mais les premières données datent de 1889.

Durant ce siècle d'exploitation on peut distinguer :

- une phase d'exploitation jusqu'en 1940 (500 t/an) ;
- une phase de surexploitation de 1940 à 1960 entraînant les premières mesures de protection ;
- une phase d'épuisement du stock de 1960 à nos jours aggravée par le développement de la perliculture.

### Etude de stocks (INTES, 1982)

Les données confirment la surexploitation, voire l'épuisement des stocks de nacres de : Manihi, Hikueru et des Gambier ; seul le stock de Takapoto semble se maintenir.

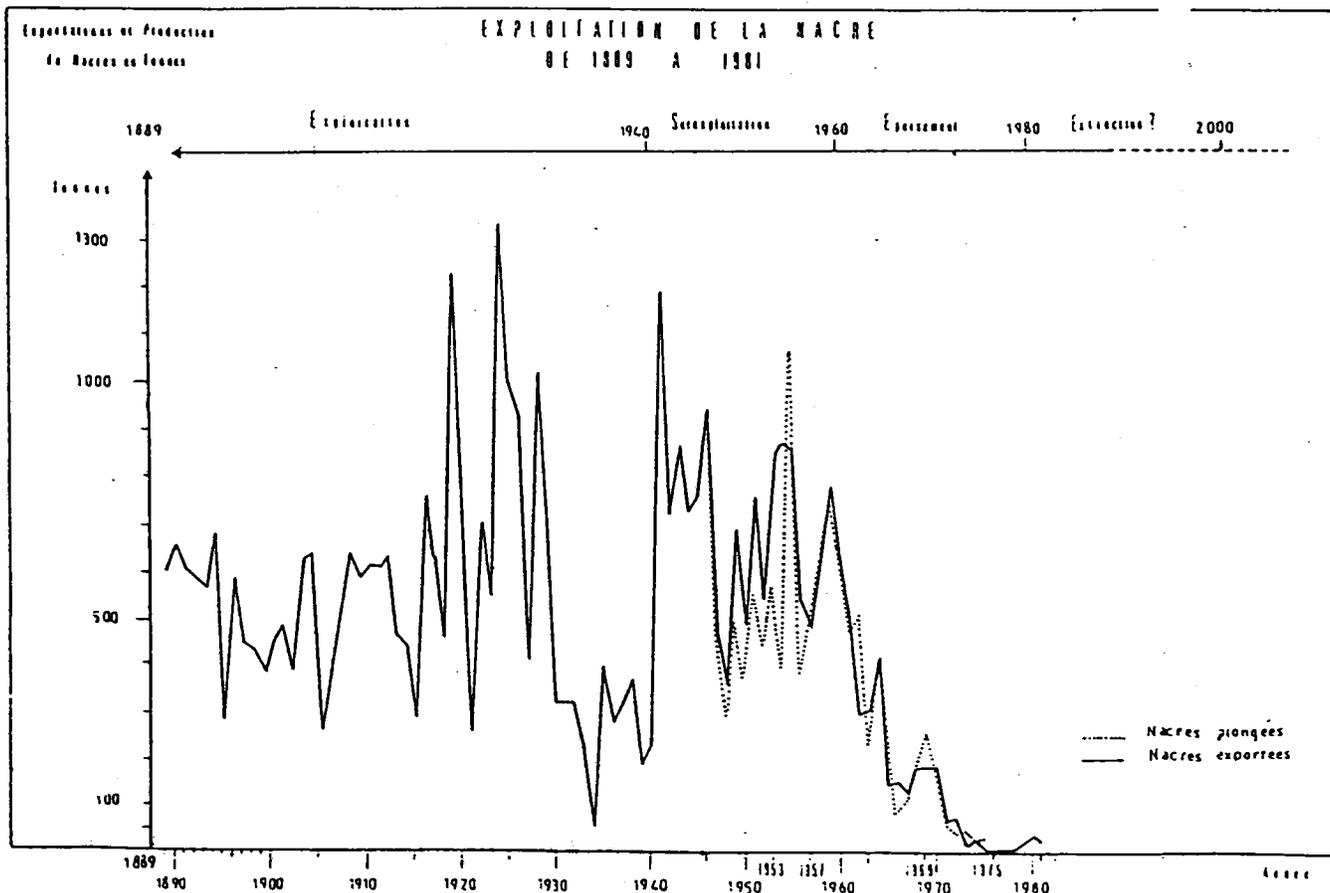


fig 2 — Exploitation de la nacre

### Utilisation de l'huître perlière

Jusqu'en 1972, la pintadine est exploitée uniquement pour sa coquille. Après les essais de perliculture réussis en 1963 à Bora-Bora et en 1968 à Manihi et Takapoto, le développement de la production perlière a nécessité un approvisionnement de plus en plus important de nacres vivantes âgées de 3 à 5 ans prêtes à la greffe. Ces nacres restent dans le lagon d'origine ou sont exportées dans une autre île selon les besoins.

#### 9. Reproduction contrôlée de nacre (MILLOUS/CNEXO, 1980)

Les essais de reproduction contrôlée de nacre menés au CNEXO de 1976 à 1979 n'ont pas abouti pour des problèmes de croissance larvaire.

Par contre, les expériences de prégrossissement conduites en 1977 ont donné d'excellents résultats de survie (100 %) et de croissance.

## 10. Le captage de naissain

### Technique de collectage (MIZUNO, 1976)

Elle consiste à immerger des collecteurs constitués de supports naturels (branchettes de *uu*, *mikimiki*, tissu de cocotier *kere*), ou artificiels (film de polyéthylène noir, grillage de polyéthylène bleu, ombrière de polyéthylène noir), à une profondeur de 3 mètres suspendus à une double ligne de cordes maintenue à cette profondeur par des bouées reliées à des corps-morts.

Les stations de captage mesurent en général 30 mètres de long. Les meilleurs rendements sont obtenus dans la zone sous-le-vent de l'atoll.

Les collecteurs sont immergés pour une période de 4 à 6 mois au bout de laquelle ils sont retirés, et le naissain mis en élevage.

### Les études sur le captage du naissain

Menées par COEROLI et MIZUNO révèlent des variations de ponte liées à la température et le captage est lui-même fonction de la profondeur (Figures 3, 4, 5).

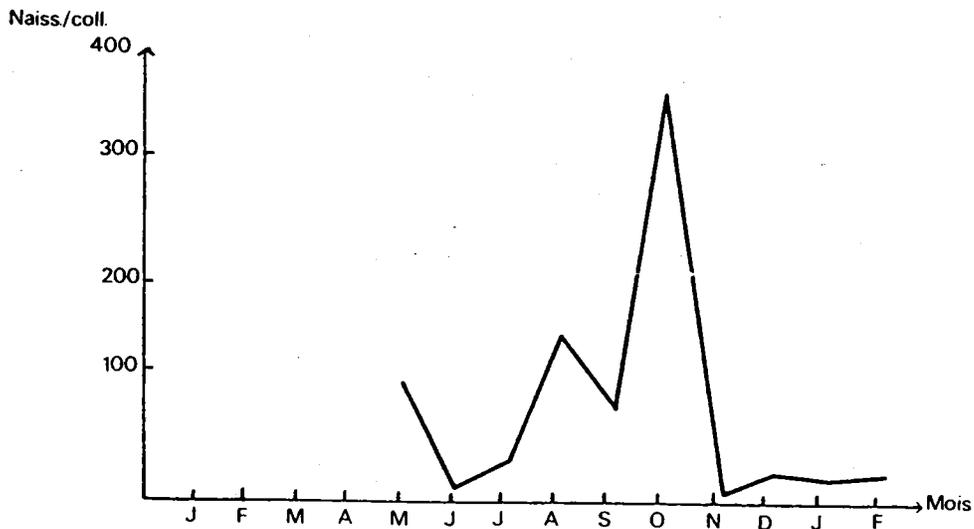


fig.3 — Distribution mensuelle des récoltes de naissain à Takapoto.

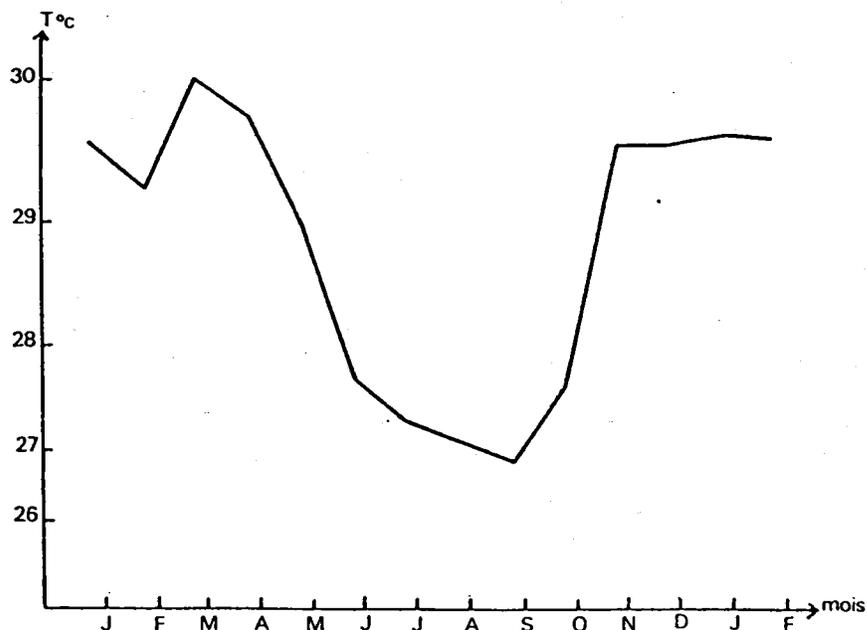


fig. 4 — Distribution de température moyenne mensuelle de surface à Takapoto en 1979.

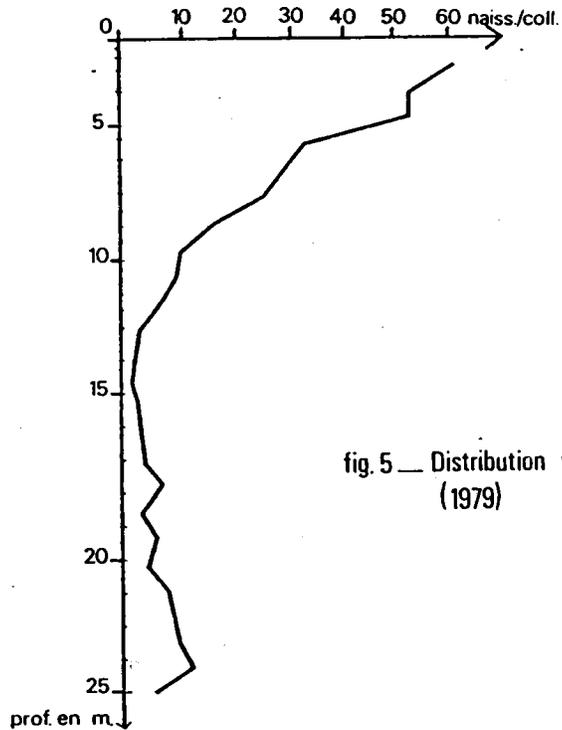


fig. 5 — Distribution verticale du naissain à Takapoto (1979)

De même, les rendements maxima de naissain/collecteur correspondent aux lagons où existe encore un stock naturel conséquent.

Potentialités géographiques du collectage

LAGONS	Rendement maxima Naissain/collecteurs
GAMBIER	370
TAKAPOTO	212
HIKUERU	169
TAKUME	59
TAKAROA	21
HAO	19
MAKEMO	12
MANIHI	2
AHE	5
MAROKAU	2
ARUTUA	1
AMANU	1
ARATIKA	1
KAUKURA	0
APATAKI	0

11. L'élevage du naissain

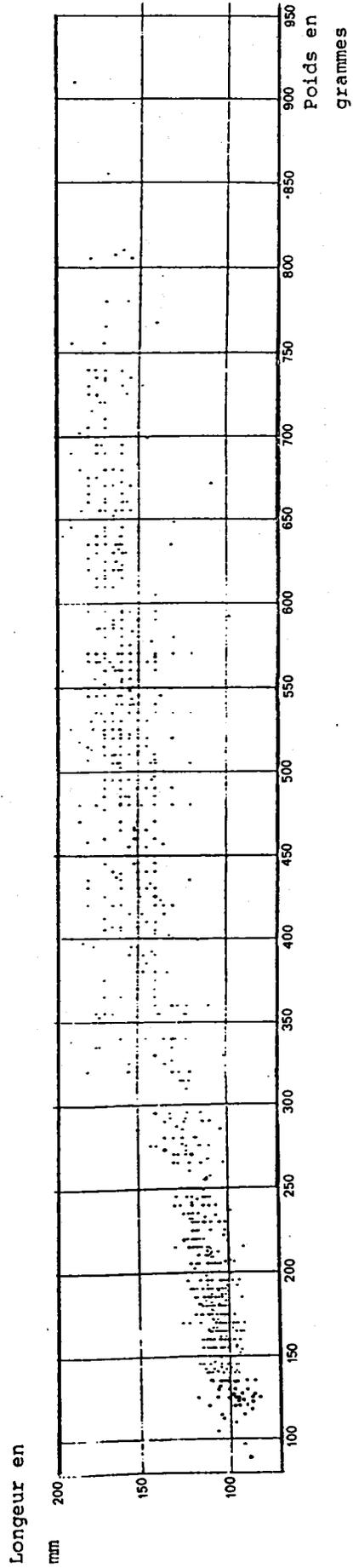
Il consiste en la mise en élevage des jeunes nacres dans des paniers immergés à 5 mètres de profondeur sur des plates-formes fixes ou flottantes mais ancrées.

Le naissain est réparti en densité variable dans des paniers ou sur des chapelets de corde suivant leur taille.

La croissance et la mortalité en élevage dépendent de la profondeur et de la densité. Le jeune naissain (7 à 10 mm) se développe près de la surface alors que celui de 20 mm a une meilleure croissance près du fond. De même une densité supérieure à 100 jeunes par panier est préjudiciable à la survie et au développement du naissain.

La croissance moyenne observée dans les élevages de Takapoto est la suivante :

fig 6 : - CROISSANCE DES NACRES DU STOCK NATUREL DE TAKAPOTO



A G E	Dimensions du naissain en élevage en mm
1 Mois (stade de fixation)	0,2 - 0,3
2 " "	2 - 3
3 " "	8 - 10
6 " "	40 - 50
12 " "	70 - 80
2 ans	100 - 120
3 " "	120 - 150
4 " "	140 - 150
5 " "	140 - 150

La figure 6 résume la croissance observée en milieu naturel pour les nacres âgées de 2 à 6 ans.

### 12. La greffe perlière

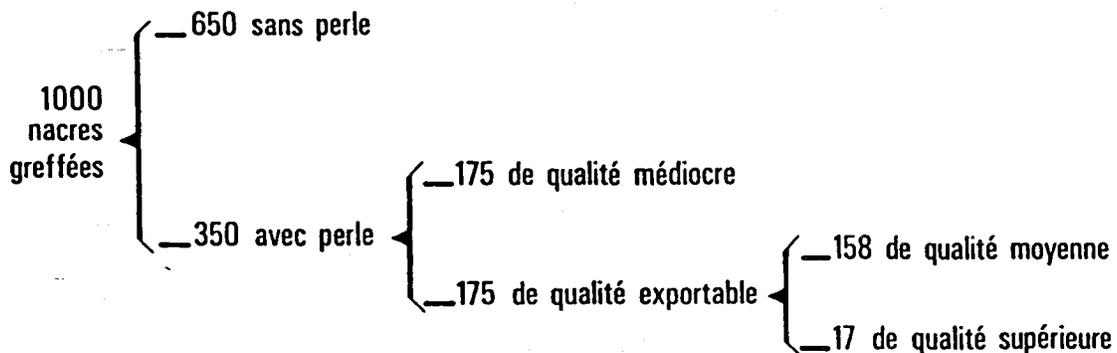
La perle fine se forme dans la cavité palléale après invagination du manteau autour d'une particule irritante apparue entre le manteau et la coquille.

La greffe perlière consiste en l'insertion à l'intérieur de la gonade de l'huître d'un greffon (portion de manteau de jeune pintadine) et d'un nucleus (sphère de nacre de bivalve d'eau douce : *Pleurobema cordatum* ou *Fusconaia eburnus*).

Après la greffe, l'élevage de la perle dure 2 ans et le greffon transformé en sac perlier a sécrété une couche de nacre de plus de 1,5 mm autour du nucleus.

Lorsque la greffe ne prend pas, le greffon se retourne sur lui-même et sécrète un "grain perlier" ou "Kesi", sans nucleus.

Les résultats moyens de la greffe perlière en Polynésie Française sont les suivants :



La réussite de la greffe perlière dépend :

- de la provenance des pintadines (d'élevage ou de plonge)
- de la santé des nacres avant l'intervention
- de la profondeur du système d'élevage
- de l'habileté du greffeur
- de la nature du greffon
- de l'état de maturité de la gonade

### 13. Production perlière en Polynésie Française

ANNEES	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Production en nombre perles	1142	3346	7034	5839	10 000 (estimé)	10 000 (estimé)	40 000 (estimé)	-	-	-	-
Exportations en poids (kg)	-	-	-	-	6,1	6,1	49,9	86	28,7	86,5	32,3
Valeur déclarée à l'exportation en millions CFP	2	6	14	9	14,7	18,2	128,7	158,8	101,8	404,8	98

Depuis 1961, date des premiers essais de greffe perlière à Bora-Bora, la perliculture est devenue la première exportation du Territoire (800 millions F.CFP en 1983).

### 14. Perspectives

Les perspectives dans ce domaine visent à :

- protéger les stocks existants
- repeupler les lagons surexploités ou épuisés
- résoudre les problèmes de pathologie des élevages
- améliorer les connaissances de la biologie
- optimiser les techniques de collectage et d'élevage nacrier et perlier.

### III - L'EXPLOITATION DES POISSONS RECIFO-LAGONAIRES

La pêche des poissons récifo-lagonaires est traditionnellement pratiquée pour subvenir aux besoins alimentaires des Polynésiens.

Il y a un peu plus de 30 ans, l'exploitation des phosphates de Makatea a amené certains atolls (Tikehau, Rangiroa) à ravitailler les mineurs.

Dans les années 1960, l'installation du Centre d'Expérimentation du Pacifique, l'accroissement démographique des I.D.V., l'appauvrissement des lagons d'îles hautes à forte densité humaine ont nécessité l'importation des poissons d'autres archipels.

Les atolls des Tuamotu fournissent 70 à 75 % des besoins du marché de Papeete ; 2 à 5 % sont couverts par les I.D.V. et I.S.L.V. (Raiatea, Tahaa).

La production intéresse des populations halieutiques pluri-spécifiques.

En cours d'année, on observe des variations de production saisonnière qualitatives et quantitatives d'un lagon à l'autre et dans un même lagon.

## 1. Techniques et engins de pêche

### 1.1. Le parc à poissons

Il s'agit d'un piège fixe où les poissons sont maintenus en captivité jusqu'à la récolte.

A vocation collective à l'origine, toute la communauté participait à la création de ces enclos de corail lapiézé (Tuamotu) ou de pierres volcaniques (I.S.L.V.).

L'emplacement est choisi en fonction de la morphologie des fonds, des courants et des habitudes migratoires des poissons.

Les premiers parcs à vocation commerciale dateraient de 1952. C'est aux environs de 1960 à Rangiroa qu'apparaissent les premiers parcs en grillage de poulailler tendu soit sur des poteaux de bois (*Guettardia speciosa*), de fer à béton ou de tuyau galvanisé.

Aux Tuamotu, où les captures sont livrées aux goélettes, il est fréquent en haute saison de voir les poissons maintenus en captivité trop longtemps. Il s'ensuit un amaigrissement notable des poissons qui, relâchés, sont des proies faciles pour les requins qui abondent dans ces lagons.

La délibération n° 78-128 du 3 août 1978 règle l'occupation du domaine public et la décision n° 1555/CG du 19 mai 1981 fixe le montant des redevances dues pour les occupations temporaires d'emplacements du domaine maritime destinés aux parcs à poissons, au captage du naissain de nacre, à l'élevage de nacre et aux fermes perlières.

La construction de parcs à poissons n'est pas autorisée dans les lagons d'îles hautes mais y est tolérée.

### 1.2. Les filets

- Maillants posés pendant quelques heures intéressent de nombreuses espèces ;

- cernants de taille variable utilisés de jour pour la capture de bancs repérés de "ature", *Selar crumenopthalmus*, des *Mugilidae* et *Scaridae*.

### 1.3. La pêche à la ligne de fond

Elle s'effectue à partir d'embarcations, au-dessus ou près des pâtés de corail ou près des quais, au niveau des passes.

Les espèces prospectées sont essentiellement : *Lethrinus miniatus*, *Lethrinus mahsena*, *Lutjanus gibbus*, *Epinephelus microdon*, *Epinephelus merra*, *Upeneus vivatus*.

### 1.4. La pêche à la canne

pratiquée sur les bords des récifs ou le long du rivage, elle vise surtout, suivant la technique employée, les carangues, les rougets *Myripristis*, et *Holocentridae* ou d'autres.

### 1.5. La pêche à la traîne

Est effectuée le long des récifs pour la capture des carangues et *Aprion virescens*.

### 1.6. La chasse sous-marine

Elle comporte des adeptes recherchant des espèces prisées sur le marché parmi les *Lethrinidae*, *Carangidae*, *Acanthuridae*, *Scaridae*.

### 1.7. Les nasses

Généralement en forme de cube d'un mètre d'arête, les nasses ont un cadre en fers tors d'1 cm de section sur lequel est tendu un grillage. La face supérieure est percée d'une entrée et d'une porte servant à vider la nasse. Un petit panier en grillage rempli d'appâts est suspendu à l'intérieur. Le piège est posé sur le fond des lieux choisis du lagon à partir de bateaux à l'aide d'une corde attachée à une bouée de surface.

## 2. La flottille de pêche

De construction locale, en contreplaqué marine, les bateaux de 11 à 21 pieds de long, propulsés par des moteurs hors-bord de puissance variable (7 à 80 CV) ont en majeure partie remplacé les pirogues traditionnelles.

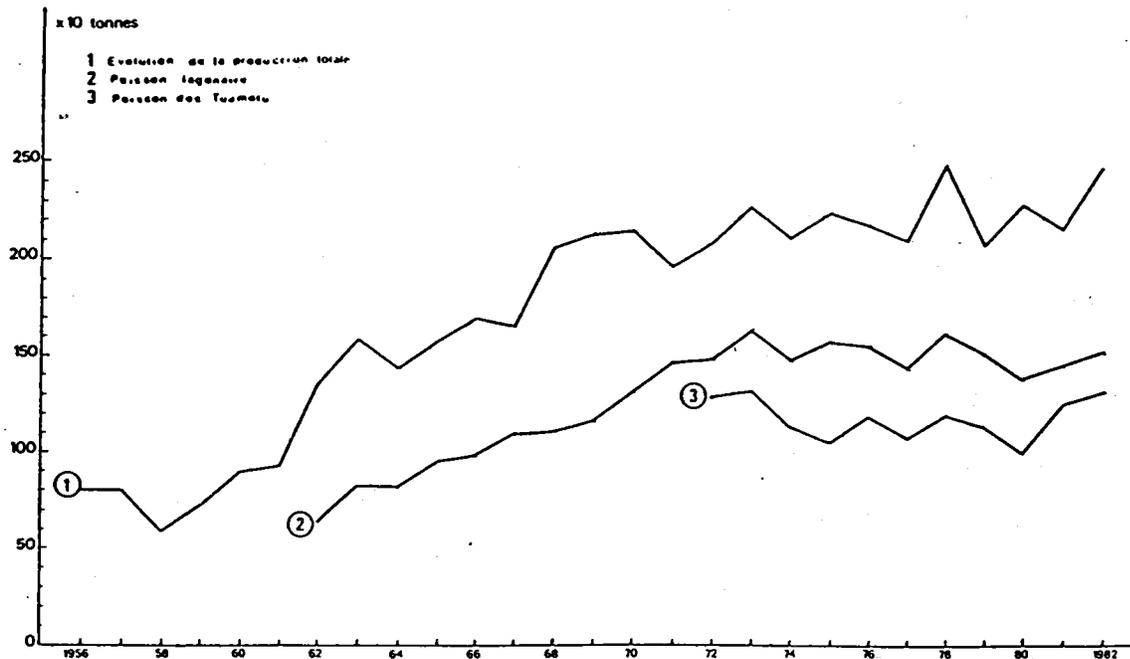
## 3. Les pêcheurs

Aux Tuamotu, certaines familles vivent exclusivement de la commercialisation de leurs captures. Pour d'autres, elle est un complément à l'exploitation du coprah.

Aux Iles-Sous-Le-Vent et aux I.D.V., la part du revenu de la pêche est variable, cependant elle reste un appoint économique important.

#### 4. Production et consommation de produits de la pêche

Figure 7 - Evolution de la production de poisson vendue à Papeete .



La production lagonaire, avec environ 1 300 t, représente 72 % de la consommation en poisson frais d'origine locale.

##### 4.1. Atolls producteurs

a) Production quantitative : la moyenne de production des principaux atolls producteurs pour 1982 est la suivante :

KAUKURA	ARUTUA	TIKEHAU	RANGIROA	APATAKI
370	344	301	65	130

Plusieurs causes sont à l'origine de la production d'un atoll :

- la proximité de Papeete ;
- la motivation des habitants.

A Kaukura existe une vingtaine de familles de pêcheurs dont la production est sensiblement égale.

A Arutua : une famille joue le rôle moteur suivie par une dizaine d'autres.

A Tikehau : 2 familles de pêcheurs produisent plus de la moitié de la production de l'atoll.

A Rangiroa : 5 pêcheurs approvisionnent plus des 2/3 des moyens de transport (bateau, avion).

A Apataki : les pêcheurs moins motivés qu'ailleurs se font relayer en basse saison par des habitants de Kaukura et Arutua qui à l'occasion exploitent aussi le lagon de Toau.

b) Production qualitative :

La haute saison de pêche commence dans la plupart des atolls au mois de juin ou juillet avec la période de reproduction d'*Epinephelus microdon*. Cette espèce est capturée dans les parcs ou à la ligne de fond à Kaukura, Arutua, Apataki, Tikehau et dans une moindre mesure à Rangiroa qui entre en haute saison de production en septembre.

- EMBARQUEMENT GOELETTES KAUKURA (1982)

MOIS	NOMBRE DE PARCS FONCTIONNELS	PRODUCTION TONNES	ESPECES PREPONDERANTES	POURCENTAGE
Janvier	15	15	<i>Siganus argenteus</i> Scaridae <i>Caranx melampygus</i>	32 % 24 % 10 %
Février	15	24	<i>Lethrinus mahsena</i> <i>Albula vulpes</i>	80 % 13 %
Mars	20	46	Scaridae <i>Lethrinus mahsena</i> <i>Siganus argenteus</i>	40 % 86 % 22 %
Avril	10	19	<i>Scarus sp</i> <i>Selar crumenophtalmus</i>	73 % 10 %
Mai	10	13	Scaridae <i>Mulloidichthys sp</i> <i>Selar crumenophtalmus</i> <i>Epinephelus microdon</i>	21,5 % 18,5 % 16,5 % 9 %
Juin	15	14	<i>Epinephelus microdon</i> Scaridae	66 % 15 %
Juillet	20	45	<i>Epinephelus microdon</i> <i>Siganus argenteus</i> <i>Selar crumenophtalmus</i>	41 % 38 % 7 %
Août	20	46	<i>Epinephelus microdon</i> <i>Lethrinus mahsena</i> <i>Siganus argenteus</i> <i>Selar crumenophtalmus</i>	30 % 30 % 9 % 6 %
Septembre	30	46	<i>Lethrinus mahsena</i> <i>Siganus argenteus</i> <i>Selar crumenophtalmus</i>	37 % 26 % 14 %
Octobre	40	48	<i>Lethrinus mahsena</i> <i>Selar crumenophtalmus</i> Scaridae	60 % 19,5 %
Novembre	33	33	<i>Lethrinus mahsena</i> Scaridae	85 % 8 %
Décembre	23	30	Scaridae <i>Selar crumenophtalmus</i>	50 % 17 %

L'espèce la plus fréquemment pêchée à Kaukura se révèle être *Lethrinus mahsena*, suivi des Scaridae (essentiellement *Scarus ghobban*), *Siganus argenteus*, *Epinephelus microdon* et *Selar crumenophtalmus*.

Les autres espèces représentées sont les suivantes : *Caranx melampygus*, *Mulloidichthys sp.*, *Monotaxis grandoculis*, *Chanos chanos*.

PRODUCTION MENSUELLE DE POISSONS LAGONAIRES DE RANGIROA  
DE L'ANNEE 1981 - EMBARQUEMENTS SUR GOELETTES

MOIS	Production d'Avatoru en tonnes	Production de Tiputa en tonnes	Nom des espèces les plus pêchées	Pourcentage
JANVIER	13 046	5 301	1. <i>Albula vulpes</i> 2. <i>Lutjanus gibbus</i>	38,6 % 27,8 %
FEVRIER	997	450	1. <i>Lutjanus vaigiensis</i> 2. <i>Lutjanus gibbus</i> 3. <i>Lutjanus miniatus</i>	69 % 31 %
MARS	-	-	-	-
AVRIL	3 472	-	1. <i>Albula vulpes</i> 2. <i>Lutjanus vaigiensis</i>	53 % 33,7 %
MAI	10 163	-	1. <i>Albula vulpes</i> 2. <i>Epinephelus microdon</i> 3. <i>Mugilidae</i>	32,9 % 18 % 12 %
JUIN	1 503	-	1. <i>Mugilidae</i> 2. <i>Epinephelus microdon</i> 3. <i>Scarus ghobban</i>	38,9 % 32,7 % 10,4 %
JUILLET	11 855	-	1. <i>Albula vulpes</i>	100 %
AOUT	7 816	-	1. <i>Albula vulpes</i>	100 %
SEPTEMBRE	11 775	3 243	1. <i>Albula vulpes</i> 2. <i>Siganus argenteus</i> 3. <i>Acanthurus xanthopterus</i> 4. <i>Lethrinus miniatus</i>	45,2 % 25,8 % 21,6 %
OCTOBRE	13 612	-	1. <i>Lutjanus gibbus</i> 2. <i>Albula vulpes</i>	52,5 % 29,4 %
NOVEMBRE	20 549	8 727	1. <i>Lutjanus gibbus</i> 2. <i>Albula vulpes</i>	63,3 % 22 %
DECEMBRE	13 262	4 674	1. <i>Lutjanus gibbus</i> 2. <i>Scarus ghobban</i>	65,8 % 13,7 %

*Albula vulpes* et *Lutjanus gibbus* sont de loin les espèces les plus pêchées à Rangiroa avec respectivement 36,6 % et 29,7 % des prises. Il convient d'ajouter *Lethrinus miniatus* qui, pêché à la ligne, subit une valorisation par salage, séchage et se place au 3ème rang des espèces exploitées.

Notons que le transport aérien finit par se substituer au transport maritime à Rangiroa.

### Conclusion

L'exploitation des poissons récifo-lagonaires représente aujourd'hui une activité socio-économique importante, employant de nombreux pêcheurs transporteurs (6 caboteurs, 3 transporteurs aériens), manipulateurs et vendeurs au marché.

Après les cyclones, la pêche est devenue quasiment la seule activité de certaines îles des Tuamotu.

Son développement passe par :

- l'organisation de la commercialisation avec un conditionnement correct des produits (installation d'une chaîne de froid, du lieu de production au lieu de vente), valorisation des captures ;
- la surveillance de la ciguatera ;
- le suivi de l'exploitation au niveau des pêcheries ;
- l'étude de la dynamique des populations exploitées.

## IV - LES ECHINODERMES

### 1. Les holothuries

Les holothuries abondent dans le Pacifique Tropical où elles constituent une part exploitable de la faune benthique.

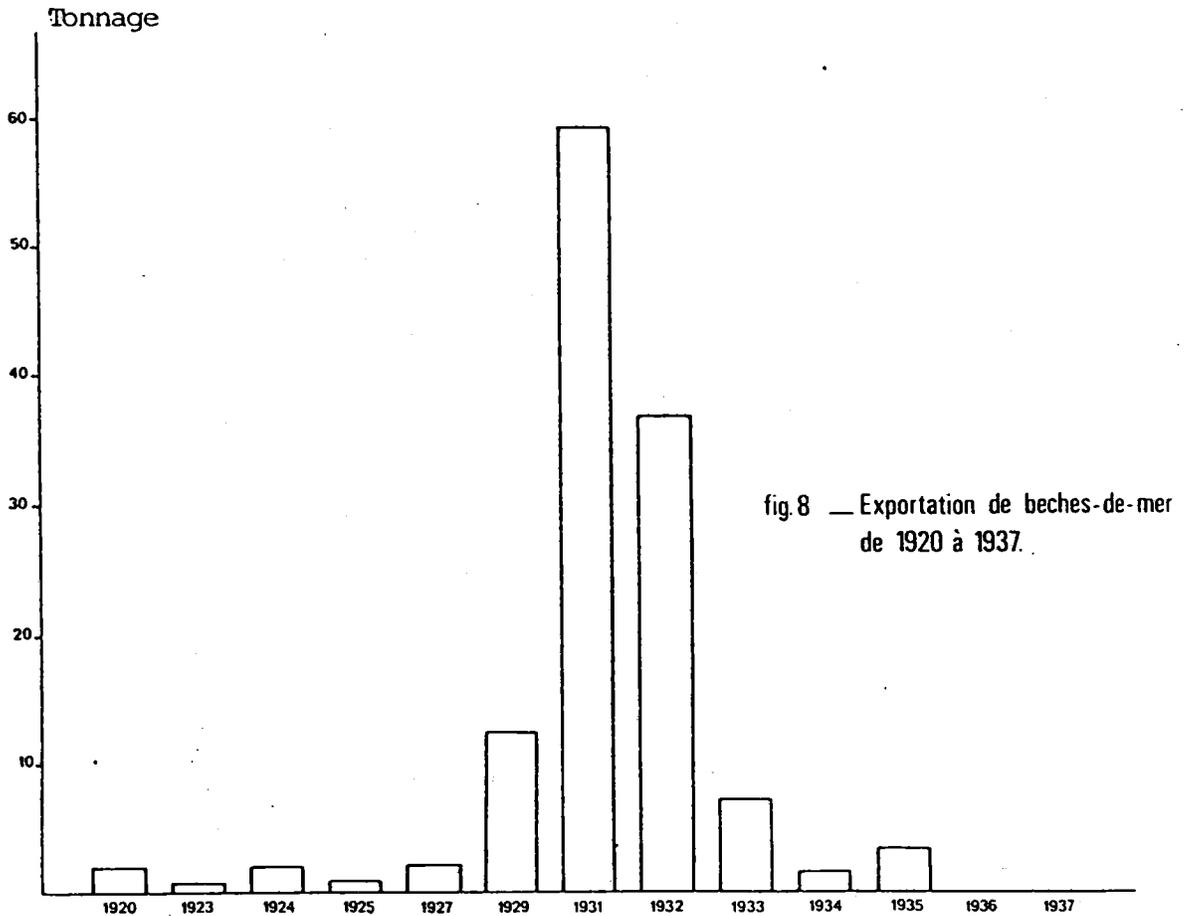
Elles sont de capture aisée : à la main sur le platier récifal à marée basse, en plongée en scaphandre autonome dans les eaux plus profondes ou au harpon lesté relié à un filin à partir d'une embarcation.

Traitées selon des techniques de fumage et séchage spéciales, elles sont particulièrement prisées par les Asiatiques.

Les espèces les plus recherchées sont dans l'ordre **Microthele nobilis**, **Thelenota ananas**, **Actinopyga sp.**

### 1.1. Historique

Les holothuries ont été exportées de 1920 à 1936.



L'exportation s'est développée avec l'arrivée des immigrants chinois qui les consommaient et les exportaient en Chine et un peu aux USA.

### 1.2. Résultats préliminaires des études commencées en 1979

Les campagnes de pêche récemment organisées par le Service de la Pêche à Tahiti dans les lagons de Faaa, Papeari, Punaauia, Vairao, Hitiaa et à Moorea révèlent un stock insuffisant pour une petite exploitation familiale permanente.

Concernant Raiatea, les données sont pour l'instant insuffisantes.

Les atolls des Tuamotu, autrefois producteurs, demeurent les seuls îles permettant d'espérer une production intéressante.

### 1.3. Observations

L'exploitation des holothuries doit obligatoirement s'accompagner :

- d'une amélioration des techniques de pêche ;
- d'une étude des stocks ;
- d'une amélioration du conditionnement des espèces peu connues sur le marché et leur production.

Une expérience de prospection et d'exploitation commence en 1984 à Apataki.

### 2. L'oursin noir Echinometra diadema (vana)

Il se niche dans les trous de rochers et de coraux. Les glandes génitales sont consommées par les Polynésiens. Sa production est vendue quelquefois au marché.

### 3. La taramea Acanthaster planci

Prédateur de coraux, il fait l'objet de campagnes annuelles d'éradication.

## V - LES CRUSTACÉS

Les principales espèces de crustacés que l'on trouve sur le marché sont :

- *Panilurus penicillatus*
- *Lisiosquilla maculata*
- *Parribacus* sp.
- *Scylla serrata*

Crustacés appréciés, ils ne parviennent pas à satisfaire les besoins de ce marché.

L'on a pu observer une diminution des tailles et une raréfaction des individus commercialisés.

Une modification de la législation en vigueur est en cours d'élaboration.

Il est difficile de connaître les quantités exploitées étant donné la multiplicité des points de vente (particuliers, hôtels, restaurants, épicerie).

## VI - LES MOLLUSQUES

### 1. Les mollusques d'origine locale

Deux espèces font partie de l'alimentation polynésienne. Il s'agit de :

- **Turbo setosus**, gastropode ramassé sur la crête à lithothamniées des récifs extérieurs. Aux I.D.V. il devient rare et les Tuamotu sont là encore les principaux producteurs avec les Iles-Sous-Le-Vent.

- **Tridacna maxima**, (lamellibranche) reste abondant dans les lagons aussi bien d'atolls que d'îles hautes. Il semble extrêmement difficile de connaître la production en coquillage de collection ou destinée à la fabrication des colliers et à la bijouterie de fantaisie.

2.

#### a) **Trochus niloticus**

Introduits à Tautira (Tahiti) en 1957, les quarante survivants de trocas, en provenance des Nouvelles-Hébrides ont permis l'ensemencement des autres archipels à partir de 1963.

L'exploitation a commencé en 1971. Celle-ci est réglementée. Des secteurs sont ouverts à la pêche tous les 3 ans et les quotas sont attribués.

En 1978, la production est de 240 tonnes. Par la suite elle n'a cessé de décroître pour atteindre 75 tonnes en 1983.

Il semble urgent de prendre des mesures afin de permettre le renouvellement des stocks.

#### b) **Turbo marmorata**

En 1967 sur les 300 individus en provenance des Nouvelles-Hébrides, seuls 42 ont survécu. Ils ont été ensemencés à Tautira (Tahiti) sur la pente externe du récif barrière par 7 à 8 m de profondeur.

Les transplantations ont été faites dans les lagons suivants :

- 1/ Autres communes de Tahiti 1976, 1980, 1981
- 2/ Moorea 1980
- 3/ I.S.L.V. 1980 et 1981
- 4/ Tuamotu-Gambier 1981, 1982
- 5/ Iles Cook en 1981

La propagation s'est faite de manière moins spectaculaire que celle des trocas.

L'espèce est toujours protégée bien qu'elle soit l'objet de braconnages nombreux.

Des études de densité sont en cours.

## VII - LES MADREPORES

### 1. Le corail noir

Employé en bijouterie il concerne *Cirripathes* sp.. Aucun recensement n'a encore été réalisé. Des pêches épisodiques ont lieu en apnée (30 à 50 kg/an en moyenne. Notons une exploitation de 120 kg en 1982). Celles pratiquées à l'aide du scaphandre autonome sont interdites.

### 2. Les matériaux coralliens

Ils sont utilisés en aménagement (remblais) et travaux routiers. Il serait d'un grand intérêt de disposer des informations concernant les sites d'exploitation et la quantité de matériaux extraits des lagons.

## VIII - SITES FAVORABLES A L'AQUACULTURE ET ESPECES CONCERNEES

Les franges littorales offrent des sites propices à l'élevage de certaines espèces animales. C'est le cas aux Tuamotu des lagunes à "Kopara" pour le poisson *Chanos chanos* élevé pour ses juvéniles utilisés comme appâts vivants dans la pêche thonière. Les anses et fonds de baies d'îles hautes offrent des sites conchylicoles.

### 1. Sites piscicoles aux Tuamotu et espèce visée

En 1971, dans la perspective d'un développement éventuel de la pêche thonière, des travaux sur les possibilités d'élevage des poissons appâts ont été entrepris à Rangiroa. En 1976 des bassins d'élevage ont été aménagés.

Trois types de sites ont été observés :

- 1/ L'étang d'eau saumâtre ou "kopara" enclavé à l'intérieur d'un flot à une distance de 20 à 100 m du lagon et communiquant épisodiquement avec lui.
- 2/ Le "hoa" non fonctionnel plus ou moins comblé au niveau de ses 2 ouvertures (lagon et océan).
- 3/ La "baie" délimitée par des flots ou des cordons de sable, graviers ou blocs coralliens.

Les meilleurs rendements d'élevage sont obtenus dans les "Kopara" où la structure algale (d'où le site tire son nom) est particulièrement abondante.

La salinité y varie de 3 ‰ à 10 ‰. et la température de 27° C à 35° C.

Des études sur les caractéristiques biochimiques de cette structure sont actuellement menées par le professeur Jean TRICHET.

Le poisson *Chanos chanos* est un chanidae planctonophage semi-pélagique qui mesure 70 cm et peut atteindre 1,50 m. Les alevins sont capturés tout au long de l'année par des canaux reliant les lagunes au

lagon. La période allant d'octobre à décembre s'avère être la plus propice au collectage.

Les expériences de pêche à l'appât vivant à l'aide de jeunes *Chanos chanos* se sont révélées positives.

Les sites d'élevage existent, les techniques aquacoles sont au point. La poursuite de l'opération est liée au développement de la pêche thonière.

## 2. Sites conchylicoles et espèces cibles

Le recensement et l'étude des sites favorables à l'aquaculture entrepris en 1976 ont été menés quelquefois parallèlement à des expérimentations de croissance en milieu naturel de mollusques (huîtres, moules, palourdes et crevettes).

Les résultats actuels sont les suivants :

### Archipel des Australes

Très éloignées de Tahiti, relativement peu desservies, ces îles sont dépourvues de baies importantes (sauf Rapa) et l'eau douce y est peu abondante. Les lagons peu profonds et parsemés de pinacles coralliens offrent des possibilités restreintes d'aquaculture.

### Archipel des Tuamotu

La superficie des lagons pourrait laisser envisager l'éventualité d'élevages en cages flottantes et enclos avec apport de nourriture. Les lagunes d'eau saumâtre, propices à l'élevage sans apport de nourriture des poissons appâts *Chanos chanos*, pourraient être utilisés pour l'élevage des crevettes.

### Archipel de la Société

Chaque île haute (Tahiti, Moorea, Huahine, Raiatea, Tahaa, Bora-Bora) rassemble trois catégories de sites aquacoles (terrestres, littoraux et maritimes). Les baies et lagunes, zones de dessalure, riches en sels nutritifs et en plancton présentent des potentialités aquacoles intéressantes pour les crevettes et mollusques filtreurs.

Les sites susceptibles d'offrir un débouché à court terme sont les suivants :

TAHITI	- lagune TATUTU	
	- " TIOPI	Conchyliculture
	- anse VAHIPAHU	
HUAHINE	- lagune VAINANUE	
	- baie HAMITI	Conchyliculture
	- FAATETORO	
RAIATEA	- baie UTUROTO	Conchyliculture
	- FAAREPAITI	Ecloserie

- TAHAA - la plupart des baies pour l'Ostreiculture  
- VAIPITI Myticulture

Les espèces introduites susceptibles de s'adapter aux conditions naturelles sont les suivantes :

- la crevette *P. Monodon* en élevage extensif. Le problème reste celui de la prédation par poissons et oiseaux ;
- l'huître de cailloux de Nouvelle-Calédonie *Saccostrea echinata* est résistante au *Polydora*. Mais le goût inhabituel et la forme curieuse sont des freins à son développement ;
- la moule verte *Perna viridis* dont la technique d'aquaculture est maîtrisée, est au stade de développement.

Les espèces locales en cours d'expérimentation sont les suivantes :

- le varo *Lisiosquilla maculata*, le crabe *Scylla serrata*, les palourdes... et les "Tua'i".

#### IX - CONCLUSION

Le milieu lagunaire demeure un lieu privilégié de développement actuel et futur pour la Polynésie Française.

Cependant, l'exemple de la *Pinctada margaritifera* dont l'industrie se maintient grâce aux techniques d'aquaculture, doit inciter à une gestion éclairée des ressources.

Qu'il s'agisse des populations ichthyologiques, des échinodermes, mollusques, crustacés, madrépores, des espèces introduites, il s'avère que l'impact de la mortalité par pêche excessive ajoutée aux nuisances diverses peut avoir une incidence sur les niveaux de production et plus grave, sur le renouvellement des espèces.

L'exploitation des ressources lagunaires tant en protéines alimentaires, en objets de collection, bijouterie, en matériaux de construction doit se poursuivre en tenant compte des erreurs passées, des acquis de la recherche scientifique et de l'équilibre complexe des écosystèmes.

## CHAPITRE 6

### DEGRADATION ET NUISANCES

par

**BAGNIS Raymond**

P L A N

I - INTRODUCTION

II - DESCRIPTION DES DEGRADATIONS ET NUISANCES

1. La modification de la morphologie littorale
2. Les extractions de sable corallien
3. Les dépôts de détritits et les substrats neufs
4. Les apports hydrauliques d'origine terrestre
5. Les rejets d'eaux usées
6. Pollution chimique

- 6.1. Huiles usagées et hydrocarbures
- 6.2. Pesticides et insecticides
- 6.3. Métaux lourds

7. Les prélèvements intensifs de faune et de flore
8. Pollution bactériologique
9. Pollution thermique
10. Dégradations provoquées par les cyclones

III - CIGUATERA

IV - RETOMBÉES DES EXPERIMENTATIONS NUCLEAIRES ATMOSPHERIQUES

V - BILAN GENERAL DES NUISANCES ET DEGRADATIONS

VI - CONCLUSION ET PERSPECTIVES

## I - INTRODUCTION

1. En créant les récifs, en développant un substrat accessible à des milliers d'autres formes vivantes, les coraux ont constitué en Polynésie Française une communauté d'une incroyable complexité tant dans sa structure que dans son fonctionnement, faisant intervenir un très grand nombre d'espèces animales et végétales aux interrelations multiples, notamment du point de vue trophique. Il y a une apparente contradiction entre cette complexité et la fragilité des édifices coralliens dont on connaît maintenant la faible tolérance vis-à-vis des pollutions. En effet, les milieux complexes où se manifestent les interactions de certaines d'espèces sont généralement plus stables que les milieux extrêmes, à faible diversité et aux circuits trophiques peu nombreux, car leur équilibre dynamique se maintient par un jeu de multiples régulations. Cette contradiction tient au fait que les organismes qui composent la communauté corallienne ont, devant des conditions de milieu relativement peu variables dans le temps et dans l'espace (milieu océanique intertropical), évolué en développant des adaptations vis-à-vis des autres espèces de la communauté (prédation, protection, etc...), plus que des adaptations vis-à-vis de l'environnement physique et chimique. Les interventions directes ou indirectes de l'homme, modifiant certaines conditions de milieu dans le domaine récifal, sont donc rapidement ressenties par les espèces et la communauté qui n'ont pas une grande tolérance face aux variations des facteurs physico-chimiques.

2. Ainsi les madrépores constructeurs de récifs exigent pour se développer certaines conditions de milieu dont les deux plus importantes sont la température et la lumière. Ils prospèrent généralement entre 22° et 28° et entre 0 et 50 mètres ; au-delà de cette profondeur l'énergie lumineuse est insuffisante pour permettre la photosynthèse indispensable aux zooxanthelles symbiotiques. La survie des coraux de récifs est également subordonnée à un certain taux de salinité de l'eau de mer (cela explique les failles dans le récif-barrière face à l'embouchure des rivières), à un faible degré de sédimentation (les eaux claires sont propices à leur épanouissement), à une agitation moyenne qui apporte l'oxygénation indispensable (ils aiment peu les eaux calmes et les fortes houles qui favorisent davantage la croissance des algues que la leur). En effet, la construction récifale n'est pas que le fait des coraux. Les algues calcaires, qui cimentent entre eux les coraux et les débris organiques de mollusques, foraminifères, annélides tubicoles alcyonaires et échinodermes sédimentant dans les interstices coralliens jouent un rôle non négligeable et même important dans les zones frontales des récifs.

3. Mais les coraux restent l'élément majeur et il suffit que l'une des conditions nécessaires à leur bonne santé ne soit pas remplie pour que tout ou partie de la communauté qui lui est inféodée en pâtisse. Cependant il serait illusoire de croire qu'à une source de pollution déterminée corresponde une dégradation univoque. A de rares exceptions près, les conséquences des agressions sur le milieu lagunaire font intervenir des facteurs multiples dont l'un des plus fréquents est l'accroissement du processus de sédimentation. En effet, les coraux sont capables de rejeter les particules sableuses ou les débris organiques qui se déposent à la surface de leur colonie. Les polypes ou les courants de mucus acheminent ces éléments vers la périphérie de la colonie où ils tombent sur le fond. Mais une trop grande sédimentation, une trop grande

"pluie" particulière sur les coraux peut les étouffer. Par ailleurs, la structure récifale aux si nombreuses anfractuosités se prête facilement au piégeage des sédiments et à leur accumulation lorsque les courants ne sont pas trop forts.

4. Un inventaire complet de toutes les menaces qui pèsent sur l'intégrité des écosystèmes récifolagonaires est fort difficile à réaliser. Certaines sont manifestes et leurs effets patents. D'autres plus insidieuses ne se traduisent pas toujours par des effets rapides évidents. Les causes de dégradations peuvent naître dans le lagon, dans l'océan, dans l'atmosphère, mais la majorité ont une origine tellurique. Si l'homme est la plupart du temps responsable, il arrive que des cataclysmes naturels entraînent des dégâts écologiques non négligeables.

5. Nous n'avons pris en compte que les dégradations et nuisances pour lesquelles nous possédions des éléments d'information irréfutables. Les exemples les plus nombreux seront relatifs à Tahiti. En effet, c'est dans la grande île que les atteintes portées à l'environnement naturel sont les plus importantes et que les données recueillies pour celle-ci peuvent être facilement transposées, sinon dans leur totalité, du moins partiellement, à toute autre île polynésienne concernée par un processus de développement. Les variantes liées aux conditions géomorphologiques particulières ne changent rien au fond du problème.

6. Souvent plusieurs facteurs d'agression agissent ensemble et la réponse constatée au niveau de l'écosystème prospecté est une résultante. Néanmoins, pour des commodités d'exposé, nous individualisons les titres suivants :

- la modification de la morphologie littorale
- les extractions de sable corallien
- les apports hydrauliques d'origine terrestre
- le rejet des eaux usées
- les dépôts de détritiques et les substrats neufs
- la pollution chimique
- les prélèvements intensifs de faune et de flore
- la pollution bactériologique
- les risques de pollution thermique
- les dégradations provoquées par les cyclones.

7. Etant donné l'importance qu'ils ont revêtue au cours d'un passé proche, nous avons essayé d'appréhender le rôle néfaste éventuel des cyclones.

8. Nous avons aussi accordé une place à part à la ciguatera qui constitue souvent une sorte de signal d'alarme écologique, rendant compte à sa manière du stress des écosystèmes coralliens agressés.

9. Par ailleurs, les données disponibles ne mettent pas en évidence de dégradation en rapport avec les retombées des expérimentations nucléaires atmosphériques, nous avons, par souci d'objectivité maximale et pour être exhaustif, estimé utile de faire le point sur cette question, souvent controversée.

## II - DESCRIPTION DES DEGRADATIONS ET NUISANCES

### 1. La modification de la morphologie littorale

1.1. Par ce type de dégradation sont désignées toutes modifications du profil naturel des côtes : construction de port, jetée, digue, aménagement d'estuaire, etc.... Ce sont aussi tous les aménagements altérant la structure naturelle du lagon : remblaiement du récif frangeant, création d'ilot artificiel, modification du profil du chenal, construction sur le récif barrière, etc....

1.2. Tous ces aménagements ont trois conséquences immédiates :

- le récif frangeant disparaît
- l'hydrologie naturelle du lagon est modifiée par les obstacles construits. Les déviations de courant peuvent créer des poches d'eau morte qui ne manquent pas d'entraîner un déséquilibre écologique
- des structures artificielles sont ajoutées dans le milieu naturel et forment des substrats neufs dont l'évolution a une action (favorable ou défavorable) sur l'écologie du lagon.

1.3. Le profil naturel des côtes est le résultat, au fil des ans, d'un équilibre d'influences marines et terrestres. Cet équilibre est fragile et on ne peut impunément le modifier sans en subir de graves conséquences. En milieu tropical, la succession des formations coralliennes est le résultat de cet équilibre et la suppression de l'une d'entre elles, si elle n'est pas soigneusement compensée, donne des résultats catastrophiques. La conséquence est un appauvrissement considérable de la flore et de la faune, qui n'assimilent plus les substances en suspension, d'où une grande turbidité des eaux. L'accumulation de produits organiques peut entraîner à long terme, par décomposition, une réduction des sédiments et une odeur d'oeuf pourri caractéristique de ces milieux de dragage de matériaux en place ou d'apports de matériaux nouveaux. Par ailleurs, il faut ici tenir le plus grand compte des changements irrémédiables apportés aux conditions de circulation de l'eau au voisinage du littoral. Il peut en résulter une accumulation locale de dépôts terrigènes d'une part, une baisse de salinité et un défaut d'oxygène par manque de renouvellement et de brassage, d'autre part.

1.4. Dans la zone urbaine de Tahiti, les exemples significatifs ne manquent pas : ilot artificiel de Maeva et du Travelodge, aéroport de Faaa, digue du port, aménagement du chenal à la pointe Iriti.... La construction de la piste de Faaa, qui date de 1952, a fait disparaître en grande partie le récif frangeant du secteur aménagé. Cependant, les zones frangeantes restantes, ainsi que le récif barrière face à la piste, sont beaucoup moins dégradés que les récifs aux abords des jetées portuaires. Dans le cas de Faaa, l'apport océanique n'a pas été modifié, les eaux sont claires, alors que dans le cas du port de Papeete, la construction de jetées provoque le confinement, l'augmentation de la turbidité et la nécrose des populations à la suite de la sédimentation. Ceci est particulièrement vrai pour les coraux, dont la richesse spécifique est parfois importante à cet endroit, mais dont toutes les colonies sont partiellement ou totalement nécrosées : leur aspect général est très maladif. Selon toute vraisemblance, la digue a été implantée à l'origine sur un récif d'une richesse égale à celle du récif de Faaa ; ce qu'il en

reste aujourd'hui, en ce qui concerne les coraux, est négligeable. La suppression de l'arrivée des eaux océaniques (courant, oxygénation) et l'apport d'ordures (lessivage important lors des pluies) sont en train d'avoir raison du récif barrière et vont le dégrader irréversiblement. Depuis 1972-73, plus d'un point sur le littoral a été profondément modifié : la marina Lotus, la côte en amont de la passe de Taapuna, le récif devant l'hôtel Beachcomber (achèvement des travaux de dragage et implantation du motu artificiel), la baie de Vaitupa (construction d'un quai), la zone du port (allongement de la digue, aménagement de la Papeava), le Yacht-club et, en avril 1982, la pointe Tataa (début de dragages).

## 2. Les extractions de sable corallien

2.1. Les dragages et l'extraction des matériaux coralliens, pour l'aménagement de chenaux navigables dans les lagons ou pour l'obtention de sables, sont des opérations courantes. Les agrégats coralliens sont très appréciés pour la constitution des remblais et la construction des chaussées, sous forme de "tout venant" dénommé "soupe de corail".

2.2. Les extractions de sable dans le lagon s'effectuent souvent en bordure de l'endroit où l'on a besoin de ces matériaux, et l'on assiste à une prolifération des points d'extraction qui non seulement détruisent de proche en proche les récifs mais enlaidissent les rivages. Les zones draguées se situent presque toujours en zone calme où les courants sont inexistantes ou trop faibles pour entraîner les particules en suspension ; la turbidité est très forte et la visibilité réduite à quelques centimètres ! La vase de la "soupe de corail" se sédimente parfois sur le fond, mais est remise en suspension à la moindre agitation de l'eau. Des "nuages" turbides enveloppent les colonies coralliennes du voisinage, les étouffant et les ensevelissant lorsque l'absence de courant entraîne la sédimentation des particules. Quand les suspensions sont déposées plus loin par les courants, la sédimentation qui en résulte envase alors une zone plus étendue. De plus, les particules issues des dragages sont très fines, d'où une capacité de colmatage accrue des récifs à proximité ou à distance, par obstruction des organes de filtration des polypes coralliens.

2.3. Ces travaux ont, en plus de la destruction directe du milieu, les mêmes effets à distance sur les coraux que les modifications du profil côtier. La drague, avançant dans le lagon sur la digue qu'elle se construit elle-même, ramène le sable et détruit irrémédiablement le fond du lagon ; elle laisse un désert de sable extrêmement fin, ne donnant aucune possibilité de fixation future pour les larves de madrépores. Les conséquences écologiques des activités d'extraction de "soupe de corail" ont été particulièrement bien étudiées à Moorea.

2.4. Quels que soient les aménagements effectués dans la zone draguée, la transformation d'un substrat dur en un substrat sablovaseux est une dégradation irréversible. L'eau peut rester trouble au voisinage des extractions pendant très longtemps. Pour la flore et la faune il y a diminution très rapide de la richesse spécifique et en général pullulation d'une ou deux espèces. C'est le cas de *Padina* et de *Galaxaura* pour les Algues, ou encore de *Erosaria obvelata* (porcelaine "anneau d'or") pour les mollusques. Mais c'est pour le groupe des coraux que les conséquences des extractions de sable corallien sont les plus spectaculaires.

2.5. En Polynésie Française des dragages intensifs ont ainsi détruit des parties importantes de récifs, notamment à Tahiti, Moorea et Bora-Bora pour ne citer que les îles les plus en vue sous l'angle touristique. Ici encore les exemples décrits ci-après pour Tahiti peuvent s'appliquer ailleurs. Dans la vasque du Taaone, près de laquelle on a prélevé du matériel corallien au moment de la construction du port, 95 % des coraux sont morts. Il s'agissait essentiellement de belles colonies d'**Acropora** en coupelles. Elles recouvrent, mortes, plus de 70 % du substrat. Toutes sont d'ailleurs recouvertes d'un tapis d'algues **Galaxaura**. De même, sur le récif frangeant situé entre les hôtels Beachcomber et Maeva Beach, la zone draguée ne présente plus une seule colonie corallienne vivante. Le fond est sablo-vaseux, recouvert d'un film d'algues Cyanophycées. Dans tous les cas, ces zones laissent l'impression d'un paysage désolé. Il n'existe plus aujourd'hui que quelques centaines de mètres carrés de récif frangeant de la passe de Taapuna au port de Papeete, et guère davantage du port de Papeete à la pointe de Taharaa. Les conséquences biologiques de ceci ont été maintes fois soulignées pour ce qui est de la reproduction des espèces, dont le récif frangeant constituait la "nursérie". Il est évident que la forte sédimentation provenant des dragages, ajoutée à l'érosion naturelle et à l'accentuation de cette érosion par des terrassements littoraux, ne fait qu'aggraver la situation générale dans laquelle se trouvent plusieurs lagons d'îles hautes.

### 3. Les dépôts de détritits et les substrats neufs

Les substrats solides sont d'une façon générale favorables à la réimplantation de nouvelles espèces. C'est le point de départ de nouveaux biotopes, résultats de longues chaînes biotiques. Ces repeuplements sont très lents et se font en de nombreuses étapes. Les études réalisées sur ce thème permettent de dire que tous les substrats ne réagissent pas de la même façon. Les jeunes organismes, selon leur spécificité, ont besoin de conditions très précises tant pour effectuer leur fixation que leur métamorphose. Les plastiques et le caoutchouc des pneumatiques ne constituent pas, à cet égard, un substrat favorable. Cependant, les conséquences des dépôts de détritits sont surtout d'ordre esthétique. Personne n'apprécie de voir une plage ou un fond marin jonché de bouteilles, de boîtes de conserves, de ferrailles. En outre, si parmi les détritits se trouvent des produits toxiques (revêtements particuliers, peintures, flacons ayant contenu des insecticides ou des pesticides), l'impact sur le milieu peut être désastreux.

Les exemples de dépotoirs lagonaires sont nombreux et non limités à Tahiti : du simple sac d'ordures ménagères au cimetière de boîtes de conserves vides en passant par les objets les plus hétéroclites, ils sont à dénoncer vigoureusement. Quant aux substrats neufs, ils sont multiples dans le secteur lagonaire urbain.

Ainsi, au niveau de la marina Lotus, le récif frangeant a été totalement remblayé. Sur les quais bétonnés de cette marina, les colonies coralliennes semblent s'implanter sans difficulté ; le recouvrement y atteint 30 % du substrat. L'espèce dominante est **Porites**.

Devant l'hôtel Beachcomber, les piliers de béton des bungalows sur pilotis sont également colonisés par les coraux (**Montipora**, **Pocillopora**, **Acropora**, **Porites**) ainsi que par les mollusques (bivalves

sessiles). Près de la piste de Faaa, le récif frangeant paraît se remettre des travaux de 1954. Les coraux vivants en place semblent être des repousses anciennes sur un substrat qui a été nécrosé. La richesse spécifique y est assez importante. Paradoxalement, la piste de Faaa protège ce récif de nouvelles agressions. Mais son éventuelle extension, ou tout autre remaniement de ce secteur reposerait le problème de la dégradation des récifs environnants, en particulier du récif barrière qui fait face à la piste.

Au Yacht-Club, malgré les remaniements effectués, le récif frangeant semble en bon état, si l'on excepte la pente externe vaseuse, uniquement colonisée par les algues.

Un peu partout, les substrats en béton sont plus ou moins colonisés, par des mollusques Gastéropodes épigés (tels que Littorines, Nérites, ce qui n'a rien de surprenant). Ils sont également bien colonisés par les coraux, plus rarement que les mollusques Bivalves sessiles, pour peu qu'ils soient dans une zone où les conditions écologiques de survie minimum y soient réunies. Il ne faut tout de même pas confondre ce succès relatif avec l'existence d'un réel récif frangeant fonctionnel, où l'association complexe de faune contribue à l'équilibre tout entier du récif (lieu de ponte - nurserie de nombreuses espèces pélagiques du récif barrière). L'extension des zones de remblai n'est donc pas souhaitable, pour l'avenir du récif tout entier il est indispensable de maintenir des zones de récif frangeant intouchées et de veiller à un aménagement rationnel des autres secteurs. A ce titre, contrairement aux substrats lisses, les surfaces de béton brut semblent avoir une texture favorable à une recolonisation par les Madrépores. On peut donc émettre l'hypothèse d'une reconstruction récifale à partir d'un tel substrat. De là à parler de "récif artificiel", il n'y a qu'un pas, que nous ne franchirons pas. La moindre initiative en la matière mériterait des études scientifiques complémentaires. D'autant que si les substrats neufs immergés dans le lagon sont souvent colonisés par les Madrépores, ils ne semblent pas favoriser l'installation des algues, ni de toute la faune qui en dépend.

#### 4. Les apports hydrauliques d'origine terrestre

4.1. Entre les récifs coralliens et les influences terrigènes se poursuit une lutte qui remonte à la naissance des premiers récifs, bien avant l'avènement de l'homme. Sur les îles hautes, l'érosion tellurique naturelle est extrêmement forte et quantités d'éléments nutritifs terrigènes sont déversés dans le lagon, soit directement par les eaux de ruissellement, soit par le biais des rivières y débouchant très fréquemment, surtout en saison des pluies, contribuant à la prospérité de la faune et de la flore lagonaire.

4.2. Les effets de l'érosion des sols consécutifs aux fortes précipitations et les apports de boues en suspension qui résultent de la crue des rivières, peuvent avoir sur la vie du lagon des effets défavorables, assez similaires à ceux qui ont été évoqués à propos de l'extraction de la "soupe de corail". La charge particulière de ces eaux est un des facteurs les plus dégradants du milieu, s'il favorise l'envasement des différents biotopes. Sur les seuls substrats meubles s'installent alors des algueraies à *Halimeda macroloba*. Mais là encore, tout dépend de l'importance du brassage des eaux qui s'opère au voisinage

des estuaires. En face des passes exposées à la houle, il y a peu à craindre de l'accumulation de sédiments ; en revanche, si à l'occasion de l'exécution d'importants travaux de terrassement, des apports intempestifs s'effectuent dans une zone relativement calme, les dégâts peuvent être considérables.

4.3. Les coraux sont particulièrement pénalisés par la dessalure des eaux et l'apport de matériaux sablo-vaseux qui étouffent les colonies et limitent leur réimplantation. S'ajoute à cela la turbidité, et l'on peut facilement voir qu'à toutes les sorties d'effluents les coraux sont pratiquement inexistantes. Seuls quelques *Montipora*, *Acropora formosa* et *Pocillopora damicornis* arrivent à survivre sur un rebord rocheux, dans une zone légèrement moins turbide et moins dessalée. Il semble difficile qu'il en soit autrement, dans la mesure où les zones d'apport d'eaux douces correspondent partout à des zones de ruptures du relief.

4.4. La traversée par ces rivières des zones urbanisées ou en cours d'urbanisation donne toutefois aux apports d'origine terrestre une dimension nouvelle.

En l'absence d'installations satisfaisantes d'élimination des eaux usées, ces rivières traversant les zones urbaines sont facilement transformées en égouts à ciel ouvert ; leur charge de pollution est d'ailleurs souvent aggravée par le déversement direct dans leur lit, par les riverains, de multiples détritiques. Par temps sec, le courant est faible, sinon nul, et les dépôts s'accumulent dans le lit de la rivière ; par temps de pluie, ces dépôts sont repris par le courant et entraînés plus ou moins loin dans le lagon. L'effet de ces déversements d'eaux polluées n'apparaît pas systématiquement préjudiciable à l'écologie du lagon : les conditions particulières dans lesquelles s'effectue le brassage des eaux au voisinage du point de rejet semblent à cet égard déterminantes. Le ruissellement des eaux de pluies peut également, à lui seul, engendrer des nuisances. L'entraînement de produits toxiques constitue notamment un risque permanent. On a encore peu à craindre, à Tahiti, des déversements industriels ; en revanche, l'emploi sans contrôle des insecticides et des pesticides, difficilement dégradables et de ce fait susceptibles de s'accumuler en certains points abrités, constitue un danger reconnu, même si jusqu'à présent les preuves d'une telle éventualité n'ont pas été apportées.

## 5. Les rejets d'eaux usées

5.1. Le problème du rejet des eaux domestiques usées est relativement récent et tient à l'urbanisation. Mais ses effets nuisibles ont déjà affecté irrémédiablement certains lagons et récifs, aux îles Hawaii notamment.

5.2. Le traitement d'épuration et le rejet proprement dit sont devenus préoccupants pour toute la zone urbaine de Papeete. En effet, les eaux usées rejetées dans les lagons sont riches en matières organiques, en phosphates et en nitrates. Ces eaux enrichies entraînent tout d'abord le très grand développement d'algues planctoniques (eaux rouges) et benthiques dont la décomposition par oxydation des matières organiques provoque une chute brutale de la teneur en oxygène dissous. Il se développe alors une flore bactérienne anaérobie dont certains éléments réduisent les sulfates

en anhydride sulfureux. Au cours de cette évolution, la composition de la biocénose se modifie profondément et à la diversité spécifique du complexe récifal succède une très grande pauvreté spécifique avec quelques espèces particulièrement résistantes vis-à-vis des conditions de milieu et qui deviennent d'autant plus abondantes que la compétitivité est bien moins importante. Les sédiments sont réduits, noirs, et dégagent une odeur d'hydrogène sulfuré. Les colonies coralliennes sont totalement mortes et les poissons ont disparu. Dans ces milieux, on note l'abondance de synaptès qui se nourrissent de débris organiques, d'éponges pour lesquelles les bactéries constituent l'essentiel de l'alimentation, et enfin d'algues **chlorophycées** qui recouvrent tous les coraux morts. Le récif, avec son extraordinaire densité et variété de formes vivantes est mort.

5.3. Le rejet des eaux usées pose également le problème du déversement dans les lagons des résidus chlorés des stations d'épuration. On manque d'observations sur les effets de ces produits sur la faune et la flore, même si l'on peut penser que leur diffusion dans le milieu marin est rapide. En revanche, ces mêmes rejets libèrent dans le lagon ou l'océan de grandes quantités d'eau douce ; aussi le choix des points de dispersion et le débit des rejets doivent-ils être déterminés avec soin.

## 6. Pollution chimique

### 6.1. Huiles usagées et hydrocarbures

a) Jusqu'à présent, aucune manifestation intempestive de marée noire au niveau des récifs coralliens ne s'est produite en Polynésie Française. Cependant, on doit connaître les résultats des expériences faites en laboratoire, les coraux submergés ne sont apparemment pas altérés par les nappes superficielles d'hydrocarbures transportées par les courants. Les coraux émergés en revanche meurent dès que leurs polypes sont atteints.

b) Des déversements d'huiles usagées ou d'hydrocarbures peuvent être effectués soit à terre, et passer dans le lagon à travers les égouts ou les rivières, soit directement dans le lagon, notamment dans les zones portuaires. Cela est flagrant dans le port de Papeete : en certains endroits, aucun organisme benthique ne peut s'implanter sur les parois bétonnées car celles-ci sont recouvertes d'une couche huileuse, au moins sur une profondeur égale au marnage maximum.

Le réglementation actuelle ne permet pas de lutter efficacement contre ces déversements, alors que par ailleurs, les moyens susceptibles d'assurer l'élimination de ces produits demeurent tout à fait insuffisants.

c) Encore plus délicat à résoudre est le problème de pollution insidieuse par les huiles et les hydrocarbures, résultant de la multiplication un peu partout des mouvements de bateaux à moteur à l'intérieur du lagon.

d) Ce type de pollution ne peut aller qu'en s'aggravant, dans la mesure où une nouvelle intensification du trafic maritime est prévisible dans les années à venir, et où le renouvellement des eaux lagunaires est insuffisant.

## 6.2. Pesticides et Insecticides

Les pesticides trop inconsidérément utilisés pour la protection des cultures se retrouvent dans les lagons. Les plus nocifs sont les organochlorés. Les mesures ponctuelles effectuées en Polynésie n'ont pas fait apparaître de concentrations inquiétantes jusqu'ici. Mais le danger est moniprésent. Il est bien connu que le D.D.T. se retrouve dans la chaîne alimentaire océanique dans le monde entier... même dans l'Antarctique. On tend fort heureusement à réglementer l'emploi des pesticides, à recommander l'emploi d'organo-phosphorés, substances biodégradables et à faible rémanence.

## 6.3. Métaux lourds

a) Les travaux consacrés à l'observation de métaux lourds, potentiellement toxiques, dans l'environnement lagunaire polynésien, sont encore rares à ce jour, effectués exclusivement dans le cadre du LESE. Ils ont concerné essentiellement deux îles hautes (Tahiti et Moorea) et un atoll (Takume). Mais en fonction du développement croissant des activités industrielles à Tahiti, c'est aux lagons de cette île qu'ont été consacrées le plus d'investigations.

Le choix des métaux dosés a tenu compte des recommandations généralement formulées en matière de contrôle de l'environnement. Il s'agit de métaux ayant un effet toxique reconnu : Mercure (Hg), Cadmium (Cd), Plomb (Pb), Chrome (Cr), ou ayant une fonction métabolique, mais pouvant devenir toxiques en cas d'excès : Cuivre (Cu), Zinc (Zn), Fer (Fe). A la demande, ont également été mesurés le Strontium (Sr), le Carbonate de calcium ( $\text{Ca CO}_2$ ), ainsi que le carbone organique associés aux sédiments.

La bioaccumulation en quantité excessive de certains de ces éléments le long des chaînes trophiques à partir du milieu aquatique est susceptible dans les cas critiques de rendre des produits alimentaires impropres à la consommation.

L'examen de résultats obtenus montre de fortes hétérogénéités dans la répartition de ces produits dans le milieu. On peut donc supposer l'existence de sources d'introduction plus ou moins ponctuelles et importantes.

b) En dehors des secteurs urbanisés de Tahiti, les dosages de Fe, Cu, Pb et Cd dans les eaux lagunaires ont montré que les conséquences des activités humaines, bien que décelables n'entraînent pas actuellement des écarts considérables par rapport aux teneurs naturellement observées. En revanche, en secteur urbanisé, les concentrations sont croissantes dans les zones bordées par des installations industrielles, portuaires, ou encore au débouché de rivières qui jouent assez généralement dans la région de Papeete un rôle d'émissaire. Des taux notables de métaux apparaissent liés par ailleurs à l'implantation littorale de centres de loisirs ou de détente où les activités nautiques impliquent l'usage fréquent de produits contenant des métaux lourds.

c) L'analyse des taux de mercure dans les eaux de la région de Papeete démontre une origine essentiellement tellurique, la part des activités humaines apparaissant encore modeste en général. L'apport dans le

lagon se fait par l'intermédiaire des rivières et des eaux de ruissellement. Dans l'ensemble, les concentrations restent plus ou moins en deça des normes de salubrité. Les teneurs en mercure mesurées par les divers niveaux trophiques sont aussi bien en deça de la limite fixée par de nombreux pays pour la consommation de produits alimentaires. Toutefois, on note une augmentation de la concentration du métal dans l'ordre croissant des niveaux trophiques. Donc à une faible élévation de la teneur en mercure de l'eau de mer pourrait correspondre un accroissement non négligeable des taux en fin de chaîne alimentaire. Ceci montre que l'écosystème étudié est très sensible à la présence de mercure.

d) En vue de l'identification des vecteurs de métaux lourds, qui peuvent être multiples, le rôle de l'apport des rivières a fait récemment l'objet d'une attention particulière. Pour préciser la part respective des rejets d'origine naturelle habituelle et de ceux liés aux activités humaines, des recherches ont été effectuées par le LESE sur la Papeava qui traverse un secteur fortement urbanisé, la Tipaerui, dont une bonne partie de la vallée est occupée par une zone industrielle, et enfin, à titre de référence, la Papenoo située en dehors de zone urbaine ou industrielle. Les mesures ont été faites à partir de sédiments qui présentent une forte capacité de fixation des polluants et offrent, de surcroît, l'avantage d'intégrer les phénomènes dans le temps. Ceci permet de localiser les sources avec une plus grande précision que celle que l'on pourrait espérer à partir d'analyses portant sur les eaux, où l'effet de transfert peut être plus ou moins discontinu et échapper aux investigations.

Les prélèvements ont été réalisés au cours de deux campagnes : fin de saison sèche (novembre 1983) et fin de saison des pluies (mars 1984).

Les résultats enregistrés font apparaître des situations bien contrastées et montrant que le choix des rivières pour l'étude était convenable.

Pour l'instant la Papenoo peut servir de référence des concentrations naturelles. Par contre, l'utilisation des valeurs obtenues en amont, à titre de référence locale, n'a pu se concrétiser pour les rivières Papeava et Tipaerui. En effet, il s'avère que les stations prévues pour cet usage sont déjà "marquées" artificiellement par certains métaux. Cette pollution inattendue pourrait être une conséquence de dépôts au sol de fumées et aérosols, tout particulièrement dans la vallée de la Tipaerui où est implantée une usine de traitement de déchets et un dépotoir.

L'étude détaillée de divers paramètres a montré la fixation préférentielle des métaux sur les fines particules sédimentaires, celle-ci se faisant dans l'ordre suivant : Hg - Cd - Pb - Cr - Zn - Cu - Fe. La fixation sur des formes plus grossières n'est toutefois pas négligeable. D'une manière générale, les sédiments de la Tipaerui présentent des enrichissements supérieurs à ceux de la Papeava.

L'effet des pluies saisonnières est moins accentué que ce que l'on aurait pu supposer. Toutefois, la diminution des concentrations de Mercure et Cadmium en amont de la Papeava, et de Mercure, Cadmium, Plomb, Chrome pour la Tipaerui, après la saison humide, est un phénomène intéressant à souligner. Il confirmerait l'hypothèse d'une accumulation à

distance, à partir de retombées atmosphériques. Un lessivage par les fortes pluies tendrait ensuite à réduire les concentrations par déplacements des particules fines.

Les observations menées depuis l'amont des rivières jusqu'à des stations situées à 100 mètres en milieu marin, face aux embouchures, indiquent que les maximums de concentration se rencontrent en zone estuarienne. Ces zones de sédimentation représentent un secteur de choix pour le contrôle de l'environnement.

L'enrichissement par rapport au fond naturel est important pour le Plomb et le Zinc dans les sédiments de la Papeava. Ceux de la Tipaerui montrent une fixation importante pour tous les métaux et même très importante pour le Plomb et le Cuivre.

Le milieu marin, situé face à ces rivières, est également concerné par suite d'un transfert ou d'une accumulation de particules. Ceci peut expliquer, pour une part, les hétérogénéités précédemment évoquées à propos des teneurs observées en milieu lagunaire.

Si l'on compare les données obtenues dans ce travail à celles fournies par divers auteurs, pour différentes régions du globe plus ou moins affectées par les activités humaines, il apparaît qu'au moins l'une (Tipaerui) et souvent les deux rivières et les zones lagunaires adjacentes présentent des taux critiques de pollution pour le Mercure, le Cadmium, le Plomb, le Cuivre, le Zinc, le Chrome. Il conviendrait à présent d'identifier l'origine des apports et de prendre les mesures d'assainissement nécessaires. La mise en place d'un plan de surveillance permettrait de suivre l'évolution de la situation.

## 7. Les prélèvements intensifs de faune et de flore

Deux groupes sont plus particulièrement visés, les mollusques et les poissons.

7.1. Les prélèvements de coquillages sont le fait de toutes les classes d'âges, adultes ou enfants, dans les zones d'accès facile à partir du rivage : le récif frangeant est ainsi le plus menacé :

- D'une part, la recherche de coquillages nécessite le retournement de blocs ou de colonies coralliennes, entraînant la mort des organismes épigés qui y vivent. Ces organismes peuvent devenir la proie des prédateurs carnivores ou herbivores, ou ils meurent simplement parce qu'ils ne supporteront pas le changement de milieu (luminosité, assèchement).

- D'autre part, il faut nécessairement marcher sur le récif pour le prospecter et les jeunes colonies coralliennes ne peuvent résister à un piétinement intensif.

On reconnaît un récif qui subit une pression humaine de ce type par le grand nombre de colonies renversées et de débris. Ainsi, sur le récif-barrière, face aux hôtels Maeva et Beachcomber, et sur les hauts-fonds du lagon du Taaone, on note un grand nombre de pâtés coralliens retournés, *Acropora* en coupelles pour la plupart. Déjà, dans le lagon de Tahiti, certaines espèces sont devenues rares ou ont presque disparu. Ce

sont, d'une façon générale, les grosses espèces de Gastéropodes (*Cypraea tigris*, *Cypraea vitellus*, *Conus textile*...) qui sont les plus prisées par les collectionneurs amateurs. On imagine aisément l'important dépeuplement de faune et de flore que provoquent chaque année les milliers de touristes, tant par leur collecte que par leur ignorance des principes écologiques de base (blocs retournés non remis dans leur position originale, etc...).

En ce qui concerne les algues, l'altération du bios est sans doute plus importante qu'il n'y paraît car, dans ce type d'évaluation, on néglige généralement leur capacité élevée de régénération.

7.2. L'overfishing est particulièrement marqué dans les zones urbaines et suburbaines de Tahiti. Le développement de la pêche sous-marine a décimé les poissons de grande taille. L'utilisation de filets de pêche aux mailles de plus en plus fines a multiplié les captures de formes juvéniles de poissons. Ces deux éléments joints à une demande de plus en plus grande de poissons ont concouru à une baisse inquiétante du stock des poissons lagunaires d'espèces commerciales.

## 8. Pollution bactériologique

Les études significatives en la matière concernent essentiellement le lagon de la zone urbaine et suburbaine de Tahiti.

8.1. La numération des germes totaux permet l'évaluation des apports d'origine terrestre, l'erreur due aux bactéries strictement marines étant négligeable. Ces apports sont en relation directe avec l'importance des cours d'eau ayant leur embouchure dans la zone prospectée. Il n'est donc pas surprenant de constater les densités bactériennes les plus élevées dans les zones urbaine et suburbaine dans lesquelles débouchent entre autres la Tipaerui, la Papeava et la Fautaua qui comptent parmi les grandes rivières de Tahiti. Par ailleurs, la distribution des masses bactériennes rend bien compte du schéma général des mouvements de l'eau à l'intérieur du lagon. Dans ce contexte on note :

- que les échantillons de surface sont un peu plus riches en germes que ceux prélevés près du fond ;

- que les densités bactériennes les plus fortes se situent près du rivage, généralement à l'embouchure des ruisseaux ou des rivières et à la sortie des exutoires ;

- que le récif-barrière de la zone urbaine est plus pollué que celui des zones suburbaines.

L'analyse plus globale de la répartition des masses bactériennes selon les zones prospectées montre que les stations les plus riches en germes se trouvent dans la zone lagunaire comprise entre l'extrémité est de la piste de l'aéroport de Faaa et l'embouchure de la rivière Hamuta.

8.2. Le nombre et la distribution des bactéries coliformes sont souvent superposables à ceux des germes totaux car ils suivent les mêmes voies de dispersion liées au régime hydrographique. Témoin de l'action de lessivage des sols par les eaux de ruissellement, leur densité est influencée par la pluviométrie. C'est pourquoi le nombre des germes totaux

et des coliformes a été certes soumis à des fluctuations parfois importantes dans l'espace et le temps, depuis 1970. Mais elles sont généralement en relation directe d'une part avec des travaux de terrassement, effectués non loin du rivage et, d'autre part, avec les fortes pluies saisonnières.

Les masses de Coliformes les plus importantes actuellement se situent dans le port de Papeete et dans le secteur de Taaone, avec respectivement 92 et 64 % d'échantillons renfermant au moins 1 000 germes par 100 ml.

8.3. La pollution fécale en général s'apprécie par le dénombrement des entérocoques et des *Escherichia coli*. Ces germes peuvent avoir une origine humaine ou animale, la prédominance des seconds étant en faveur d'une pollution d'origine humaine. Les entérocoques ont une durée de survie dans l'eau de mer pouvant excéder 24 heures tandis que les *E. coli* meurent au bout d'environ 5 heures, traduisant donc par leur présence une contamination récente.

Des données ponctuelles, périodiques, recueillies pour l'ensemble du secteur par l'Institut Malardé et le L.E.S.E. et des données plus suivies obtenues au niveau de certaines zones de baignades ou de loisirs par le Service d'Hygiène et Salubrité Publique, il ressort les faits suivants :

- La pollution fécale a progressé de façon relativement importante ces dernières années avec le processus d'urbanisation massive qui a touché Papeete et ses communes voisines de Pirae et Arue à l'est, Faaa et Punaauia à l'ouest. Au niveau de la plage Sigogne (la seule plage de la ville de Papeete) régulièrement fréquentée par les piroguiers et les enfants, et des plages longeant la baie d'Outu Maoro (avec les hôtels Maeva Beach et Bel Air), les eaux de baignade sont de qualité inférieure. Les contrôles réguliers pratiqués depuis 1982 confirment une contamination bactériologique prenant son origine principale dans les émissaires des eaux pluviales qui charrient toute la pollution des quartiers en amont, dans les trop-pleins des fosses septiques et des puisards et dans la présence des yachts en rade foraine au large de cette plage. La baignade a dû être interdite. Sous l'angle de la pollution fécale critique, on peut retenir encore quelques points chauds incontestables intéressant tout particulièrement les abords du Centre d'Accueil Cowan, près des embouchures des rivières Puoro et Hamuta, aux abords de l'école d'Arue et du quartier Péquin à Taunoa notamment.

- On constate dans plusieurs secteurs lagonaires prospectés la prépondérance très nette de la pollution fécale d'origine animale dans des proportions variables d'un facteur 5 à 10 en général, mais pouvant atteindre jusqu'à 50 au niveau des abords de la plage du Maeva Beach.

- La présence de bactéries *E. coli* potentiellement pathogènes, à l'origine de gastro-entérites parfois sévères, ne saurait surprendre, car ces germes sont endémiques à Tahiti et régulièrement mis en évidence dans les selles de certains enfants présentant des diarrhées profuses. Par ailleurs, il faut savoir que *E. coli* en général, les formes G.E.I. en particulier, peuvent servir de traceurs à d'autres germes pathogènes comme des bacilles typhoïdiques ou dysentériques.

- La quantité et la qualité de la pollution fécale observée justifient le renforcement des moyens nécessaires pour l'étude plus détaillée de ces zones "chaudes" afin de déterminer leur véritable risque pour la santé des baigneurs et de promouvoir la prise des mesures nécessaires pour remédier à cet état de fait.

Le mauvais fonctionnement des stations d'épuration inquiète très souvent le public et quelques responsables, mais la forte pollution constatée dans certains points du port de Papeete, le long de la plage Sigogne, laisse penser que l'assainissement individuel n'est pas efficace dans cette zone à forte concentration, où la nappe phréatique affleure la surface du sol. C'est pourquoi, la protection de l'unique plage de Papeete, zone de baignade et de loisirs, nécessite à la fois :

- le départ des yachts vers des zones aménagées pour les recevoir ;

- et l'assainissement collectif de la ville de Papeete (réseau d'égout, station d'épuration complète, et point de rejet des effluents en dehors des zones fréquentées par le public) afin de supprimer cet apport constant sur la plage même d'eaux pluviales mélangées aux trop-pleins des fosses, puisards, boîtes à graisses et rejets de stations d'épuration pas toujours performantes vu leur taille, leur conception et leur entretien.

#### 9. Pollution thermique

Dans le cadre des observations que le LESE pratique régulièrement dans le lagon de Tahiti, il a été constaté à de nombreuses reprises une élévation locale de la température des eaux de surface dans un secteur du port de Papeete (1 à 2,5° C). Ce secteur est soumis aux rejets de circuits de refroidissement de la centrale électrique de l'EDT.

Si l'on tient compte de l'existence par ailleurs d'une forte dégradation des eaux par d'autres formes de nuisances, on peut à la rigueur admettre que ce phénomène a peu d'importance pour la zone considérée. Par contre, il serait indispensable de ne pas négliger ce genre de risque pour toute installation située dans des zones à préserver. Il faut en effet se souvenir que le milieu marin tropical ne présente que de faibles variations saisonnières de température et que les espèces biologiques sont adaptées à cette caractéristique de l'environnement (FRAIZIER, Com. Pers.).

#### 10. Dégradations provoquées par les cyclones

Elles ont été particulièrement bien décrites à propos de l'atoll de Tikehau (Tuamotu) par HARMELIN-VIVIEN (1984) qui a procédé à des observations sur la pente externe exposée, quelques mois avant et quelques mois après le passage des cyclones.

Lisa, Nano, Orama, Reva, Veena, William... de bien jolis noms pour désigner les cyclones qui ont dévasté la Polynésie Française entre décembre 82 et avril 83. On n'avait pas subi un tel déchainement des éléments dans ces îles depuis le début du siècle. Entre 1903 et 1906 les cyclones, qui n'avaient pas encore droit à de jolis noms de baptême, avaient fait 669 morts essentiellement dans les atolls. Nombre énorme pour la population de l'époque. Certains villages, comme celui d'Anaa dans les

Tuamotu, avaient été totalement détruits, hommes et habitations balayés par les vagues et le vent, cocotiers abattus par centaines comme dans un gigantesque jeu de quilles. En 1983, grâce aux prévisions du Service Météorologique du Pacifique retransmises à tous par radio, les victimes ont été peu nombreuses, mais les effets destructeurs des cyclones sur les villages et les cocoteraies ont été tout aussi spectaculaires. Le niveau de l'eau est parfois monté de trois mètres et des vagues de plus de 10 m de haut déferlaient sur le récif externe. Dans les secteurs touchés, des accumulations de coraux brisés, vite blanchis par le soleil, jonchent maintenant les plages qui furent de sable blanc ou ont envahi les cocoteraies.

Sur la pente externe des atolls située au vent du cyclone, les dégâts causés aux colonies coralliennes sont impressionnants quelques mois après le passage du dernier cyclone. Entre la surface et 20 m, aux madrépores florissants, envahissants, se développant en colonies multiformes arborescentes, massives ou lamellaires, classiques, ont fait place des champs de coraux morts, cassés, roulés, abrasés. Entre 18 et 30 m subsistent encore quelques colonies, témoins en piteux état des splendeurs passées, autour desquelles s'agglutinent des poissons un peu désespérés. Eux aussi tout comme les humains établis sur l'atoll, ont perdu leurs habitations et sont obligés d'improviser de nouveaux habitats. De nombreux poissons sont partis et le récif semble désert, vidé de toute vie animale et végétale.

Plus bas encore, à partir de 35 m et jusqu'aux plus grandes profondeurs investiguées, il ne reste rien, alors que l'on pouvait croire au contraire : une atténuation des dégâts avec la profondeur. Nivelée, rabotée, jonchée seulement de blocs épars et de sable, la pente paraît encore plus raide, dépourvue de ses madréporaires en forme de larges feuilles aplaties.

Que s'est-il donc passé ? De la surface à 20 m de profondeur environ, la destruction des coraux est due directement aux vagues engendrées par les cyclones. Lorsque la pente est douce, l'effet destructeur du cyclone se limite là et les coraux brisés sont rejetés en grande partie sur le platier et la plage. Mais là, sur les atolls, la conjonction d'une pente très forte et d'un plateau sous-marin étroit a entraîné la formation d'avalanches. Car c'est bien d'un phénomène d'avalanche sous-marine qu'il s'agit. Une grande partie des coraux cassés par les vagues ont dévalé la pente, brisant dans leur chute d'autres coraux qui, à leur tour, ont contribué à la destruction des colonies plus profondes. Et ainsi de suite jusqu'au bas de la pente... Les splendides madréporaires disparus se trouvent sans doute accumulés maintenant entre 200 et 500 m sur le cône détritique profond qui entoure l'atoll.

### III - CIGUATERA

La ciguatera est une intoxication alimentaire consécutive à l'ingestion de poissons de récifs tropicaux, appartenant à des espèces habituellement comestibles, de niveaux trophiques variés, en parfait état de fraîcheur. Connue depuis des siècles, elle commence à peine à livrer ses secrets. Le complexe toxinique mis en jeu se compose de trois substances : ciguatoxine (CTX), scaritoxine (STX) et maitotoxine (MTX) dont le pouvoir létal sur la souris est supérieur à celui de la plupart des toxines

marines, mais dont la structure chimique n'est pas encore élucidée. CTX, principe pathogène majeur, a un poids moléculaire de 1112, une formule brute C<sub>53</sub> H<sub>77</sub> N<sub>024</sub>, ou C<sub>53</sub> H<sub>78</sub> O<sub>24</sub> une structure cyclique ; STX se présente comme un métabolite de CTX, assez spécifique des poissons perroquets, tandis que MTX, de poids moléculaire important, apparaît comme une toxine plus largement distribuée. Le mode d'action principal de ces toxines est de type cholinergique. La source initiale de production toxinique *in situ* est un dinoflagellé benthique de la famille des **Hétéraulacaceae**, genre et espèce nouveaux, découverts aux îles Gambier : **Gambierdiscus toxicus**. Cette algue unicellulaire cosmopolite, de faible endémisme en général, se met à proliférer en masse sur les substrats coralliens morts à la suite d'agressions dont sont sporadiquement victimes les écosystèmes récifaux. Le complexe toxinique est introduit dans la chaîne alimentaire pisciaire benthique par les poissons herbivores microphages broutant les algues filamenteuses et calcaires ayant colonisé secondairement ces substrats. Les agressions, naturelles ou humaines, saisonnières ou accidentelles, localisées ou diffuses, confèrent au phénomène ses modalités évolutives de type endémique ou paroxysmique.

De nombreuses flambées consécutives à des dégradations caractérisées des écosystèmes coralliens, du type de celles précédemment évoquées, ont été observées en Polynésie Française au cours des deux dernières décennies. Dans certaines circonstances, une seule des nuisances précédemment évoquées était en cause, dans d'autres, c'était la conjonction de plusieurs agressions qui entraînait l'apparition ou la recrudescence du phénomène ciguatérique. Nous avons retenu à titre d'exemple :

- La modification du profil du littoral par la construction de quais, de wharfs, digues, l'aménagement de passes, de darses... sur les récifs extérieurs ou en ambiance lagunaire : Hikueru, Tikehau, Makemo, Anaa, Takapoto (Tuamotu), Moorea, Maiao, (Îles du Vent), Tubuai, Raivavae (Australes), Hiva-Oa (Marquises).

- Les travaux de dragage ou d'élargissement des passes : Bora-Bora (Îles-Sous-Le-Vent), Fakarava (Tuamotu), Faaone (Tahiti).

- Les immersions de corps étrangers : Vairao et Afaahiti... (Tahiti), Manihi... (Tuamotu).

- Plusieurs de ces nuisances réunies : divers points de Tahiti, Moorea, Hao, Gambier. (Pour Hao voir figures 3-2-5).

#### IV - RETOMBÉES DES EXPERIMENTATIONS NUCLEAIRES ATMOSPHERIQUES

1. Le pacifique Sud et la partie sud du Pacifique Nord ont servi de champ de tir pour des programmes d'essais nucléaires atmosphériques de plusieurs pays entre les années 1946 et 1974.

Le nombre d'explosions recensées par pays réalisateur et par région se présente ainsi : (Source UNSCEAR, 1982) :

- Etats-Unis : 213 tirs de 1946 à 1963 répartis entre Bikini, Eniwetok, Christmas, Johnston Islands.

- Grande-Bretagne : 21 tirs entre 1952 et 1957 dont 9 à Christmas Island et 12 en Australie.
- France : 41 tirs dans les îles Tuamotu sur les sites d'expérimentations de Mururoa et Fangataufa.

La totalité des tirs effectués dans cette région du monde représente 167 mégatonnes.

La part française est d'environ 11,8 mégatonnes, soit 7,06 % du total.

2. Selon Haroun TAZIEFF, "les explosions aériennes ont introduit dans l'atmosphère, l'océan et tous les organismes vivants, en particulier marins, une radioactivité artificielle significative, puisqu'on la mesure très bien, mais non préoccupante".

Plusieurs laboratoires de différentes nationalités ont régulièrement effectué des échantillonnages depuis le début des expérimentations atmosphériques pour mesurer la radioactivité artificielle éventuellement présente dans la faune, la flore et les milieux physiques (sol, eau de pluie, eau de mer) du Pacifique Sud.

Les données accessibles les plus nombreuses proviennent du National Radiation Laboratory de Christchurch (New Zealand) et du rapport régulièrement adressé par la République Française à l'UNSCEAR.

Plus récemment le SCPRI (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants) a été associé à la surveillance radiologique de la Polynésie Française.

Enfin, en octobre 1983, une mission de scientifiques néo-zélandais, australiens, et de Papouasie-Nouvelle-Guinée a répondu à l'invitation du président de la République Française de visiter Mururoa et d'y procéder à des prélèvements d'échantillons biologiques et physiques. L'ensemble du rapport qui a été réalisé est maintenant au domaine public et le résumé des conclusions est passé sous forme d'une communication à la Presse, le 8 juillet 1984.

3. L'ensemble du travail réalisé par ces différents organismes a fait l'objet de nombreuses publications et celles-ci ont souvent été reprises par l'UNSCEAR. De leur lecture, il ressort une double concordance, dans les résultats des analyses et dans l'interprétation de ces résultats.

### 3.1. Concordance dans les résultats des analyses

Les résultats des analyses des échantillons pratiqués depuis le début des expérimentations (par certains organismes depuis 1959) et poursuivies depuis sont concordants, tant pour le diagnostic des radio-éléments en cause, que pour le calcul du niveau de radioactivité décelé.

Ces résultats montrent que le maximum de radioactivité consécutif aux expérimentations aériennes a été atteint en 1964-1965, aussi bien dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud. Entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud, le rapport est de 1 à 4.

Depuis cette date, et malgré la persistance d'expérimentations atmosphériques jusqu'en 1974 à Mururoa, le niveau de radioactivité d'origine artificielle consécutif aux retombées n'a fait que décroître (Figure 6).

Les radionucléides retrouvés en quantité significative sont ceux dont la période radioactive se mesure en dizaines d'années (principalement le  $^{137}\text{Cs}$  (30 ans) et le  $^{90}\text{Sr}$  (28,8 ans).

Par ailleurs, seuls sont retrouvés les radionucléides répandus dans l'atmosphère lors des expérimentations aériennes. Aucune contamination radioactive de la biosphère (océanique ou terrestre) n'a été décelée depuis le passage aux expérimentations souterraines.

Les équivalents de dose effectifs engagés, consécutifs aux expérimentations nucléaires atmosphériques, reçus par les êtres vivants du Pacifique Sud, se situaient en 1966 à moins de 2 % de la moyenne d'exposition due aux sources naturelles.

Actuellement, les sources reçues se situent à environ 0,5 % de cette moyenne. C'est dire que ces doses sont très largement inférieures aux variations des sources d'irradiations naturelles qui, pour le Pacifique Sud, s'étagent entre 1 180 et 770 uSv (1 uSv = 0,1 millirem).

(0,5 % de 1180 = 5,96 uSv, 0,5 % de 770 = 3,85 uSv).

"En supposant qu'il n'y aura plus d'explosions atmosphériques, les futures doses annuelles deviendront de plus en plus basses jusqu'à ce qu'elles disparaissent".

### 3.2. Concordance dans l'interprétation de ces résultats

Le faible niveau des équivalents de doses engagés effectifs apportés par la radioactivité d'origine artificielle très largement inférieur aux variations de la radioactivité naturelle ne permet pas de conclure à une quelconque nocivité radiologique vis-à-vis des êtres vivants, êtres humains, faune, flore terrestre et maritime de la Polynésie Française.

Dans son rapport de 1982, le S.C.P.R.I. donne la conclusion suivante des résultats de l'intercomparaison à laquelle il participe :

"Les prélèvements sont, sous le contrôle d'un conseiller scientifique, effectués dans différents atolls et îles. Les produits à analyser sont de diverses natures : eau de coco, coprah, bénitier, poisson de lagon, porc, uru, taro, etc.... L'intercomparaison a, pour chacune des années 1981 et 1982, porté sur une quarantaine d'échantillons. Elle a montré une excellente concordance entre les résultats du SCPRI et ceux des laboratoires du Commissariat à l'Energie Atomique et du Centre d'Essais du Pacifique.

Ces intercomparaisons confirment :

a) que la radioactivité artificielle que l'on observe en Polynésie est très faible, et généralement inférieure à celle de

l'hémisphère Nord qui est consécutive aux retombées des essais atmosphériques de 1961 à 1963 ;

b) que cette radioactivité artificielle décroît régulièrement (comme l'ont aussi observé les laboratoires de santé publique de Nouvelle Zélande) ;

c) qu'en 1982, l'activité artificielle moyenne pour les poissons est, pour l'ensemble des îles, de l'ordre de 0,37 becquerel par kilogramme frais, ce qui est inférieur aux activités trouvées dans les poissons de la Méditerranée ;

d) que l'essentiel de la radioactivité globale en Polynésie est d'origine naturelle (Potassium 40, Radium 226, etc...)".

#### V - BILAN GENERAL DES NUISANCES ET DES DEGRADATIONS

1. Si chaque nuisance a des modes d'action et effets différents sur chacun des éléments vivants de la communauté corallienne, le résultat global des dégradations se caractérise par un certain nombre de données communes que l'on peut succinctement résumer dans les paragraphes qui suivent.

2. Les diverses constructions effectuées en ambiance corallienne appauvrissent et peuvent aller jusqu'à faire disparaître la flore originelle quel que soit le lieu de leur implantation - atoll ou île haute. Dans les îles hautes, l'ensemble des récifs frangeants concerné par les agressions humaines est actuellement très dégradé. Après disparition de la flore originelle, la recolonisation ne se fait pas. En revanche, les récifs-barrières à de rares exceptions près sont assez bien conservés en général et présentent des biotopes homogènes.

3. Les effets des dégradations sur les divers constituants de la faune corallienne font également apparaître dans les îles hautes, l'opposition entre un récif-barrière relativement homogène, d'une grande vitalité peu touchée par les activités humaines et un récif frangeant, très perturbé dans la plupart de ses biocénoses (quand il n'a pas disparu). Une exception : le port de Papeete, les marina et darses en général où aucune structure récifale ne peut plus être mise en évidence et la fine pellicule d'hydrocarbure qui recouvre les quais (au moins sur la hauteur du marnage) réduit considérablement les chances de recolonisation ou d'une implantation d'organismes quels qu'ils soient).

4. Les holothuries, qui jouent un rôle considérable en milieu corallien dans le recyclage des sédiments, sont représentées par une demi-douzaine d'espèces éparpillées dans toutes les zones dégradées. Mais leur abondance varie suivant les écosystèmes. Il en est de même des Synaptés, dont la réputation d'indicateurs de milieux dégradés, ou en cours de dégradation, n'est plus à faire.

5. Au niveau des mollusques, l'importance des surfaces sédimentaires nouvellement créées se traduit souvent par une dominance de l'endofaune par rapport à l'épifaune. Dans les zones à profil littoral modifié on remarque aussi une plus grande richesse spécifique du récif-barrière, en liaison avec la diversité des milieux dans cette zone ; au

contraire, les plus grandes abondances de peuplements ont toutes été relevées sur le récif frangeant.

6. Pour les crustacés, l'abondance des dépôts organiques sur les plages favorise de grandes densités d'espèces détritivores ou charognardes (Isopodes, Amphipodes, Pagures, Grapsides). En outre, la multiplication des zones d'extraction de matériaux coralliens augmente dangereusement la charge particulaire, ce qui a pour effet de faire disparaître peu à peu les crustacés filtreurs.

7. Les traits les plus marquants de la faune ichthyologique sont :

- Une relative homogénéité dans les familles représentées, quel que soit le type géomorphologique considéré : le littoral naturel, avec ses trois faciès (falaises, plages, estuaires plus ou moins stables) - le littoral aménagé (quais, murs de soutènement, remblais) - le récif frangeant, le chenal et le récif-barrière.

- Une diversité spécifique plus grande dès que l'on se trouve en ambiance récifale frangeante ou barrière, avec ses abris naturels nombreux.

- Un nombre réduit d'individus de chaque espèce, mis à part les poissons n'entrant pas dans l'alimentation.

- Une taille systématiquement très réduite par rapport à la moyenne de l'espèce, avec abondance relative des formes juvéniles.

- La rareté des individus de grande taille, même dans les passes de Papeete et du Taaone (zones les plus peuplées).

8. Les études sédimentologiques effectuées par carottage mettent bien en évidence l'importance de la pollution tellurique dans certains secteurs, essentiellement dans les baies mais aussi sur certains récifs frangeants. On observe généralement une couche superficielle d'articles d'*Halimeda*, une couche de 2,5 à 10 cm d'épaisseur de vase terrigène dans laquelle sont inclus les articles d'*Halimeda*, et enfin du sable biogène très fin.

9. La connaissance de la composition physico-chimique des eaux est l'élément de base d'une étude de pollution aquatique. Pour la zone urbaine de Papeete, l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés permet de caractériser les eaux lagunaires comme des eaux sous fortes influences continentales mais ne présentant pas pour l'instant de pollutions chimiques notables. Ce fait doit être attribué en grande partie à la circulation des eaux dans le lagon (de l'ouest vers l'est) laquelle permet un renouvellement rapide des eaux.

10. La biomasse phytoplanctonique est relativement faible, et le pourcentage de chlorophylle active est lui-même particulièrement bas : 25 à 55 %. Le mauvais état physiologique des populations est en partie redevable aux importants apports d'eau douce, et aux chocs osmotiques qu'ils entraînent. Quant au zooplancton, il est principalement caractérisé par un holoplancton où dominent les Copépodes.

## VI - CONCLUSION ET PERSPECTIVES

1. Les études géomorphologiques, sédimentologiques, benthiques, hydrologiques, ichtyologiques, toxicologiques et bactériologiques menées à une dizaine d'années d'intervalle pour le lagon de la zone urbaine et suburbaine de Tahiti sont du plus haut intérêt car elles peuvent servir de référence.

2. Concernant l'écosystème récifal le plus agressé de Polynésie Française, elles ont permis de passer en revue la quasi totalité des nuisances pouvant se produire dans le Territoire. Les conclusions qui en ressortent et les recommandations formulées doivent être prises en compte dans tout projet d'aménagement touchant un littoral lagunaire quel qu'il soit (Figure 7). En raison de la poussée démographique (38 % en moyenne générale) et de l'évolution socio-économique de Tahiti, l'incidence des différents types de pollutions et de nuisances qui en découlent pèse très lourdement sur l'écosystème récifo-lagunaire de la zone urbaine. La dérive sur 10 ans est particulièrement perceptible pour le récif frangeant, jusqu'à la pente interne du chenal. Pour sa part, le récif-barrière semble actuellement plus à l'abri de bon nombre d'agressions, mis à part à la hauteur du port où il se trouve définitivement condamné par l'allongement de la digue. Il faut rappeler ici le rôle protecteur important du chenal. Les eaux qui y circulent jouent le rôle d'une barrière protégeant partiellement le récif-barrière des nuisances issues de la zone littorale ; cette protection n'est efficace que dans la mesure où l'apport des eaux océaniques, par-dessus le récif-barrière, est préservé. Dans le cas où ces apports sont supprimés, par exemple lors de la construction de la digue du port ou de son prolongement, le récif meurt irrémédiablement. Il est absolument nécessaire de ménager, dans ces cas, des entrées d'eaux océaniques pour maintenir un système hydraulique dynamique. En effet, la libre circulation des eaux est le garant du maintien de la qualité des eaux du lagon et son meilleur système d'épuration.

3. La régression du récif frangeant n'a cessé de s'accroître dans tout le secteur urbain de Tahiti, à tel point qu'il n'en reste que quelques centaines de mètres carrés, dont aucun de parfaitement sain, tout au long des 20 km de littoral prospecté. Qu'il soit dragué, remblayé, remanié, ou qu'il subisse un envasement "pseudo-naturel" ou totalement provoqué, ce récif frangeant ne correspond plus à la définition qu'on lui donne habituellement en Polynésie Française. Il est maintenant classique de souligner que cette disparition est lourde de conséquences sur l'écologie du lagon : d'une part, la modification du profil littoral qu'elle entraîne perturbe l'hydrodynamisme, créant par endroits des étendues d'eaux stagnantes (l'exemple le plus navrant étant celui de la baie du Maeva) ; d'autre part, la suppression de nombreuses niches écologiques compromet d'une manière irréversible la reproduction de nombreuses espèces. La richesse globale du lagon, tant en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus, a décru sensiblement pour presque tous les groupes représentés. Lorsque l'abondance d'une espèce a été maintenue tant bien que mal sur dix ans, elle n'est plus représentée aujourd'hui que par des individus d'une taille nettement plus petite. Sur l'ensemble de la zone prospectée, il existe une forte augmentation de la sédimentation des matières terrigènes en zone frangeante, augmentation directement liée à la viabilisation des terrains sur les pentes du volcan. Cette sédimentation, associée à la destruction du récif frangeant, entraîne une augmentation de

la turbidité et un envasement irréversible dont souffrent fortement tous les organismes benthiques. C'est pourquoi il est nécessaire de parfaitement définir un système efficace de collectes des eaux pluviales et de leur rejet, en fonction de l'hydrodynamisme dans le lagon, ceci pour éviter les fortes sédimentations ponctuelles mais plus encore pour favoriser la dispersion des débris terrigènes dans l'océan.

4. La surveillance bactériologique nous paraît comme un élément essentiel de la surveillance de l'environnement marin, surtout dans le cas d'un écosystème insulaire très peuplé comme Tahiti, donc d'autant plus fragile. En effet, si l'état bactériologique est un reflet direct de la santé du lagon, il l'est également en partie de la santé des populations riveraines. Une telle surveillance permet le dépistage des bactéries pathogènes, donc dangereuses pour l'homme, et la découverte des foyers d'infestations permet de prononcer sciemment l'interdiction des baignades. Mais, et c'est le plus important, ces dépistages permettent de mettre en évidence un mauvais fonctionnement ou une insuffisance des différentes installations sanitaires.

La pollution bactériologique en général, suivie depuis 1970, montre des fluctuations importantes dans l'espace et le temps, en relation directe avec d'une part, les travaux de terrassement publics ou privés effectués en amont du littoral, et d'autre part, les fortes pluies saisonnières.

La pollution fécale globale (Entérocoques d'origine animale et humaine, *E. coli* d'origine uniquement humaine et responsable de Gastroentérites infantiles) n'a pas progressé massivement comme pouvait le laisser craindre l'extraordinaire essor démographique de l'agglomération de Papeete. Quelques points particulièrement critiques ont été mis en évidence dans des zones de baignade ou des centres de loisirs nautiques très fréquentés.

6.5. En définitive, il apparaît que la plupart des types de pollution existant dans la zone urbaine de Tahiti sont en progression (Fig. 8). Pour certaines d'entre elles : la modification de la morphologie littorale, les extractions de sable corallien et les apports hydrauliques d'origine terrestre - cette progression est très importante ; elle touche tout particulièrement le récif frangeant qui n'existe pour ainsi dire plus sur toute l'étendue de la zone étudiée.

Pour les autres types de nuisances, la progression est moins marquée ; mais plusieurs remarques sont à faire :

- L'apparition des substrats neufs va de pair avec des travaux modifiant la morphologie du littoral, rejoignant ainsi le premier groupe de nuisances. Ces substrats neufs, le plus souvent représentés par du béton (substrat dur ayant une certaine rugosité), se prêtent à une certaine recolonisation lorsqu'ils se trouvent dans des conditions adéquates de milieu, par ailleurs. Il est indéniable que ces substrats pénalisent moins les lagons que les déserts de fines particules sablo-vaseuses laissées en place, ou déposées à distance, après les dragages. De ce point de vue, peut-être pourrait-on envisager, après études complémentaires, de redonner vie à ces déserts biologiques par le biais de récifs artificiels immergés.

- En ce qui concerne la pollution fécale, l'intérêt de son étude et de solutions à apporter très vite semble évident pour éviter, à court ou à moyen terme, de nouvelles interdictions de baignades.

- Le récif-barrière reste actuellement préservé et toutes nos observations ont montré que celui de Faaa (de la passe de Taapuna à celle de Papeete) est objectivement le plus riche et subjectivement le plus beau, pour la zone ici concernée. Il mérite d'être protégé pour deux raisons : d'une part, il s'agit d'épargner une parcelle non encore dégradée de la zone urbaine ; d'autre part, il faut avoir le souci, à plus long terme, de conserver un capital touristique dont ne saurait se priver l'île de Tahiti.

Enfin, l'intérêt de la ciguatera, dont la distribution géographique en Polynésie Française est très étendue, dépasse largement le cadre de ses indéniables incidences économiques et sanitaires en raison de sa signification écologique. Elle représente le facteur révélateur à l'homme d'une réaction d'adaptation de l'écosystème récifal, considéré comme une entité biologique, à la menace que font peser sur son intégrité et son équilibre, des perturbations mécaniques, physiques ou chimiques. Tout se passe comme si, soumis à des nuisances susceptibles de compromettre son équilibre vital, l'écosystème récifal se défendait en mettant en jeu un système de régulation complexe. La pullulation des dinoflagellés ciguatérigènes, la production massive des toxines ciguatériques et leur concentration le long de la chaîne alimentaire procèderaient de ce mécanisme régulateur.

Considérée sous cet angle, une flambée de ciguatera témoigne à l'homme à la fois de la souffrance et de la réaction de défense d'un écosystème corallien agressé. Sans elle, ce véritable état de stress du récif échapperait totalement à sa connaissance.

Pour la pollution thermique, si elle est actuellement négligeable, il ne faudrait pas pourtant négliger le risque futur en cas d'installations productrices de chaleur près du lagon.

La radioactivité artificielle observée en Polynésie Française, au niveau des écosystèmes lagunaires est très faible et généralement inférieure à celle enregistrée dans l'hémisphère Nord. Au niveau des poissons, elle se situe à des taux plus faibles que ceux trouvés dans les poissons de la Méditerranée.

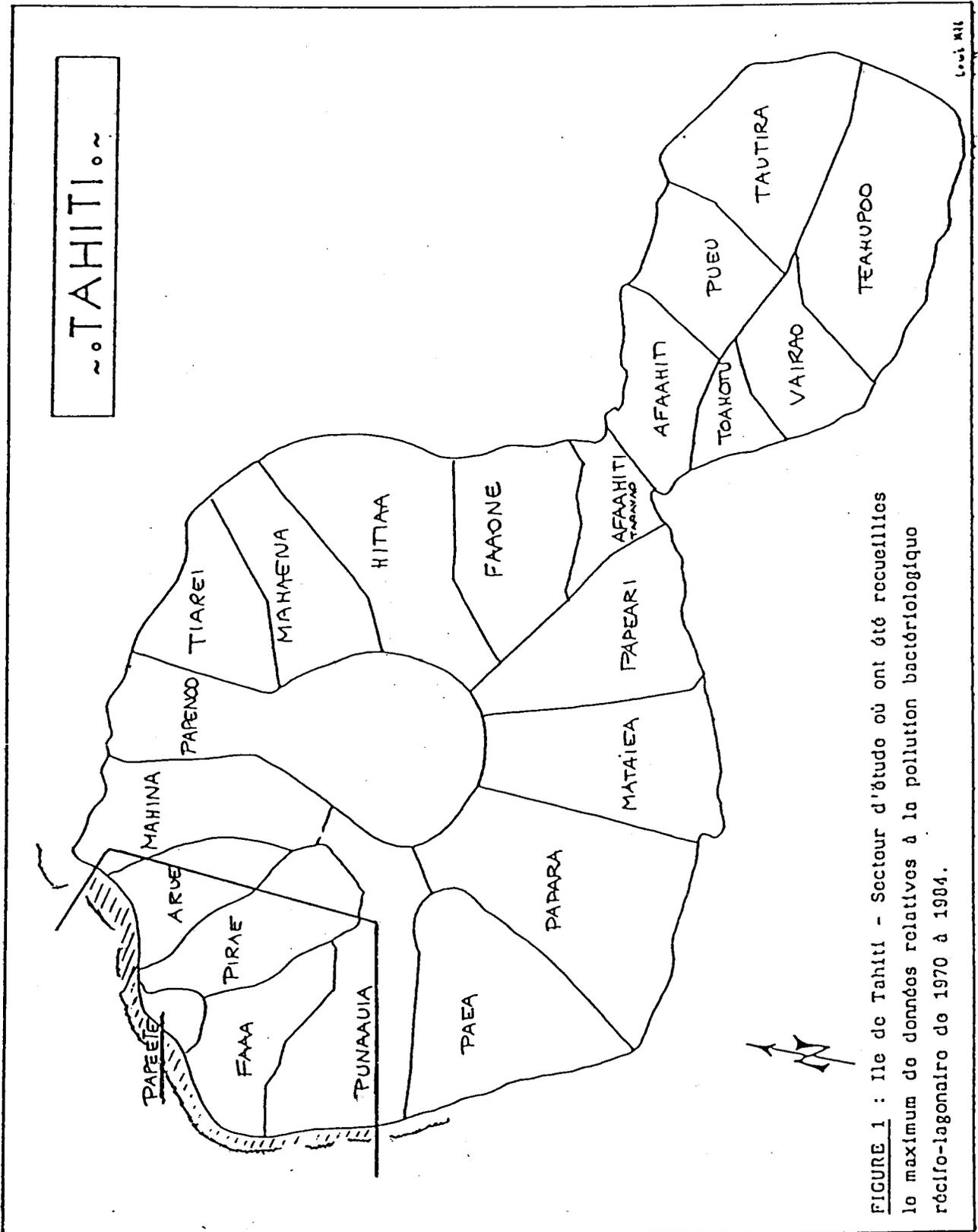
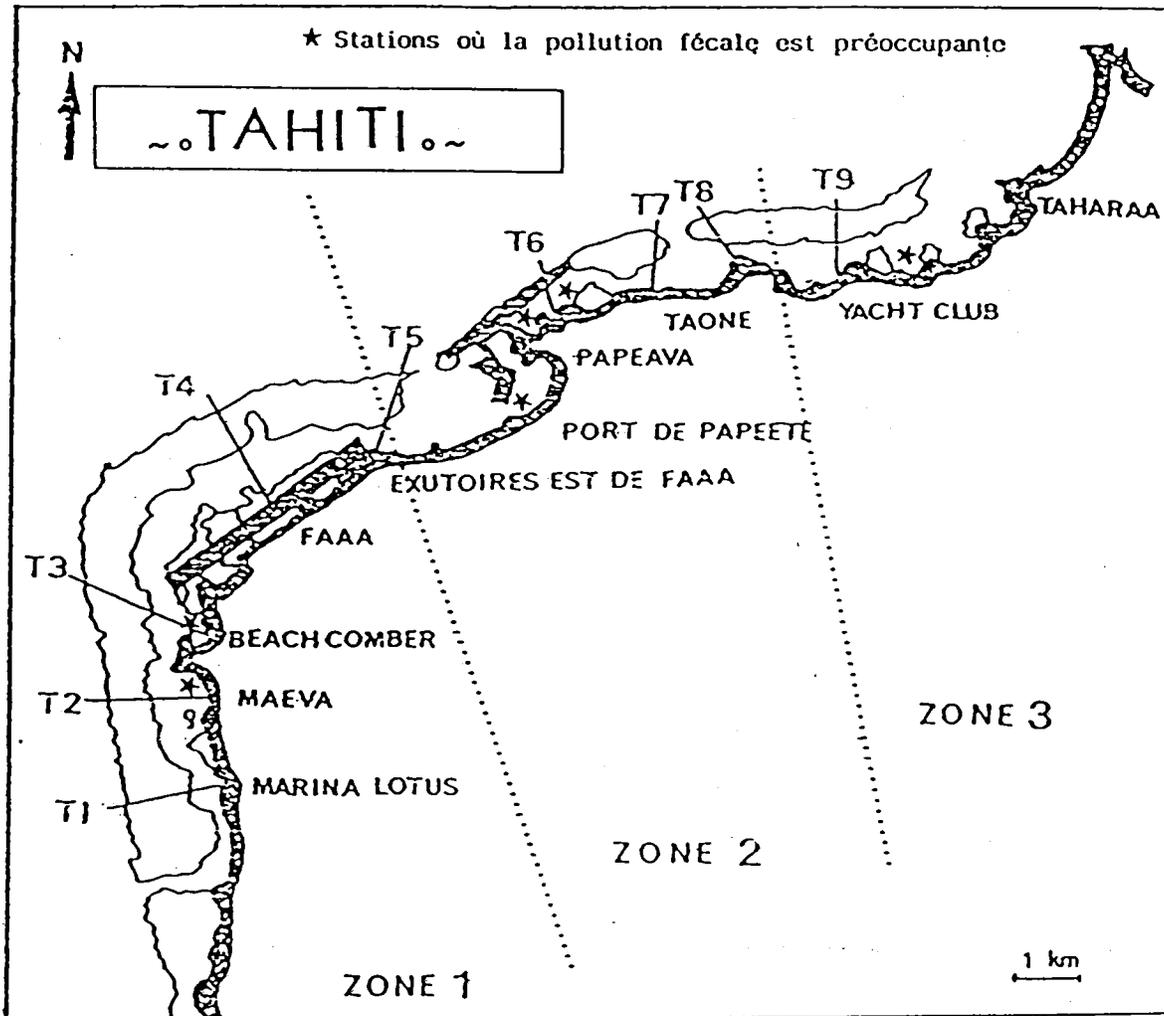


FIGURE 1 : Ile de Tahiti - Secteur d'étude où ont été recueillies le maximum de données relatives à la pollution bactériologique récifo-lagonaire de 1970 à 1984.



**FIGURE 2** : Ile de Tahiti - Position des transects prospectés en 1972 et 1982 dans le cadre de l'étude de la pollution bactériologique de l'écosystème récifal de la zone urbaine (les 80 stations établies intéressent notamment les récifs barrières, les récifs frangeants, le port de Papeete et le trottoir de la pointe Taharaa).

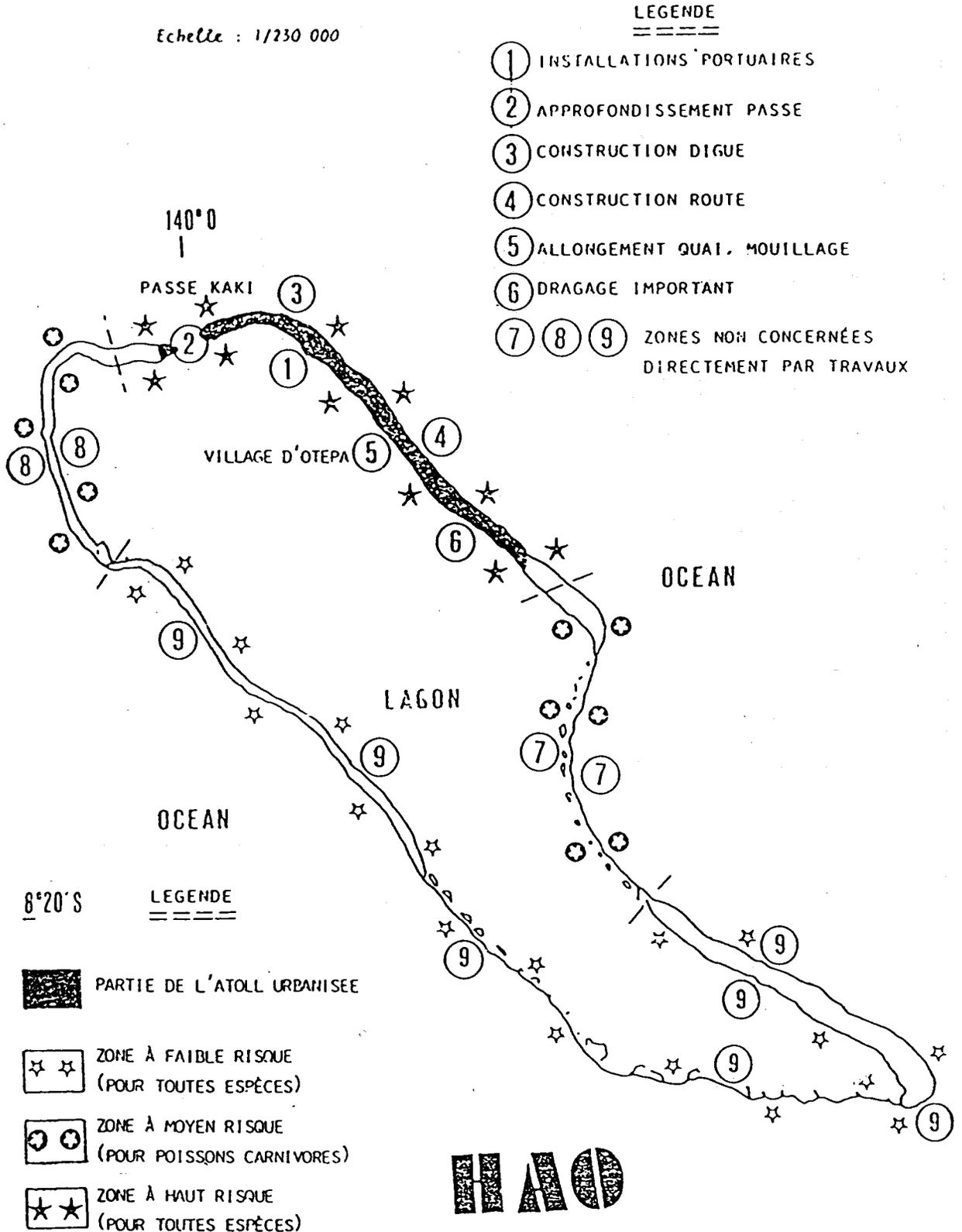


FIGURE 3 : Atoll de Hao - Travaux d'aménagement du littoral récifal et risque ciguatiérique associé.

# H A O

## L E G E N D E

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

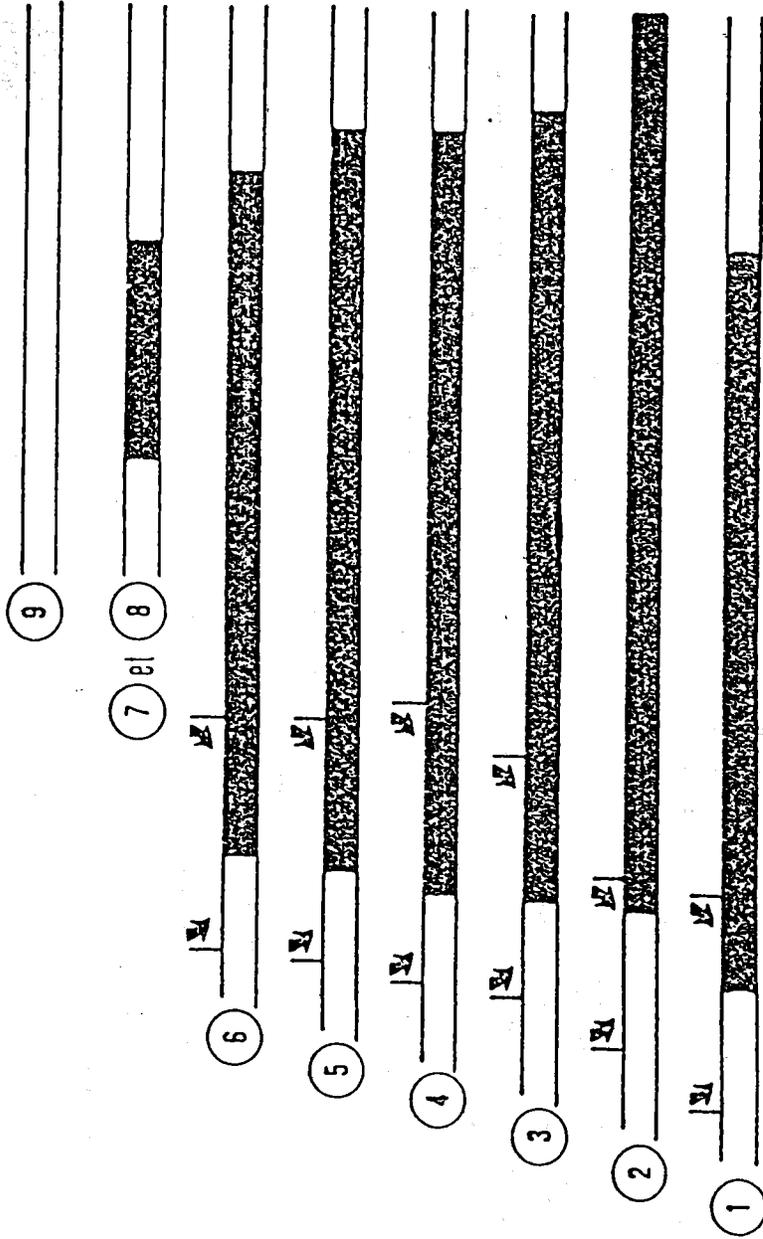
Zones étudiées

▨

Durée de la flambée ciguatiérique

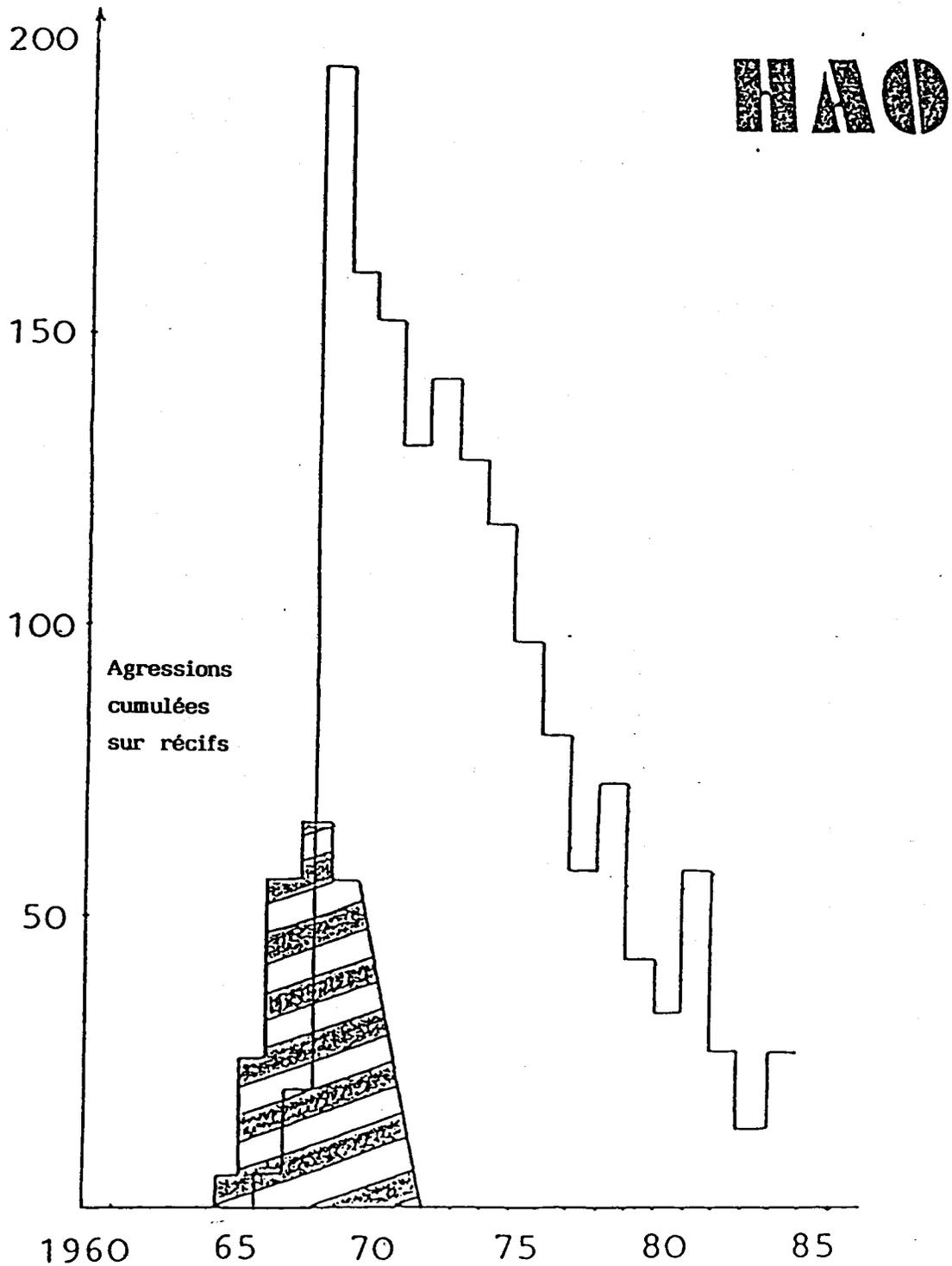
▧

Durée des travaux d'urbanisation

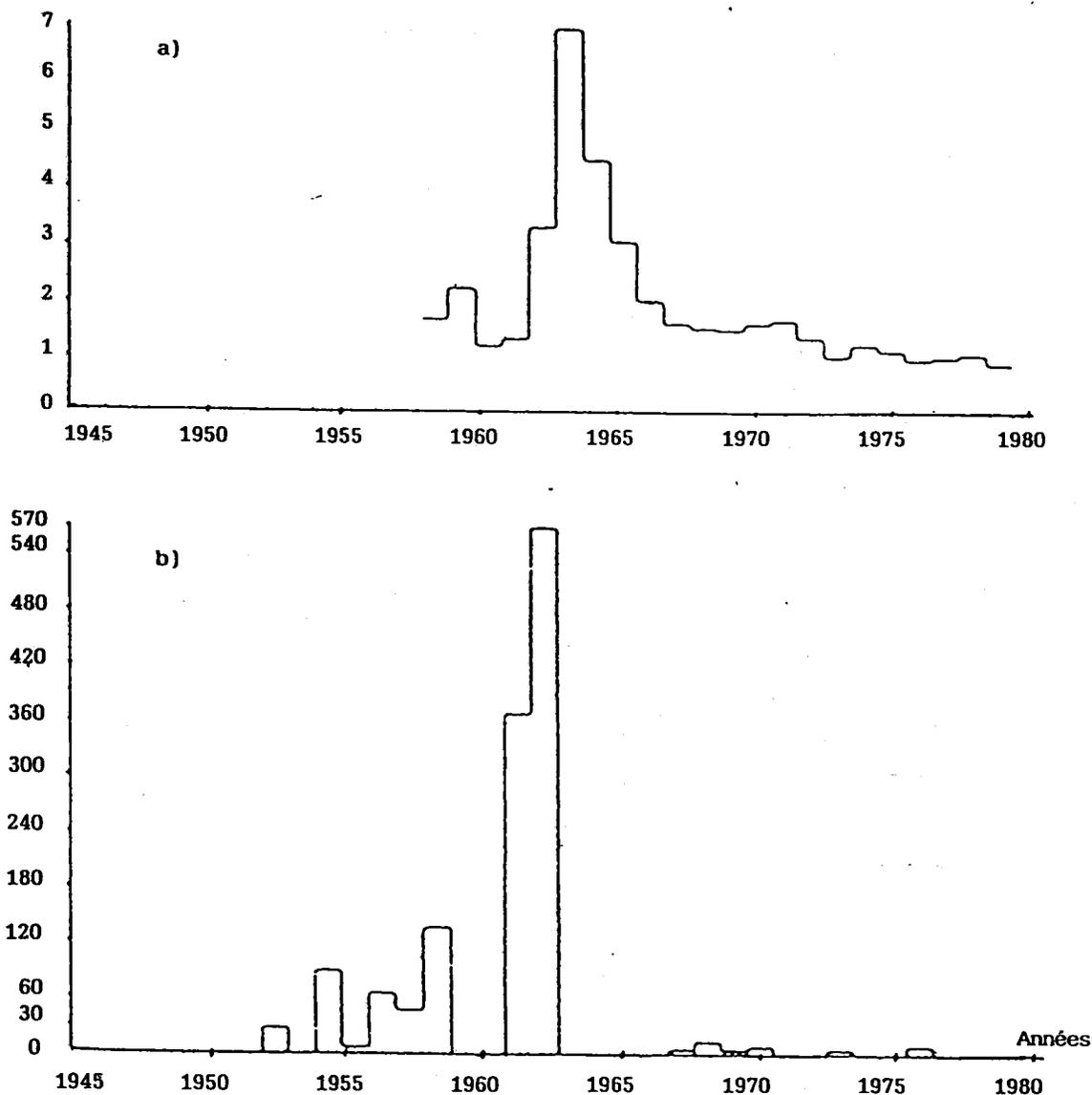


1965 1970 1975 1980

FIGURE 4 : Atoll de Hao - Evolution de l'endémicité ciguatiérique pour les espèces herbivores microphages par secteur récifo-lagonaire exposé à des dégradations d'origine humaine individualisées.



**FIGURE 5** : Atoll de Hao - Evolution d'une flambée clinique de ciguatera associée à des dégradations localisées de l'écosystème récifo-lagonaire d'origine humaine.



**FIGURE 6** : Tendence des doses collectives émanant des explosions nucléaires atmosphériques en fonction du temps

a) Doses collectives annuelles moyennes reçues de 1958 à 1979

b) Doses collectives engagées pour le futur par les explosions effectuées entre 1945 et 1980.

(Source UNSCEAR 1982, p.9)

(Reprise dans "Radioactivité dans le Pacifique Sud"  
PNUE. Rapports et études des mers régionales  
n° 40 - 1984).

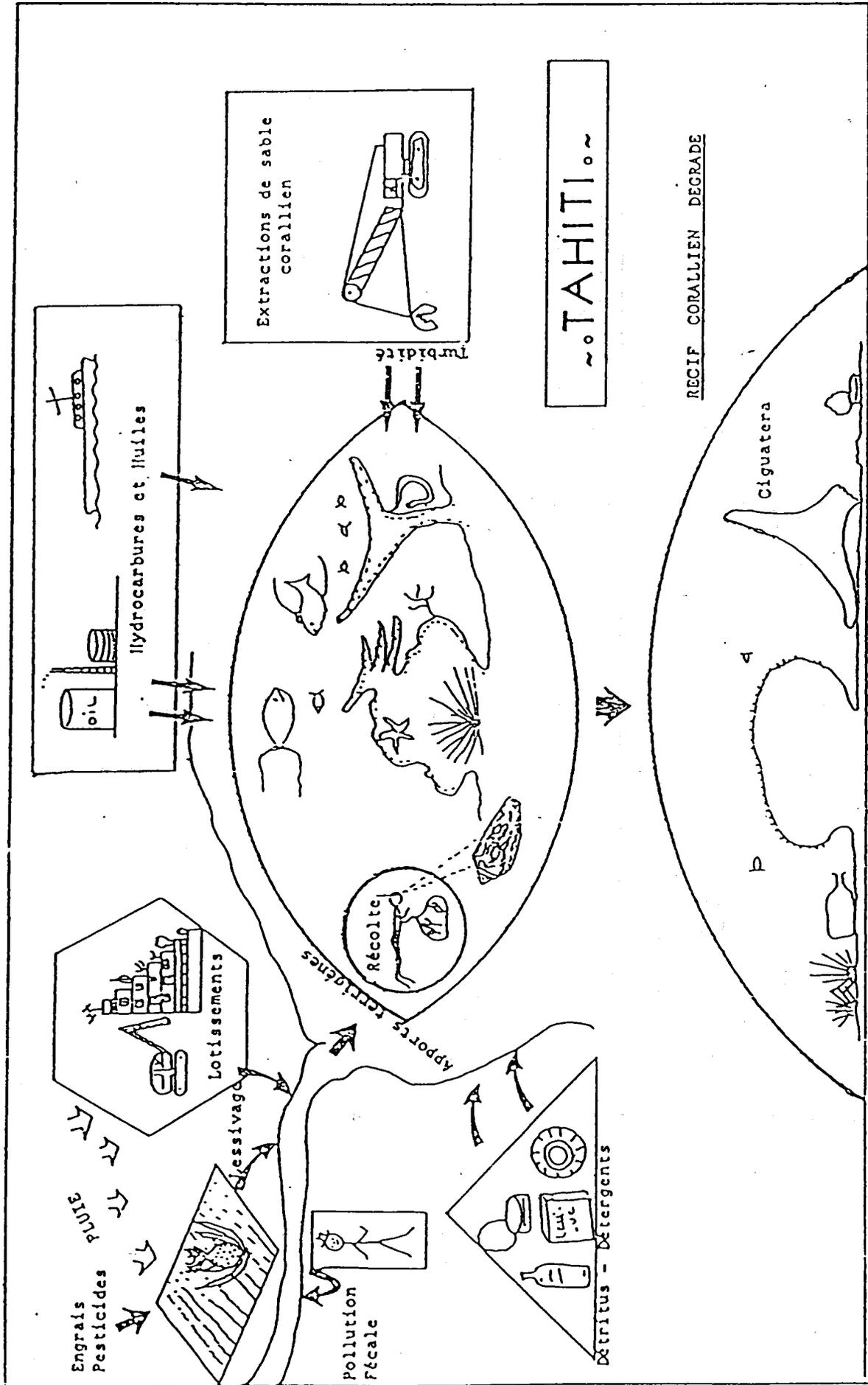


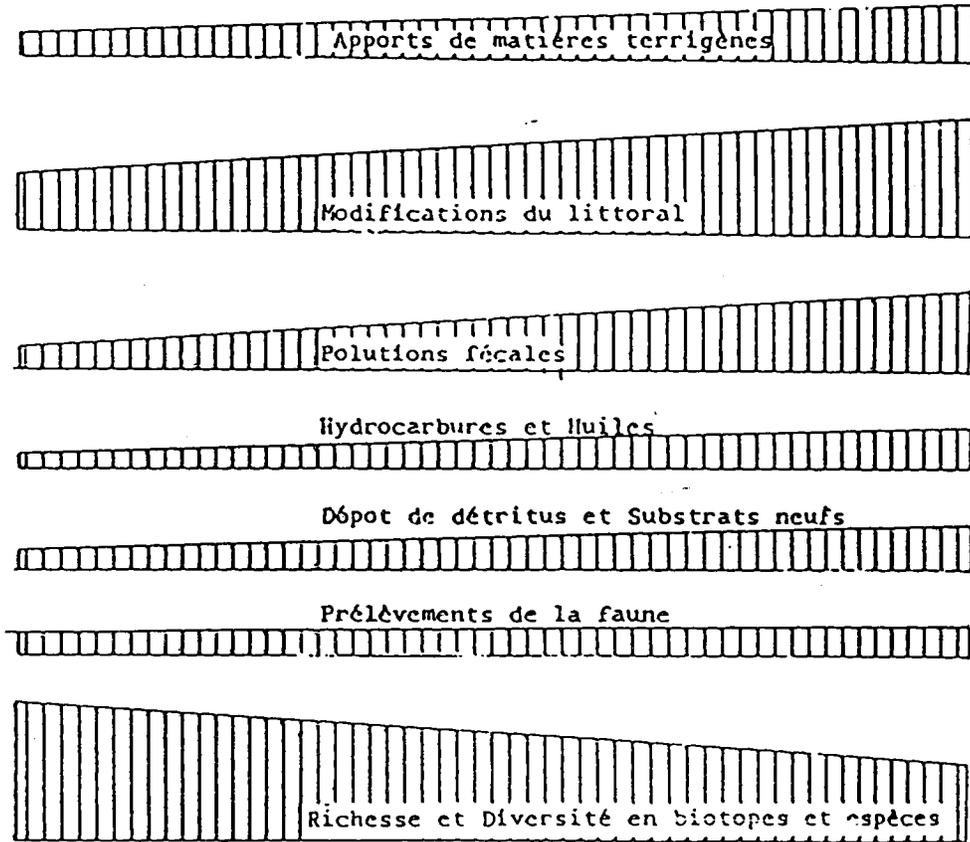
FIGURE 7 : Ile de Tahiti - Schéma synthétique des diverses nuisances subies par l'écosystème récifo-lagonaire de la zone urbaine.

~.TAHITI.~

1972

ANNEES

1982



**FIGURE 8** : Ile de Tahiti - Dérive des nuisances et conséquences sur l'écosystème récifo-lagonaire de la zone urbaine.

CHAPITRE 7

VALORISATION DU MILIEU

par

FEVRE A.

## 1 - VALORISATION ACTUELLE DES LAGONS

1.1. Extraction de matériaux coralliens

1.2. Ressources biologiques

1.2.1. La production algale

1.2.2. La conchyliculture

Mollusques filtreurs comestibles

Gastéropodes nacriers

Perliculture

1.2.3. Crustacés

Pénéides

Langoustes et homards

1.2.4. Poissons

1.2.5. Autres groupes

1.2.6. Tortues

## 2 - PERSPECTIVES

2.1. Phosphates

2.2. Energie : Houle

ETM

2.3. Utilisation des eaux profondes

## 3 - CONCLUSION

La valorisation du milieu lagonaire est essentielle pour l'économie des archipels et le maintien des populations autochtones dans les atolls. Toutefois, ce milieu restreint, protégé des grandes houles océaniques par les barrières récifales, bien que techniquement plus facilement exploitable et accessible que la mer ouverte, présente un équilibre particulier et fragile qu'il faut impérativement prendre en compte dans toute activité de valorisation.

Les ressources naturelles susceptibles d'être mises en valeur concernent essentiellement trois domaines : les ressources minérales, les ressources énergétiques et les ressources biologiques.

Dans chacun de ces domaines, certaines ressources font d'ores et déjà l'objet d'une exploitation ; d'autres offrent des possibilités à court terme ; enfin, certaines ne sont envisageables qu'à plus long terme, dans le cadre de projets de développement de grande envergure, ou résolument futuristes tels que l'utilisation des eaux profondes à des fins énergétiques ou de mise en valeur aquacole.

## 1 - VALORISATION ACTUELLE DES LAGONS

### 1.1. Extraction des matériaux coralliens

L'exploitation actuelle consiste à extraire des sables coralliens pour les besoins de constructions, remblais et travaux divers. Ces matériaux, communément dénommés "soupe de corail", sont les seuls disponibles sur atolls mais sont aussi très prisés sur les îles hautes.

Les carrières d'extraction lagonaire, dont on reconnaît maintenant le côté négatif sur la vie de l'écosystème, se trouvent essentiellement en bordure des îles hautes très habitées à l'exception de quelques atolls où elles ont été nécessaires pour l'édification d'ouvrages portuaires.

Elles intéressent surtout les récifs frangeants qu'elles détruisent par transformation du substrat et par effet des fines et boues étouffant les coraux voisins.

Le mode d'exploitation devrait être amélioré, évitant la création de zones mortes sans courants où les sédiments s'accumulent et par amélioration des techniques d'extraction, évitant la production de fines ou leur dissémination dans le lagon.

### 1.2. Ressources biologiques

Les ressources biologiques des lagons de Polynésie Française sont importantes pour la population locale et sont l'objet d'études et d'efforts tout particuliers de la part de plusieurs organismes nationaux et territoriaux.

On peut distinguer diverses filières d'utilisation de la production biologique de l'écosystème lagonaire.

- En premier lieu, l'exploitation traditionnelle qui intéresse la pêche ne couvre pas tous les besoins locaux, se révèle de plus en plus souvent peu

rémunératrice, et peut générer des situations de déséquilibre biologique à la suite de processus de surexploitation des ressources. Ce mode d'exploitation doit donc se doubler d'un effort d'évaluation et de gestion raisonnée des stocks permettant d'ajuster les prélèvements à la capacité biotique de l'écosystème. Des compétences sont déjà en place dans certains secteurs comme la pêche traditionnelle des poissons de lagon et de couronne récifale, la pêche des Thonidés et la production associée d'appâts vivants, la perliculture, l'exploitation des autres mollusques marins. Parmi ces différentes filières, certaines ne seront mentionnées que pour mémoire, avant été développées en détail dans d'autres contributions.

- En second lieu, les cultures marines, donc l'aquaculture au sens le plus large, qu'elle concerne le lagon lui-même ou ses abords immédiats, couronne récifale des atolls ou frange côtière des îles hautes.

Pour l'aquaculture, la Polynésie Française présente un certain nombre d'avantages et d'inconvénients qu'il est utile de rappeler puisqu'ils conditionnent la réussite d'un plan de développement.

Les avantages sont les suivants :

- une zone océanique de taille considérable, avec des plans d'eau abrités et la plupart du temps disponibles ;
- des températures d'eau de mer tout-à-fait favorables au développement de nombreuses espèces tropicales ou tempérées ;
- une absence quasi-générale de pollution industrielle et même agricole, à l'exception de certaines zones des îles les plus peuplées ;
- une population, en particulier dans les petites îles, familiarisée avec le milieu marin ;
- une consommation locale de produits de la mer relativement importante et qui nécessite actuellement des importations à des prix en général élevés ;
- un Centre de recherche national d'IFREMER et des organismes territoriaux (SMA et EVAAM) disposant de moyens humains et techniques importants ;
- le soutien d'organismes pour les études plus fondamentales tels l'ORSTOM, le MUSEUM, le LESE et l'INSTITUT MALARDE.

Les inconvénients de leurs côtés sont loin d'être mineurs :

- une très grande dispersion d'îles, en général peu ou pas peuplées et souvent d'accès difficile par mer ;
- une eau de mer très pauvre en productivité primaire rendant difficile les élevages extensifs sans apport de nourriture ;
- des terrains en bord de mer peu propices à l'élevage semi-intensif en bassins bon marché en raison :
  - . de la rareté des terrains utilisables et de la concurrence des autres activités ;

- . du prix du terrain ;
  - . de l'impossibilité de réaliser des bassins étanches de faible coût sur les récifs coralliens ;
  - . des problèmes fonciers liés à l'indivision.
- un coût élevé des infrastructures et du fonctionnement en particulier dans les îles les moins bien desservies ;
- l'insuffisance de produits locaux susceptibles d'entrer dans la fabrication de l'aliment artificiel entraînant la nécessité de les importer ;
- l'éloignement des centres de consommation pour l'exportation hors de Polynésie entraînant des coûts supplémentaires de transport et la nécessité d'un conditionnement frigorifique ;
- l'absence d'espèces locales de crustacés susceptibles d'être élevées ce qui oblige à des élevages entièrement contrôlés ;
- les risques de ciguatera attachés aux espèces de poissons tropicaux qui rendront plus difficile le développement d'un marché à l'exportation sauf si l'on peut démontrer que les produits d'élevage sont totalement à l'abri de cette nuisance et en convaincre les acheteurs.

Ces avantages et ces inconvénients forment le cadre de développement aquacole de la Polynésie, développement qui peut se faire en fonction de deux objectifs très différents :

\* Dans un premier temps, la satisfaction du marché local, fondée sur la production en conditions contrôlées de mollusques, ainsi que de poissons et crustacés, à partir d'aliments importés en quasi-totalité et d'énergie produite par des moyens classiques.

\* Dans un deuxième temps, la création d'une aquaculture d'exportation, solution techniquement possible à moyen terme, mais qui présentera des risques élevés et des contraintes économiques lourdes.

#### 1.2.1. La production algale

La pauvreté en nutriments des eaux de surface ne permet pas d'envisager de développements importants dans ce domaine, qu'il s'agisse de production de microphytes ou d'algues benthiques macrophytes. Les seuls exemples traduisant une possibilité en ce domaine concernent certaines baies des îles hautes. L'isolement par une digue du fond de la baie du reste du lagon permet d'obtenir une augmentation de productivité des eaux grâce au contrôle des renouvellements d'eau et à l'apport d'éléments nutritifs par lessivage des sols environnants. De tels aménagements restent limités, mais peuvent permettre de supporter de petits élevages de mollusques filtreurs.

### 1.2.2. La conchyliculture

#### 1. Mollusques filtreurs comestibles :

Les sites de bonne productivité naturelle favorables aux bivalves filtreurs sont rares dans les îles tropicales ; aussi la production ne pourra concerner que le marché local. Les espèces cultivées sont essentiellement *Perna viridis* (moule verte des Philippines), et dans une moindre mesure *Saccostrea echinata* (huître de roche de Nouvelle-Calédonie).

La maîtrise de l'élevage (conditionnement des reproducteurs, éclosion, nurserie, grossissement) est satisfaisante pour les moules, encore insuffisante pour les rares espèces d'huîtres susceptibles d'être cultivées dans les conditions difficiles rencontrées en milieu tropical. L'objectif de production est de 50 à 100 tonnes par an, correspondant à la consommation locale annuelle.

#### 2. Les gastéropodes nacrés :

Les élevages sur un mode extensif de gastéropodes brouteurs peuvent être envisagés en profitant de la productivité du récif corallien lui-même. Il s'agirait alors d'assurer un réensemencement régulier en juvéniles produits dans des écloseries des espèces les plus intéressantes et de ne pêcher les adultes qu'une fois atteinte la taille convenable. *Trochus niloticus* et *Turbo marmoratus*, déjà introduits à Tahiti, pourraient être étendus aux Tuamotu si le marché de la nacre (pour fabrication de boutons essentiellement) est demandeur.

#### 3. La perliculture :

Les stocks naturels de nacrés *Pinctada margaritifera*, quoiqu'en régression, existent depuis longtemps et sont utilisés depuis les années 70 par une industrie perlière en forte expansion. C'est ainsi que la perliculture est devenue la première production à l'exportation du Territoire de Polynésie Française.

Les problèmes de surexploitation des stocks naturels et de pathologie des élevages devront inciter dans l'avenir à une gestion saine des stocks existants, à leur reconstitution par captage de juvéniles dans le milieu naturel, à la reprise des essais de production en éclosion, à l'acquisition de données sur la biologie de cette espèce pour mieux gérer les élevages en fonction de la capacité biotique du milieu lagunaire. Ce volet est développé par ailleurs.

### 1.2.3. Crustacés

#### 1. Pénéides :

La mise au point des filières d'élevage de crevettes Pénéides repose sur l'analyse suivante :

- existence d'un marché mondial important, avec une demande croissante et à des prix élevés à la vente ;

- importations significatives de crustacés pour satisfaire les besoins du marché local ;
- potentialités techniques des espèces concernées (cycle court et croissance rapide) ;
- activité existant déjà dans certains pays de la ceinture tropicale, mais rencontrant des difficultés pour un approvisionnement régulier en juvéniles et géniteurs du milieu naturel.

Les travaux concernant les Pénéides ont eu comme stratégie d'obtenir la maîtrise complète du cycle biologique, et ont abouti aux acquis suivants :

- maîtrise complète du cycle d'élevage de plusieurs espèces, malgré l'absence d'espèces indigènes de Pénéides dans les eaux polynésiennes. Cette maîtrise garantit la fourniture régulière des juvéniles destinés aux élevages ;
- maîtrise de la filière d'élevage semi-intensif (2 à 4 t/ha/an). Cette filière ne convient pas a priori à la Polynésie Française qui ne dispose pas en bordure de côtes des îles hautes de l'espace suffisant au déploiement de cette technique d'élevage. Quant aux atolls, ils ne possèdent pas les matériaux argileux nécessaires à la réalisation de bassins sur la couronne émergée ;
- maîtrise plus récente de la filière d'élevage intensive (20 à 40 t/ha/an), à des coûts de production compatibles avec les cours pratiqués sur le marché local, mais pas encore avec les cours mondiaux.

Cette dernière filière d'élevage intensif fait déjà l'objet d'un début d'application avec la création de deux fermes dans l'île de Tahiti. Dans un premier temps, le but recherché est la satisfaction du marché local. Dans l'avenir, il est permis de penser que cet effort de valorisation se poursuivra avec pour objectif l'exportation. Il conviendra alors de rechercher un abaissement des coûts de production par la mise en place de technologies plus performantes. Cependant, de tels élevages resteront très dépendants des importations d'énergie et de matières premières pour aliments, malgré la mise en place d'usines de fabrication d'aliments pour bétail.

## 2. Langoustes et homards :

L'élevage de la langouste n'est pas envisageable, car il dépend étroitement des deux contraintes suivantes :

- nécessité de faire reposer un éventuel élevage sur l'approvisionnement en juvéniles à partir du milieu naturel ;
- impossibilité dans l'état actuel des connaissances de maîtriser le cycle de reproduction, en raison d'une vie larvaire de très longue durée (supérieure à six mois).

Les techniques de production de juvéniles de homards sont par contre bien connues mais là c'est le grossissement qui pose des problèmes

(cannibalisme) et nécessite de toute façon une eau dont la température ne dépasse pas 220° C. Cet élevage ne pourrait être envisagé qu'à partir d'un pompage d'eau profonde froide.

#### 1.2.4. Poissons

1) Poissons tropicaux : les études menées sur les trois dernières années ont abouti à la sélection des espèces présentant un intérêt aquacole. Il s'agit en première approximation des espèces locales **Epinephelus microdon** (mérrou ou hapuu), **Coryphaena hippurus** (dorade coryphène, ou mahi-mahi) et d'une espèce importée d'Asie du Sud-Est, **Lates calcarifer** (seabass, ou loup tropical). Les premiers acquis concernent la maîtrise de la reproduction et le grossissement en cages flottantes dans le lagon, à base d'aliments artificiels.

Parmi ces trois espèces, le "seabass" présente des caractéristiques particulièrement intéressantes en élevage :

- croissance rapide (taille commercialisable atteinte en 12 mois à partir d'oeufs) ;
- espèce supportant de fortes charges en élevage (30 kg/m<sup>3</sup>) ;
- produit bien accepté sur le marché local.

Les données biotechniques actuellement disponibles permettent d'envisager un développement à court terme, portant sur la production annuelle de quelques dizaines de tonnes visant le marché local.

2) Poissons tempérés : parallèlement aux travaux sur les espèces tropicales, des essais d'adaptation ont été menés sur des espèces tempérées, dans le but d'utiliser les conditions favorables de température du milieu pour obtenir une amélioration des vitesses de croissance. Pour les espèces **Dicentrarchus labrax** (loup tempéré) et **Chrysophis major** (dorade royale), des gains de croissance intéressants ont été effectivement observés. Cependant, le maintien d'une température élevée constante tout au long de l'année constitue un obstacle à la reproduction de ces espèces tempérées, conduisant à l'arrêt de cette filière d'élevage.

3) En conclusion, l'élevage de poissons représente un potentiel important, particulièrement bien adapté aux conditions rencontrées dans les milieux lagunaires. Dès que les techniques de reproduction contrôlée seront parfaitement au point, aucun obstacle ne subsistera à la création de fermes piscicoles capables de produire une centaine de tonnes par an, notamment de **Lates calcarifer**.

#### 1.2.5. Autres groupes

Il est possible que les recherches actuelles menées dans le domaine des substances pharmaceutiques d'origine marine débouchent sur la culture de certains invertébrés.

#### 1.2.6. Tortues

La faisabilité technique et économique de l'élevage de tortues à partir de juvéniles prélevés sur les zones de pontes a été démontrée par deux fermes pilotes, implantées l'une dans l'Océan Indien, l'autre aux

Caribes. La durée de l'élevage en eau de mer et à forte densité des juvéniles jusqu'à la taille commerciale est de trois ans.

Cependant, la production de masse et l'exportation de tortues ne peuvent être envisagées que si deux conditions sont remplies :

- le retrait de la tortue d'élevage *Chelonia mydas* de l'annexe I de la convention de Washington ; tant que ceci n'est pas accepté toute exportation est illusoire. Une procédure est en cours mais nécessitera de longs délais. De toutes manières, la levée de l'interdiction de faire le commerce des tortues même d'élevage ne sera possible que si les études de stocks prouvent qu'un prélèvement important de plusieurs dizaines de milliers de petites tortues par an ne sera pas préjudiciable à la conservation de l'espèce et ceci semble douteux pour la Polynésie au vu des données actuelles d'où la deuxième condition ;
- la reproduction contrôlée des tortues dans des conditions qui ne compromettent pas la rentabilité de la production.

La Polynésie Française présente des atouts pour des élevages de tortues en raison d'une part, de ses lagons qui permettent de faire du grossissement en parc sans avoir à réaliser des bassins en béton avec pompage comme à la Réunion et d'autre part, d'une température de l'eau qui est favorable toute l'année.

Cette activité pourrait avoir des retombées économiques directes, au niveau de la production de plusieurs dizaines de tonnes de viande se substituant à une même quantité de viande importée, et du développement de travaux artisanaux du cuir et de l'écaille.

## 2 - PERSPECTIVES

### 2.1. Exploitation de gisements phosphatés

Après l'exploitation de l'atoll exondé de Makatea permettant une extraction à ciel ouvert, plusieurs campagnes de recherches minières ont été menées démontrant l'existence de gisements de phosphates dans certains atolls et aboutissant à la conclusion d'une extraction possible sur l'atoll de Mataiva.

Un GIE (RARO-MOANA) a été créé comprenant des sociétés polynésiennes, étrangères et le BRGM. Le projet envisage une extraction de 12 millions de tonnes sur une période de 15 ans. Ce projet industriel pourrait être couplé en fin d'exploitation avec des opérations d'aquaculture utilisant les reliquats d'extraction (stériles) pour construire des bassins d'élevages, d'une superficie possible de 100 hectares. Si on peut faire des bassins étanches avec des coûts de génie civil acceptables, Mataiva pourrait devenir à terme une grande ferme à l'exportation, en utilisant les techniques semi-intensives ou intensives d'élevage de crustacés pénelides, techniques assez bien maîtrisées dès à présent.

## 2.2. Les ressources énergétiques

A défaut d'énergies fossiles, on peut recenser sur les atolls et îles de la Polynésie un certain nombre de sources énergétiques généralement renouvelables telles que les énergies solaire, éolienne, des houles, thermique des mers, de la biomasse, hydraulique et géothermique.

Les demandes énergétiques sont essentiellement domestiques et géographiquement très divisées à l'exception de Tahiti et plus particulièrement de Papeete. La couverture des besoins faibles et isolés plus particulièrement pour les atolls paraît plus facile à réaliser par la transformation de l'énergie solaire (et éventuellement éolienne), largement disponible.

Pour les petites agglomérations permettant une distribution centralisée, les productions au fioul peuvent être complétées en partie sur les îles hautes par l'hydraulique et sur les atolls par l'utilisation de la biomasse.

Les énergies issues de la mer et qui peuvent intéresser à terme le milieu lagunaire sont celles provenant :

- de ses mouvements : récupération de l'énergie des courants de passes, énergies des houles ;
- de la différence des températures de fond et de surface de l'océan avoisinant : en effet, les profondeurs de 1 000 mètres où l'eau est à 4° sont très proches des couronnes récifales et permettent d'envisager l'installation d'usines thermiques utilisant la différence de température avec l'eau de surface à 26° C.

### 2.2.1. L'énergie des houles

L'utilisation de la houle assez régulière provoquée par les alizés dans une zone à faible marnage est envisageable. Il serait possible de faire fonctionner des petites houlo-motrices de quelques dizaines de kilowatts.

Parmi les systèmes étudiés, ceux à déferlement semblent les plus intéressants : de nombreux travaux ont été réalisés sur ce principe en France (dièdres à houle de DHAILLE dans les années 1940). Ces travaux font l'objet de contrats du CNEXO avec l'Université de Nantes. En novembre 1980 le CNEXO a expérimenté un dispositif flottant. Il s'agit d'un plan incliné installé sur deux flotteurs semi-submersibles et qui, en provoquant le déferlement de la houle, permet de remplir un réservoir haut dont il suffit ensuite de turbiner l'eau en basse chute (3 à 4 m). Un tel dispositif, pour un site disposant d'un platier récifal pourrait se réduire à une barge positionnée, équipée d'une rampe de déferlement avec ou sans dièdre à la limite du récif. Cette barge réservoir de construction robuste, en se remplissant, pourrait produire 100 à 200 kw pour 50 m de front de vagues dans un site correctement choisi.

### 2.2.2. L'Energie Thermique des Mers

Les conditions géographiques et climatiques de la zone polynésienne sont susceptibles de supporter des installations utilisant le gradient thermique des mers. De plus, il est évident que la couronne récifale est un site privilégié pour de telles centrales du fait de la proximité des eaux froides des grands fonds océaniques.

La production d'énergie d'une centrale E.T.M. est liée à la pose d'une conduite de pompage de gros diamètre et ne se conçoit que pour une production importante. L'utilisation de l'énergie couplée à celle des productions accessoires (eau douce, froide) ne peut être envisagée que près de Papeete, et une usine de ce type ne pourrait convenir aux petites îles ou atolls que si une implantation industrielle utilisatrice de l'énergie était créée.

Les rejets d'eau de mer d'une telle centrale, qu'elle soit située en mer ou à terre et quel que soit le cycle choisi, peuvent avoir un impact sur l'écosystème lagunaire.

Le rapport final de synthèse fait par le CNEXO sur l'E.T.M. en février 1980 donne les indications suivantes :

#### 2.2.2.1. Pour la centrale à terre à cycle fermé

a) température et débit :

. circuit d'eau froide

entrée au condenseur : 4,8° C

sortie du condenseur : 9,5° C

quantité : 60 m<sup>3</sup>/s pour 15 MW soit 4 m<sup>3</sup>/s/MW  
ou 14 400 m<sup>3</sup>/h/MW

. circuit d'eau chaude

entrée au générateur de vapeur : 26,8° C

sortie du générateur de vapeur : 23,94° C

quantité : 90 m<sup>3</sup>/s soit 6 m<sup>3</sup>/s/MW  
ou 21 600/h/MW

b) limite de puissance :

supérieure : 40 MW

inférieure : 3 MW

c) production d'eau douce :

A partir des rejets sous une différence de température de 15 à 18° C (flash étagé sous vide selon un brevet C.E.A.) 24 000 m<sup>3</sup>/j. Le coût serait inférieur à 5 F/m<sup>3</sup> pour une consommation de 3 kWh/m<sup>3</sup>.

d) production de froid :

A basse température on peut, théoriquement, produire 3 900 frigories/h (à -30° C) à partir du rejet froid à 13° C en consommant

5,7 kW. L'eau de mer, à la sortie de ce cycle thermique à l'ammoniac, est à 18° C, et l'on pourrait l'utiliser pour l'aquaculture.

2.2.2.2. Pour la centrale à terre à cycle ouvert

a) débits :

- . eau chaude : 24 m<sup>3</sup>/sec. pour 15 MW soit 1,6 m<sup>3</sup>/sec./MW  
ou 5760 m<sup>3</sup>/h
- . eau froide : 45 m<sup>3</sup>/sec. pour 15 MW soit 3 m<sup>3</sup>/sec./MW  
ou 10 800 m<sup>3</sup>/h

b) eau douce :

Si l'on remplace le condenseur à mélange de cette version par un condenseur à surface, on obtient une usine produisant de grandes quantités d'eau douce.

La solution envisagée de rejeter les eaux de pompage en profondeur à l'extérieur du récif a pour but de rendre ces rejets inoffensifs pour le récif corallien ; leur densité élevée devrait les entraîner en profondeur.

15 MW	Fermé	Ouvert
Froid	5 200 000 m <sup>3</sup> /j	3 900 000
Chaud	7 800 000 m <sup>3</sup> /j	2 000 000

Mais ces rejets pourraient aussi en théorie être mis à profit pour valoriser les lagons, grâce à leur teneur en éléments nutritifs plus élevée que celle des eaux de surface :

	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	P-PO <sub>4</sub> (mg/l)	Si-SiO <sub>3</sub> (mg/l)	T (°)
Eau du lagon	0,004	0,012	0,126	25-30
Eau profonde (600 m)	0,448	0,071	0,672	6,5

Caractéristiques des eaux de surface et profondes à Vairao (Tahiti)

L'injection de ces eaux froides de profondeur pourrait selon le lieu favoriser des phénomènes écologiques producteurs, en agissant notamment sur un accroissement de la productivité primaire.

Les rejets d'eaux chaudes pourraient ainsi contribuer à améliorer la circulation des lagons qui est souvent entravée par les ouvrages portuaires.

Une partie des rejets pourrait être valorisée par des opérations d'aquaculture où le contrôle de la production et de la température d'élevage serait possible.

### 2.3. L'utilisation de l'eau froide

Cette utilisation des eaux profondes qui présentent une certaine richesse en éléments nutritifs et sont disponibles à proximité immédiate des couronnes récifales relève à ce jour d'une conception futuriste. Une telle perspective se concevrait dans le cadre d'une complémentarité industrie-aquaculture, au niveau d'une centrale thermique des mers.

#### 2.3.1. La production algale

La transparence des eaux polynésiennes et la présence d'un fond algal limité traduisent une productivité primaire faible des eaux de surface, bien que les autres conditions soient favorables à la photosynthèse.

L'augmentation de la productivité primaire au niveau d'un système aquacole destiné à une production de masse de protéines végétales algales peut se concevoir par l'apport de sels nutritifs (azote, phosphore et silicates) basé sur l'importation des composés nécessaires. Les calculs montrent qu'il faut apporter 1,3 t d'engrais par tonne d'algues sèches produites, ce qui situe le coût de ce produit à près du double de ce que l'on rencontre sur le marché des ingrédients pour aliments du bétail. Cette voie semble donc économiquement peu réaliste pour produire à partir du milieu marin des protéines végétales.

La production de masse de protéines algales, puis animales, est également concevable à partir de l'augmentation artificielle de la productivité par remontée d'eau profonde et de l'énergie produite sur place par une centrale E.T.M.. A long terme, c'est la seule voie qui permet de se rendre indépendant des importations d'énergie et d'aliments dans le cadre d'une opération associée industrie-aquaculture. Aucun élevage économique ne repose actuellement sur ces concepts ; seuls des essais expérimentaux ont été faits ces dernières années. Les évaluations que l'on peut faire en ce domaine restent très théoriques.

Une première hypothèse d'utilisation des eaux profondes, et des sels nutritifs qu'elles contiennent, consiste en un rejet direct dans un atoll fermé. Même si on considère un lagon de dimension modeste, cette hypothèse se heurte à la disproportion entre le débit possible d'eau froide (de l'ordre de 4 à 5 millions m<sup>3</sup>/jour pour une centrale de 15 MW) et le volume du lagon (de l'ordre de plusieurs centaines de millions de m<sup>3</sup>). Il est probable que l'effet de dilution obtenu soit tel qu'il diminue considérablement l'impact d'une telle opération. D'autre part, il n'est pas concevable d'augmenter inconsidérément la puissance installée d'une centrale ETM, car se poserait alors le problème de l'utilisation sur place de l'excédent d'énergie. Enfin, il est difficile d'évaluer l'impact écologique de cette hypothèse.

Il semble plus raisonnable d'envisager la culture des algues unicellulaires dans des enceintes alimentées en eau profonde, avec des taux de renouvellement de 50 à 100 % par jour, ce qui correspond à un taux de multiplication des algues suffisant avant la récolte. Pour des bassins de 1 m de profondeur cela correspond à des débits d'eau profonde de 5 à 10 000 m<sup>3</sup> par jour par hectare.

Les calculs faits et les expériences de ROELS à Ste-Croix (îles Vierges) montrent qu'on peut obtenir environ 6,5 T de matières sèches par hectare et par an avec les algues spirulines (à 56 % de protéines) en 18 T de matières sèches par hectare et par an pour les algues *Chaetoceros gracilis* (à 40 % de protéines). Pour obtenir 100 T de protéines végétales dont aurait besoin une ferme pour fabriquer 3 000 T d'aliments par an, il faudrait avoir des superficies de 130 à 150 hectares de bassins de 1 m de profondeur, ce qui représenterait des investissements considérables. Pour les limiter il faudrait probablement isoler par des digues un morceau de lagon, mais il n'est pas évident que l'on puisse atteindre par cette filière des coûts acceptables.

La culture d'algues benthiques productrices d'agar-agar, de carraghénanes, etc..., est également possible sur eau profonde. Elle peut, de même, se faire en bassins sur les effluents d'autres élevages. La production possible est de 20 à 40 T de matières sèches par hectare et par an.

### 2.3.2. Les autres espèces cultivables

Les techniques d'élevage des mollusques comestibles filtreurs (huîtres, moules, palourdes, etc...) sont bien connues mais reposent sur une alimentation naturelle que se procurent les animaux en filtrant en permanence l'eau et en se nourrissant des algues unicellulaires présentes. Or, dans les eaux tropicales, la pauvreté en sels nutritifs entraîne un niveau très bas de productivité ne supportant pas leur croissance. Des élevages de ce type ne sont donc concevables que dans certaines lagunes ou après fertilisation des eaux et l'on retombe sur le développement précédent avec les estimations de production suivantes :

- transformation protéine végétale en protéine de chair de mollusque :  
rendement = 0,2 (ROELS, 1979) ;

- sur la base d'une production de 18 T algues mat. sèche/ha/an, la production de mollusques s'établit à 3 T mat. sèche chair/an, soit environ 15 T chair poids frais/an par hectare de culture d'algues ;

- méthode d'élevage :

. soit en bassins situés en aval des bassins de culture d'algues. Nécessité en ce cas d'un apport d'eau supplémentaire pour diluer l'apport d'algues et satisfaire les besoins respiratoires des mollusques ;

. soit directement dans le lagon, dans des zones aménagées.

A condition de cultiver les algues macrophytes appropriées à leurs besoins alimentaires, il est envisageable d'élever des espèces de mollusques gastéropodes brouteurs, comme par exemple l'ormeau.

Enfin, la grande disponibilité en eaux froides rendrait possible l'élevage d'espèces de poissons tempérées froides ou comme le loup ou les Salmonidés.

### 2.3.3. Les limites du système

- l'installation d'un projet intégré de grande dimension énergie thermique des mers - utilisation de l'eau profonde à des fins aquacoles représente des coûts d'investissement considérables ;
- une taille minimum critique sera nécessaire, qui impliquera la nécessité de viser l'exportation ;
- cette obligation d'exporter devra surmonter le facteur défavorable que constitue l'éloignement de la Polynésie Française des grands marchés consommateurs ;
- enfin se posera le problème de l'utilisation de l'énergie excédentaire - Le stockage de cette énergie et son exportation sous forme d' $\text{NH}_4$  ou  $\text{H}_2$  liquide, techniques du futur, devront être envisagés.

### 3 - CONCLUSION

La valorisation des écosystèmes lagunaires... sujet vaste et complexe, où sont étroitement liées de multiples implications socio-économiques, biologiques, énergétiques, géologiques, écologiques, en liaison avec le développement de l'urbanisation, du tourisme et des loisirs nautiques. L'enjeu est cependant de taille, puisqu'il s'agit dans les domaines spécifiques concernés de participer au développement économique de la Polynésie Française, et à terme de contribuer à une plus grande indépendance économique de ce Territoire.

Dans les trois domaines de valorisation envisagés, minéral, énergétique et biologique, réalités et perspectives se côtoient.

Les réalités s'appuient sur des ressources naturelles, mais aussi sur des compétences et des systèmes d'exploitation déjà en place, qu'il s'agisse des extractions coralliennes, de l'exploitation des ressources biologiques ou d'un début de mise en valeur aquacole. Ces mises en valeur ne sont pas sans risques, au rang desquels on peut citer la pollution ou la surexploitation de certaines ressources. Mais les bénéfices à en attendre sont importants, l'objectif se situant au niveau de la satisfaction du marché local grâce à une meilleure gestion des ressources naturelles et à court terme à la poursuite du développement de petites unités de production aquacole.

Dès que l'on considère le deuxième grand axe de développement, tourné vers l'exportation, des difficultés supplémentaires apparaissent, liées à l'éloignement de la Polynésie Française des grandes zones de consommation et au surcoût dû à la nécessité d'importer énergie et matières premières. Des solutions ambitieuses sont envisageables, mais qui ne se conçoivent que dans le cadre d'un important changement d'échelle destiné à atteindre une dimension critique d'exploitation permettant d'aligner les coûts de production sur les cours internationaux. L'avenir verra peut-être se réaliser de grands projets, comme l'exploitation des phosphates sur l'atoll de Mataiva, la réalisation d'une centrale thermique des mers, avec en corollaire, la mise en place d'un système intégré d'exploitation aquacole de grande envergure basé sur la valorisation des produits et sous-produits d'une telle centrale : énergie, eau douce, utilisation de l'eau profonde.

## CHAPITRE 8

### LA GESTION DU MILIEU

par

INTES André

## P L A N

### INTRODUCTION

#### I - LES ATTEINTES AU MILIEU LAGONAIRE

##### 1. Les facteurs d'origine externe

- origine océanique
- origine atmosphérique
- origine terrestre

##### 2. Les facteurs d'origine interne

- les modifications de profil de cote
- les extractions de sables coralliens
- la création de substrats neufs
- l'exploitation des ressources biologiques

#### II - LES GRANDS RISQUES ACTUELS

##### 1. Le problème des déchets

##### 2. Les travaux d'aménagement

##### 3. L'exploitation des ressources biologiques

### CONCLUSION

#### LES RESERVES EN POLYNESIE

#### UN ECHEC DE GESTION : L'EXPLOITATION DE LA NACRE

## INTRODUCTION

Les eaux côtières de Polynésie sont caractérisées par un écosystème corallien omniprésent dont la richesse, comparée à la pauvreté des eaux océaniques oligotrophiques environnantes, a permis à certains de parler d'oasis dans un océan désertique. Ce milieu corallien entoure les îles hautes d'un plateau plus ou moins étendu et il est l'élément fondamental des atolls ; directement accessibles à l'homme, les lagons et récifs représentent le domaine traditionnel des populations riveraines au même titre que les terres émergées et ils constituent une partie essentielle du patrimoine polynésien.

L'expansion humaine pose deux problèmes écologiques majeurs à l'échelle planétaire : la démographie et la pollution. En effet, les besoins vitaux augmentent avec l'accroissement des populations et entraînent la mise en valeur d'espaces de plus en plus importants des milieux naturels de la planète. Le domaine terrestre est presque totalement utilisé alors que le domaine marin peut encore offrir des perspectives nouvelles. Milieu hostile par nature à la pénétration humaine, la mer n'a été utilisée que dans sa frange superficielle pendant très longtemps. Cependant, les frontières de l'accessible reculent avec les progrès technologiques et toutes les ressources exploitées ou potentielles sont convoitées. L'exploitation s'effectue encore essentiellement par prélèvement sur les ressources provenant de la production naturelle, mais l'on sait dès maintenant que l'homme interviendra dans un avenir proche sur le processus même de la production pour en tirer un profit accru, en particulier dans le domaine de l'aquaculture.

La Polynésie est confrontée à cette évolution. La population est en plein essor démographique (53 % de moins de 20 ans) ; l'augmentation des échanges (commerciaux, touristiques) liés à l'ouverture sur le monde extérieur et la mise en place d'une industrialisation induisent un remaniement de l'environnement dont l'incidence sur l'écosystème corallien est évidente.

En effet, le milieu côtier possède le redoutable privilège de se situer en aval de tous les facteurs polluants du milieu terrestre qu'il reçoit au sein de la charge terrigène véhiculée par les eaux douces. D'autre part, ces ressources sont les plus anciennement exploitées car elles sont les plus accessibles. Le milieu récifal et lagunaire est donc soumis au premier chef à toutes les agressions engendrées par les activités liées au développement de la communauté humaine.

Les chapitres précédents ont montré que les espèces inféodées à l'écosystème corallien ont développé des capacités adaptatives relativement limitées face à un environnement stable et ont noué entre elles des relations éminemment complexes. Les altérations du milieu suscitent une réaction de la part des espèces les plus sensibles qui, se répercutant par le jeu des relations interspécifiques, retentit sur tout l'écosystème. Les modifications de l'environnement aboutissent à une diminution de la richesse spécifique quand elles ne conduisent pas à la mort du récif. Les exemples cités en Polynésie sont éloquentes : les dégradations sont souvent irréversibles et constituent une perte irrémédiable pour le patrimoine (récifs frangeants, zones draguées, etc...).

L'exploitation des ressources biologiques, répondant aux demandes des marchés extérieurs et aux besoins locaux, fait peser une pression de capture sur certains stocks telle que les ressources sont proches de l'épuisement pour les plus affectées : Nacres et tortues à l'échelle du Territoire, poissons et coquillages comestibles des lagons proches des zones urbanisées.

Les dégradations du milieu et les nuisances qu'elles entraînent se sont en particulier développées au cours des dix dernières années et affectent essentiellement les zones fortement urbanisées. Dans les cas extrêmes, les destructions sont irréversibles (récifs frangeants) et les pollutions en arrivent à menacer la santé des populations riveraines (pollution bactériologique). On ne peut espérer remédier à une évolution dont on ne voit que trop bien l'aboutissement à travers les exemples cités précédemment, que par le renforcement d'une politique de gestion du milieu dont la rigueur doit être à la dimension des problèmes posés. Or, pour être efficace, cette politique doit s'appuyer d'une part sur les connaissances fondamentales acquises sur l'écosystème et son fonctionnement, et, d'autre part, sur l'évaluation de l'impact des facteurs incidents si divers dans leur nature et leur origine.

## I - LES ATTEINTES AU MILIEU LAGONAIRE

Parmi la dizaine de facteurs d'agression susceptibles d'agir sur le milieu lagonaire (cf. chapitre "Dégradations et Nuisances"), deux types peuvent être distingués :

- Les facteurs extérieurs au milieu lagonaire d'origine atmosphérique, océanique ou terrestre ;
- Les facteurs appliqués directement au sein du milieu.

### 1. Les facteurs d'origine externe

#### **Origine océanique**

Les perturbations d'origine océanique sont peu nombreuses en Polynésie. Ce sont les variations du niveau de la mer, comme la baisse exceptionnelle enregistrée au mois d'avril 83. La frange superficielle des récifs est restée exondée pendant plusieurs jours, ce qui a entraîné une forte mortalité d'algues et de coraux. Ces variations sont dues à des causes naturelles et échappent au contrôle de l'homme. Par contre, le Territoire n'est pas à l'abri d'arrivées de pollutions accidentelles telles que nappes de pétrole ou autres produits nocifs. De tels risques ne peuvent qu'être minimisés par une réglementation appropriée de la navigation maritime, qui relève autant du droit international que des instances territoriales.

#### **Origine atmosphérique**

Les dépressions et cyclones tropicaux engendrent de très fortes houles dont l'effet destructeur a été récemment bien étudié. Il faut souligner que l'importance des dégâts est extrêmement difficile à évaluer globalement, mais que les observations effectuées sur les pentes externes de certains atolls montrent l'anéantissement de toute forme de vie fixée dans les

soixante mètres superficiels au moins, et ceci sur des longueurs de récif très importantes. Ici encore, le phénomène est naturel et aucune intervention humaine ne peut en atténuer la portée. Cependant, une attention particulière doit être maintenue sur l'évolution de ces zones détruites afin de pouvoir estimer leur capacité de régénération et de détecter des manifestations essentielles d'effets secondaires néfastes (Ciguatera ?).

La radioactivité issue des essais atmosphériques n'a jamais atteint des seuils alarmants et décroît continuellement depuis l'arrêt de ce type d'expériences.

L'industrialisation du Pacifique Sud n'est pas encore telle que les eaux météoriques puissent représenter une source de pollution, du moins actuellement.

### Origine terrestre

La plupart des facteurs de dégradation d'origine terrestre sont véhiculés vers les lagons par les eaux douces (eaux de ruissellement et surtout rivières) qui constituent, ainsi chargées, la menace essentielle qui pèse sur les lagons d'îles hautes.

Les rivières transportent naturellement une charge particulière et des éléments nutritifs qui contribuent à l'équilibre de l'écosystème lagunaire. Mais lorsque les phénomènes d'érosion sont accrus par des travaux d'aménagement sur les versants montagneux ou dans les fonds de vallée, des portions importantes de lagons sont soumises à un envasement d'autant plus intense qu'elles sont plus confinées.

Le ruissellement des eaux de pluie sur les terres agricoles draine vers le lagon des insecticides et pesticides difficilement dégradables dont l'accumulation en certains points abrités constitue un danger potentiel reconnu. L'emploi de ces produits doit être réglementé en préconisant l'usage des organophosphorés, biodégradables et à faible rémanence.

Mais c'est surtout lorsque les rivières traversent la zone urbanisée que les risques augmentent considérablement. Les lits des cours d'eau jouent le rôle de collecteurs d'eaux usées par manque d'installation satisfaisante d'élimination, et sont transformés en égouts à ciel ouvert. Leur charge nocive est d'ailleurs aggravée par des déversements directs de toutes sortes de débris. Plusieurs types de pollution en découlent :

- Pollution visuelle et esthétique au niveau des embouchures en particulier.

- Pollution chimique et bactériologique qui sont les plus graves et dont les effets dépendent des conditions de circulation des eaux au voisinage du point de rejet dans le lagon.

- . La pollution chimique porte sur les enrichissements en matières organiques, nitrates et phosphates provenant des eaux usées domestiques. Leur introduction à fortes concentrations dans le milieu

conduit à la mort de l'écosystème qui se transforme en système anaérobie. La pollution porte également sur des taux notables en métaux lourds (Mercure, Cadmium, Plomb, Chrome, Cuivre, Fer, Zinc). Dans l'ensemble, les concentrations restent en deçà des normes de salubrité, sauf au niveau des zones estuariennes des rivières traversant l'agglomération où des taux critiques ont été observés pour certains éléments dont il reste à identifier l'origine.

- La pollution bactériologique et notamment la pollution fécale globale n'a pas progressé autant que la croissance de l'agglomération pouvait le laisser craindre. Des fluctuations importantes sont observées dans le temps et dans l'espace, en relation avec les travaux de terrassements et les pluies saisonnières en particulier. Quelques points critiques ont été mis en évidence et des interdictions de baignade ont été prononcées.

Seul un plan d'assainissement de l'ensemble de l'agglomération urbaine peut remédier à l'aggravation continue de la situation, les deux points les plus importants étant le traitement des eaux et leur rejet. Le nombre de stations d'épuration en fonctionnement reste très faible et le traitement de l'ensemble des eaux usées demanderait des installations plus importantes. Le traitement à grande échelle poserait également le problème du rejet des résidus chlorés ainsi que de grandes quantités d'eau douce en quelques points du littoral.

Une des solutions permettant de préserver l'avenir est proposée dans le chapitre "Milieu liquide" : C'est le rejet direct dans l'océan des eaux collectées par un émissaire qui traverse le lagon et débouche à une profondeur d'au moins 50 mètres sur la pente externe. Des installations de ce type fonctionnent en Méditerranée. Les déchets urbains pourraient d'ailleurs également être éliminés par immersion dans l'océan après compactage approprié.

## 2. Les facteurs d'origine interne

Ces facteurs sont appliqués directement au sein du milieu comme l'exploitation des ressources biologiques ou minérales, ou les transformations morphologiques liées à l'aménagement.

- Les modifications de profil de cote, généralement avec remblai, appauvrissent ou même détruisent la flore et la faune originelles. Les récifs frangeants des îles hautes sont les plus touchés par ce type de dégradations, notamment à Tahiti, alors que les récifs barrières sont assez bien conservés à de rares exceptions près. De plus, ces modifications altèrent la circulation des eaux, aggravant l'action de tous ces facteurs.
- Les extractions de sables coralliens aboutissent également à la destruction totale de la zone draguée et le plus souvent, à la mort des organismes vivant à la périphérie et soumis à la sédimentation des particules fines émanant du dragage.
- La création de substrats neufs est généralement liée à des travaux de construction. Les structures en béton se prêtent à une certaine recolonisation si les conditions du milieu sont favorables et il est

permis de penser que l'immersion de récifs artificiels pourrait redonner vie à certaines zones désertifiées. Cependant, des études complémentaires sont absolument nécessaires dans ce domaine, car de telles structures pourraient éventuellement engendrer des effets secondaires néfastes.

Il apparaît donc que les modifications du littoral et les extractions en milieu lagunaire sont extrêmement dommageables et que les dégâts occasionnés sont souvent irréversibles. La mise en oeuvre de ce genre de travaux signifie un consentement implicite au sacrifice d'une partie de l'écosystème qui sera transformé en désert biologique, et dont la restauration demeure actuellement hypothétique.

. L'exploitation des ressources biologiques, ou plus simplement les récoltes intenses, visent plus particulièrement deux groupes : les mollusques et les poissons.

La recherche des coquillages amène les amateurs à marcher sur le récif, ce qui détruit les jeunes colonies coralliennes fragiles. D'autre part, les blocs sont retournés, rarement remis en place, et la faune épigée est condamnée. Les grandes et belles espèces de coquillages sont devenues rares dans les lagons de Tahiti et les récifs d'accès facile sont fortement dégradés par les collectionneurs.

Dans les lagons des îles les plus peuplées, les stocks de poissons et surtout les espèces commerciales sont en baisse inquiétante car ils subissent une forte pression de pêche par la chasse sous-marine et la pêche à la ligne ou au filet.

Dans les deux cas, les régions affectées restent essentiellement les secteurs urbains et suburbains et les dégradations enregistrées sont sans doute le reflet de la fréquentation du milieu, notamment à l'occasion d'activités de loisirs. La recherche et la capture des espèces convoitées, poissons ou coquillages, sont réalisées généralement à titre individuel, plus ou moins épisodiquement et n'ont d'autre but que la satisfaction personnelle.

Cependant, pour certaines espèces particulièrement appréciées comme la tortue par exemple, le problème de la raréfaction se pose au niveau de l'ensemble du territoire et est même ressenti au plan international.

Les stocks de nacre du territoire sont également dans un état critique après avoir subi une exploitation organisée de longue durée et d'importance économique essentielle pour la Polynésie. Ce cas exemplaire est traité dans un des chapitres suivants.

Tous ces problèmes de surexploitation peuvent être limités par l'application d'une réglementation adaptée qui peut, soit préconiser l'arrêt total du prélèvement dans les cas extrêmes, soit limiter l'exploitation par des mesures restrictives.

## II - LES GRANDS RISQUES ACTUELS

Les problèmes de pollution et de dégradation se sont considérablement aggravés au cours des dix dernières années et font apparaître la gestion du milieu comme une nécessité et même une condition de survie pour les lagons les plus exposés. En effet, la très forte croissance démographique, l'urbanisation et le développement économique du territoire entraînent un accroissement des activités humaines génératrices des principaux facteurs de dégradation et font peser une menace sans cesse grandissante sur l'écosystème lagonaire. Trois types de menaces paraissent particulièrement graves actuellement : Les déchets et résidus de la société, les travaux d'aménagement et l'exploitation des ressources.

### 1. Le problème des déchets

Le risque essentiel d'atteinte au milieu est représenté par l'augmentation des déchets de la société qui, par manque d'installations efficaces d'élimination, arrivent dans les lagons soit par le canal des eaux douces, soit par rejet direct, et perturbent plus ou moins gravement le fonctionnement de l'écosystème. Devant la gravité de la menace, le principe de base qui doit prévaloir dans ce domaine est le suivant : **"IL NE DOIT PLUS SE FAIRE DE REJETS D'EAUX USEES DANS LES LAGONS"**. Ceci suppose la mise en oeuvre de plans d'action au niveau des lagons, des structures urbaines, des cours d'eau et même des bassins versants pour la collecte, le traitement et l'évacuation des eaux polluées.

Dans l'immédiat, le problème est critique pour les rivières traversant la zone urbanisée et appelle des solutions urgentes.

Les solutions techniques ont déjà été mises en oeuvre pour la préservation d'écosystèmes marins soumis à la même menace ailleurs dans le monde et il convient de tirer parti de ces expériences pour sélectionner le procédé le mieux adapté à la Polynésie.

### 2. Les travaux d'aménagement

L'aménagement du milieu lagonaire par travaux de constructions ou remblai entraîne deux types de conséquences immédiates : la destruction de compartiments récifaux avec leur flore et leur faune (récif frangeant notamment) et la modification du milieu physique (circulation des eaux). Il s'ensuit des effets secondaires au plan biologique comme au plan nuisances.

- . Au plan biologique, la disparition de certains biotopes entraîne la disparition des espèces qui les fréquentent, en permanence ou au cours d'une phase de leur vie. Les récifs frangeants sont les nurseries d'un certain nombre d'espèces de poissons.
- . Au plan des nuisances, les entraves à la circulation des eaux lagonaires prolongent leur temps de renouvellement et rendent plus difficile l'élimination de différentes pollutions, chimique ou bactériologique par exemple.

Il faut se rendre compte que la réalisation de travaux d'aménagement dans le milieu lagonaire n'est jamais sans incidence sur la

vie de l'écosystème. Tout projet devrait être accompagné d'une étude d'impact où seraient évaluées les conséquences.

### 3. L'exploitation des ressources biologiques

Les prélèvements effectués doivent être proportionnés aux capacités de production des stocks naturels, sous peine d'épuisement par surexploitation. Le cas de la nacre est démonstratif à cet égard. L'étude suivie de l'exploitation permet de vérifier la vitalité des stocks à partir de méthodes modernes d'investigations scientifiques. Cependant, ces méthodes ne sont pleinement efficaces que lorsque les données de base concernant la biologie des espèces visées, sont acquises. L'exploitation des ressources biologiques peut être gérée par des mesures de réglementation diverses, adaptées à chaque cas, pour assurer le renouvellement de la ressource.

### CONCLUSION

La gestion du milieu lagunaire et récifal est rendue nécessaire par les impératifs de mise en valeur des ressources et de l'environnement du Territoire dont les actions dépendent de la stratégie du développement économique. La définition de cette stratégie implique des choix fondamentaux qui relèvent de la politique territoriale et nationale : secteurs d'activités à développer et principes retenus, importance des activités dans l'économie du pays et objectifs du développement, répartition des actions entre les îles et les archipels, importance accordée à la protection du patrimoine, responsabilité et intervention de l'administration, des services publics, des collectivités, du secteur privé.

Alors que la métropole applique depuis plus de trente ans un plan d'aménagement, il n'existe pas sur le Territoire de programmation coordonnée à terme. Cette absence de politique explicite a conduit à exercer une gestion au coup par coup par manque d'objectifs et par absence de structure de gestion opérationnelle (BLANCHARD, 1983).

Le Territoire est actuellement confronté aux choix politiques qu'implique la définition d'une stratégie du développement qui concernera obligatoirement les milieux lagunaires. De plus, ces milieux sont déjà affectés de nombreux problèmes et sont le siège de risques qui appellent des actions urgentes. Il importe donc de connaître les options du développement et la volonté politique de réaliser les objectifs pour pouvoir réunir ou compléter les outils d'une gestion crédible du patrimoine.

La structure de gestion doit obtenir les connaissances de base : évaluation des potentiels, niveau d'exploitation et préservation du patrimoine, application de facteurs externes au milieu.

La gestion ne peut s'adresser qu'aux facteurs contrôlables de la mise en valeur et doit tenir compte des contraintes. Son application pose des problèmes juridiques (surveillance, contrôle, protection, propriété, réglementations diverses) dont la solution appartient aux "décideurs".

Finalement, la gestion est directement liée à la stratégie du développement définie par le pouvoir politique et son application dépend de la volonté du Territoire de préserver son patrimoine naturel. Les moyens de la gestion existent en Polynésie (organismes scientifiques, services techniques, arsenal réglementaire), et peuvent être mis en oeuvre de manière plus efficace par la définition explicite des objectifs visés, par la responsabilisation des décideurs jusqu'au simple citoyen et par l'affectation des moyens disponibles aux priorités dégagées.

## LES RESERVES EN POLYNESIE

La Polynésie possède peu de réserves naturelles et les quelques îles qui ont pu être classées demeurent une situation précaire, comme l'illustre l'exemple de l'atoll de Scilly.

L'atoll de Scilly, propriété du Territoire, a été concédé à une société privée jusqu'en 1979 pour l'exploitation du domaine terrestre et la pêche du côté océanique. Par arrêté du 28 juillet 1971, le lagon a été classé et seuls les prélèvements alimentaires de la main-d'oeuvre en place y sont autorisés.

La demande de classement était argumentée par la présence d'un important stock de nacres et par la fréquentation de tortues vertes qui viennent y pondre. Par ailleurs, l'atoll constitue l'un des derniers refuges de la perruche bleue de Polynésie.

Or, le 30 novembre 1975, le lagon fut ouvert à la plongée des huîtres nacrées pour un quota de 15 000 individus qui furent effectivement capturés. L'incompatibilité de l'exploitation avec le classement suscita un scandale dans la presse locale, et le Pr. SALVAT intervint auprès du gouverneur. L'association de protection de la nature déposa même un recours en annulation auprès du Conseil d'Etat.

En juin 1976, la commission des monuments naturels et des sites s'est prononcée à l'unanimité contre une demande de déclassement du lagon qui aurait permis l'installation d'une société privée d'aquaculture et de perliculture. Bien que l'affaire ait été relancée au cours de la même année, le classement a été maintenu.

Après l'expiration du bail de la société concessionnaire en 1979, l'exploitation du coprah s'est poursuivie sur les mêmes bases qu'auparavant jusqu'en 1983. Début 1984, l'atoll a été rattaché à la commune de Maupiti, avec Mopelia et Bellingshausen et au mois de mai, le conseil municipal a décidé par arrêté que seuls les habitants de la commune avaient désormais accès à l'île de Scilly. Il faut préciser que cet arrêté ne rappelle pas le classement du lagon.

D'autre part, l'ORERO (ex. Service de la Pêche) avait pensé utiliser les potentialités de reproduction du stock de nacres pour lancer une opération de collectage à grande échelle sur le lagon de Scilly. Des collecteurs expérimentaux ont été mis en place en 1983 et il s'agit maintenant de connaître les développements éventuels de cette entreprise.

Indépendamment de l'utilisation des ressources nacrées, une exploitation illégale conduisait à un trafic relativement limité de la chair de tortue entre Scilly, les îles avoisinantes et même Tahiti.

Scilly a pu être longtemps assez bien préservé par ses défenses naturelles (accès difficile, éloignement), par la faiblesse de sa population résidente (main-d'oeuvre de la société exploitante du coprah) et par son statut d'île appartenant au Territoire et soumise à un Arrêté de Classement. Le seul lagon protégé renferme encore des potentiels de nacres et de tortues importants qui démontrent à l'évidence l'intérêt des mesures

de protection. Or ces richesses potentielles suscitent la convoitise comme en témoignent les péripéties de 1976. Le rattachement à la commune de Maupiti risque de conduire à une fréquentation accrue de l'atoll, même si elle est limitée aux habitants de la commune et l'attrait financier que représentent les nacres et les tortues laissent craindre le développement d'une exploitation illégale. Il est encore temps de rappeler le classement du lagon de Scilly et de mettre en place les moyens de faire respecter le règlement en instaurant un gardiennage par exemple.

Le cas du lagon de Scilly illustre parfaitement l'exemple d'une gestion incomplète. Les données de base fournies par les scientifiques ont amené l'administration à formuler un texte de préservation du lagon. Mais l'application de ce texte a été tournée d'abord par l'administration elle-même, en autorisant la pêche des nacres : la volonté de respecter le lagon classé est donc peu affirmée. Par ailleurs, l'administration n'a jamais mis en place les moyens de faire appliquer ses vœux, en ne nommant pas un conservateur par exemple, ce qui permet une exploitation illégale des stocks, même si elle est peu développée. La création du "programme tortues" et les évaluations des stocks de nacres participent au contrôle de la gestion du milieu : bien que ces deux actions aient des objectifs propres, leurs conclusions précisent l'état des deux ressources principales du lagon après une période de préservation.

#### AUTRES RESERVES

Par le même arrêté de 1971, le classement de deux îles de l'archipel des Marquises avait été prononcé : EIAO et MOTANE. Dès 1972, Eiao était fortement dégradée.

Par ailleurs, l'atoll de Taiaro est une réserve privée du projet "MAN AND BIOSPHERE".

\*  
\* \*

#### UN ECHEC DE GESTION : L'EXPLOITATION DE LA NACRE

Le commerce international de la nacre s'est développé dès le début du XIXème siècle en Polynésie. Les années d'exportation record, près de 1 400 tonnes sont sorties du Territoire. L'effondrement de la production se réalise dans les années 1960 et il ne fait aucun doute que la surexploitation est l'unique cause de l'épuisement des stocks. Or, dès la fin du XIXème siècle, des textes réglementaires ont régi cette exploitation ; ils ont été souvent renouvelés et adaptés au XXème siècle, mais ont tout au plus retardé l'échéance de l'épuisement.

Quelles ont été les mesures conservatoires mises en application :

- La pratique des secteurs tournants à pêcher tous les 3 ou 4 ans.
- La limitation de la durée de la campagne de plonge de trois à six mois chaque année.
- Méthode de pêche : la récolte en scaphandre peut être autorisée exceptionnellement (dès 1913 à Marutea Sud). La seule méthode continuellement autorisée est la plonge à nu, assortie de recommandations médicales en 1954.
- Taille légale : la taille et le poids ont été limités par arrêté annuel jusqu'en 1929 et depuis, la taille seule est limitée, mais elle a été révisée plusieurs fois.
- Quotas. Cette notion apparaît dès 1929 à Marutea Sud (300 tonnes). Ce n'est qu'en 1963 que le système d'attribution systématique des quotas est institué après avis de la commission consultative de la plonge.
- Réserves : la création de zones réserves dans chaque lagon est mise en application en 1953 à partir de recommandations de Ranson.
- Mesures diverses :
  - Limitation du nombre de plongeurs : prévue par le texte de 1904, cette mesure ne semble pas avoir été appliquée.
  - Collectage et restauration des fonds : ces mesures préconisées dès 1918 ne semblent pas avoir été suivies d'effets.

Une exploitation réglementée a eu raison des stocks fabuleusement riches d'huîtres nacrées de Polynésie.

Cependant, dès la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, un certain nombre d'experts scientifiques ont été consultés : ils ont suggéré l'essentiel des règlements adoptés et ont fortement incité à la réalisation d'élevage. On peut dès lors s'étonner de l'épuisement des stocks qui relève soit d'une erreur de diagnostic, soit de la non-observation des textes.

Le calcul de la capture maxima équilibrée, en prenant la plus forte pêche réalisée comme abondance réelle minima, montre que la Polynésie aurait pu produire entre 300 et 600 tonnes par an. La biomasse calculée est nettement sous-évaluée par hypothèse et un ordre de grandeur de 10 000 tonnes au moins semble vraisemblable, ce qui aurait pu assurer une production annuelle de l'ordre de 1 000 tonnes par an. Or ce chiffre de 1 000 tonnes représente la production maxima du seul atoll de Hikueru (RANSON, 1953). Fraticquement dès les débuts de l'exploitation, les stocks ont subi une pression de pêche largement supérieure à leurs capacités de régénération, compromettant le potentiel. La mise en place des quotas aurait dû théoriquement pouvoir pallier la surexploitation, mais elle est intervenue au cours de l'effondrement des captures. Il semble donc bien que les mesures limitatives en quantités pêchées soit intervenues beaucoup trop tard, ce qui pose le problème du contrôle de l'état des stocks naturels et

de l'évaluation du prélèvement qu'ils peuvent subir. Ces notions sont relativement récentes en biologie des pêches et ont au plus une trentaine d'années : les experts consultés au cours de l'exploitation ne possédaient pas encore les outils de la gestion moderne. Les quotas n'ont pas pu infléchir l'effondrement des stocks : si dans bien des cas, on peut supposer qu'ils ont été supérieurs aux possibilités du stock résiduel, l'observation de la pêche dans certains atolls montre également que la réglementation n'est pas respectée. Le problème du contrôle de l'application des normes (zones de pêche, quantité prélevée) se pose alors.

La gestion rigoureuse d'un tel stock implique :

. L'établissement d'un diagnostic :

- évaluation du stock :

- détermination de ses caractéristiques propres : croissance, mortalité, reproduction ;

- connaissance de la pêcherie : méthodes et limites.

. La proposition de normes d'exploitation :

- quotas à capturer, taille réglementaire, zones réserves.

. Le contrôle de l'application des normes :

- suivi de la pêcherie ;

- suivi des stocks.

. L'ajustement des normes après les contrôles :

- modulation des quotas.

Dans ce cas précis, la gestion actuelle des stocks est basée sur l'attribution des quotas. Ceux-ci sont proposés chaque année par le Service de la Mer à la commission consultative de la plonge qui est composée de membres de l'administration, de professionnels, d'élus et de représentants des services techniques. La capacité des stocks à subir les prélèvements semble moins prise en compte que les revendications des populations et des professionnels. De plus, les observations effectuées sur plusieurs atolls tendent à montrer que les principes réglementaires sont peu observés par les exploitants : tranche superficielle (0-15 m) pêchée en permanence, faible respect des zones de réserve, quotas largement dépassés au cours des campagnes. La plupart des stocks insulaires sont épuisés, ou en voie de l'être, et les normes de gestion qui permettraient de préserver le potentiel encore existant sont édictées sans tenir compte des données biologiques et de plus, ne sont pas respectées.

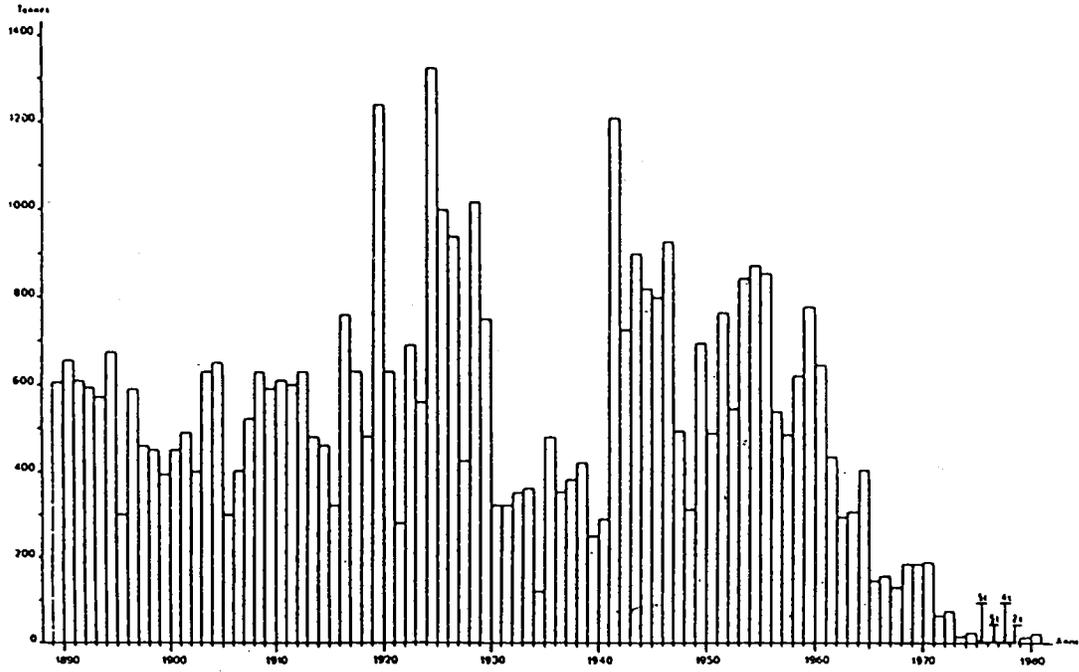


Fig. 1: Statistiques douanières d'exportation de nacre brute.

BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE\*  
(1842 - 1984)

---

\*Voir aussi supplément.

1. ANONYME, 1977. - Coral reef and lagoon research in French Polynesia. 124 publications with abstracts. *Rev. Alg.*, fasc. hors sér., 1:1-44.
2. ANONYME, 1978. - Etude de l'atoll de Mataiva. *ORSTOM/Tahiti*: 68 pp.
3. ANONYME, 1978. - Elevage expérimental de Crassostrea gigas à Uturoto. Bilan des trois premiers mois. *Service Pêche / Tahiti, rapport int.*, 194.
4. ANONYME, 1979. - Lagune d'Uturoto: Evolution du phytoplancton et des élevages de Cassostrea gigas et Mytilus viridis. *Service Pêche / Tahiti, rapp. int.*, 1.
5. ANONYME, 1979. - Acclimatation de la moule verte des Philippines Mytilus viridis à Tahiti et aux I.S.L.V. *Service Pêche / Tahiti, rapp.* 573.
6. ANONYME, 1979. - On the utilization of the Polynesian islands salt-water pools for aquaculture. *Service Pêche / Tahiti, rapp. int.*
7. ANONYME. - Premières données sur Uturoto (Raiatea) après aménagement de la lagune. Comparaison avec les données antérieures. *Service Pêche / Tahiti, à paraître.*
8. ANONYME, 1980. - Origine géologique et description de la structure d'un atoll. *CEA-DAM, Direction des essais, Confer. Techn. de la culture sur les atolls, Papeete, 14-19 avril 1980.*
9. ANONYME, 1981. - Etude de l'environnement lagunaire et récifal de Mataiva. *Museum et E.P.H.E. - RA - 4-19.*
10. ANONYME, 1983. - Exploitation d'un gisement de phosphates de l'atoll de Mataiva. Etude d'impact sur l'environnement. *Rapp. CEA-LESE, diffusion limitée.*
11. ADACHI (R.), FUKUYO, 1979. - The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate Gambierdiscus toxicus gen. et sp. nov., collected on a ciguatera endemic area. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45 (1): 67-71.
12. AGASSIZ (A.), 1903. - The coral reef of the Tropical Pacific. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, Cambridge*, 28 : 1-409.
13. ALLAIN (Y.), CHOMEL DE VARAGNES (B.), 1980. - Recommandations et rapport sur le projet d'utilisation de l'énergie thermique des mers en P.F. *C.E.S. Polynésie Française.*
14. AQUACOP, 1974. - L'aquaculture au Centre Océanologique du Pacifique. *Colloque sur l'aquaculture. CNEXO - PARIS*, 1 : 431-434.
15. AQUACOP, 1975. - Maturation and spawning in captivity of Penaeid prawns Penaeus merguensis de Man, Penaeus japonicus Bate, Penaeus astecus Ives, Metapenaeus ensis de Haan and Penaeus semisulcatus de Haan. *Proc. World Maricul. Soc.* 8 : 123-132.

16. AQUACOP, 1975. - First experiments on the rearing of tropical Carangidae in floating cages, *Proc. World Maricult. Soc.*, 6 : 277-284.
17. AQUACOP, 1976. - Incorporation de protéines végétales dans un aliment composé pour crevettes Macrobrachium rosenbergii, *Aquaculture*, 8 : 71-80.
18. AQUACOP, 1976. - Spécificité des besoins en protéines et acides gras. *F.A.O. Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, 26 mai - 2 juin 1976*: 590-592.
19. AQUACOP, 1977. - Macrobrachium rosenbergii (de Man) Culture in Polynesia: progress in developing a mass intensive larval rearing in clear water. *Proc. World Maricult. Soc.*, 8 : 311-326.
20. AQUACOP, 1977. - Observations on disease of Crustacean cultures in Polynesia. *Proc. World Maricult. Soc.*, 8 : 685-703.
21. AQUACOP, 1977. - Reproduction in captivity and growth of Penaeus monodon (Fabricius) in Polynesia. *Proc. World Maricult. Soc.*, 8 : 927-945.
22. AQUACOP, 1977. - Macrobrachium rosenbergii culture in Polynesia: water chemodynamism in an intensive larval rearing. *Proc. World Maricult. Soc.*, 8 : 293-310.
23. AQUACOP, 1977. - Observations sur la maturation et la reproduction en captivité des crevettes Pénéides en milieu tropical. *3rd Meeting of the I.CES Working Group on Mariculture, Brest, France, mai 10-13, 1977. Acte de colloques du CNEXO*, 4 : 157-178.
24. AQUACOP, 1977. - Production de masse de post-larves de Macrobrachium rosenbergii (de Man) en milieu tropical: unité pilote. *3rd Meeting of the I. CES Working Group on Mariculture, Brest, France, Mai 10-13, 1977. Actes de colloques du CNEXO* 4 : 213-232.
25. AQUACOP, 1977. - Elevage larvaire et production de naissain de Crasostreas gigas en milieu tropical. *3rd Meeting of the I.CES Working Group on Mariculture, Brest, France, May 10-13, 1977. Actes de colloques du CNEXO* 4 : 331-346.
26. AQUACOP, 1977. - Elevage larvaire de Pénéides en milieu tropical. *3rd Meeting of the I.CES Working Group on Mariculture, Brest, France, May 10-13, 1977. Actes de colloques du CNEXO* 4 : 179-191.
27. AQUACOP, 1979. - Equipements pour fabriquer des granulés par voie humide destinés aux animaux marins. *Proc. World Symp. on fin fish Nutrition and fish feed technology, Hamburg 20-23 June, 1978*, 2 : 143-155.
28. AQUACOP, 1979. - Macrobrachium rosenbergii Culture in Polynesia: pH Control in experimental Pond Waters by Phytoplankton Limitation with an Algicide. *Proc. World Maricult. Soc.*, 10 : 392-402.
29. AQUACOP, 1979. - Intensive Larval Culture of Macrobrachium rosenbergii: A cost Study. *Proc. World Maricult. Soc.*, 10 : 429-434.

30. AQUACOP, 1979. - Larval rearing and Spat Production of Green Mussel. Perna viridis (Linnoeus) in French Polynesia. *Proc. World Maricul. Soc.*, 10 : 641-647.
31. AQUACOP, 1979. - Penaeid Reared Brood Stock: Closing the Cycle on P. monodon, P. stylirostris and P. vannamei. *Proc. World Maricul. Soc.*, 10 : 445-452.
32. AQUACOP, 1980. - Reared Broodstock of Penaeus monodon. *Symposium on Coastal Aquaculture. Marine Biological Association of India, Cochin, January 12-18, 1980.*
33. AQUACOP, 1980. - Mass production of Green Mussel Spat Perna viridis (Linnoeus) in French Polynesia. *Symposium on Coastal Aquaculture, Marine Biological Association of India. Cochin - January 12-18, 1980.*
34. AQUACOP, 1980. - Mass production of Macrobrachium rosenbergii post-larvae in French Polynesia: predevelopment phase results. *Symposium on Coastal Aquaculture, Marine Biological Association of India - Cochin - January 12-18, 1980.*
35. AQUACOP, 1981. - Participation in the panel "Industrialization of Aquaculture Opportunities and challenges". *World Conference on Aquaculture - Venice 05-21 may 1981, sous presse.*
36. AQUACOP, 1982. - Present status of bivalve culture in French Polynesia. *Presented at bivalve culture workshop IDRC Singapour 16-19/02/82. Sous presse.*
37. AQUACOP, 1982. - Intensive larval rearing in clear water of Macrobrachium rosenbergii (de Man, Anuenue stock) at the Centre Océanologique du Pacifique, Tahiti. *In handbook of Mariculture, vol. 1 : Crustacean aquaculture CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. Sous presse.*
38. AQUACOP, 1982. - Algal food cultures at the Centre Océanologique du Pacifique, Tahiti. *In Handbook of Mariculture, vol. 1: Crustacean aquaculture. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. Sous presse.*
39. AQUACOP, 1982. - Algal food cultures at the Centre Océanologique du Pacifique, Tahiti. *In handbook of Mariculture, vol. 1: Crustacean aquaculture. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. Sous presse.*
40. AQUACOP, 1982. - Constitution of broodstock, maturation, spawning and hatching systems for penaeid shrimps in the Centre Océanologique du Pacifique. *In Handbook of Mariculture, vol. 1: Crustacean aquaculture. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. Sous presse.*
41. AQUACOP, 1982. - Penaeid larval rearing in the Centre Océanologique du Pacifique. *In handbook of Mariculture, vol. 1: Crustacean aquaculture. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. Sous presse.*
42. AQUACOP, 1983. - Intensive larval rearing of Macrobrachium rosenbergii in recirculating system. *Sous presse.*
43. AQUACOP, 1983. - First results of a 10 ha Macrobrachium farm in Tahiti. *Sous presse.*

44. AQUACOP, 1983. - Production of Penaeids post-larvae at a commercial scale in Ecuador. *Sous presse.*
45. AQUACOP, 1983. - Manufacture of feeds to support shrimp production in Tahiti (French Polynesia). *Sous presse.*
46. AQUACOP, 1983. - Use of serum protein concentration to optimize penaeid spawner quality. *Sous presse.*
47. ASANO (D.), 1942. - Coral reefs on the South Sea Islands. *Tohoku Imp. Univ. Geol. and Paleont. Inst. Rep.*, 39 : 1-19 Sendai.
48. AUBERT DE LA RUE (E.), 1956. - Contribution à l'Etude des Etablissements Français d'Océanie. *C.R.Somm. Soc.Géol. Fr.*, 7 : 87-89.
49. AUBERT DE LA RUE (E.), 1958. - Observations sur le volcanisme tertiaire et quaternaire de quelques îles de la Polynésie Française. *Bull. Volc. de l'Ass. de Volcanologie*, 2 (19).
50. AUBERT DE LA RUE (E.), 1964. - Remarques sur les atolls de l'archipel des Tuamotu (Polynésie Française). *Bull. Soc. vaud. Sci. Nat.*, 314 (68, 9) : 27-426.
51. AUDIC (J.M.), FRAIZIER (A.), 1981. - Teneur en mercure d'organismes appartenant à divers niveaux trophiques en milieu lagunaire de Polynésie Française. *Rapport CEA-R-5087* : 1, 19.
52. AUSTRALIAN IONIZING RADIATION ADVISORY COUNCIL, 1983. - British nuclear tests in Australia. A review of operational safety measures and of possible after-effects. AIRAC N°9 - January 1983.
53. AVIATION CIVILE. - Résumé mensuel du Temps.  
Résumé annuel des observations (depuis 1950)  
- en surface,  
- en altitude.  
*Direction de l'Aviation Civile en Polynésie Française - Service de la Météorologie - FAAA Aéroport - Tahiti.*
54. BAGNIS (R.), 1967. - La ciguatera en Polynésie Française en 1966. *Bulletin annuel de la Société des Océanistes*: 148-152.
55. BAGNIS (R.), 1967. - Contribution à l'étude de l'ichtyotoxisme en Polynésie Française. *Revue int. Océanogr. Méd.*, 6 (7) : 89-110.
56. BAGNIS (R.), 1967. - Quelques considérations sur les aspects cliniques de l'ichtyotoxisme en Polynésie Française à propos de 350 observations. *Med. trop.*, 27 (5): 555-562.
57. BAGNIS (R.), 1967. - Les empoisonnements par le poisson en Polynésie Française: étude clinique et épidémiologique. *Revue Hyg. Méd. soc.*, 15 (7): 619-646.
58. BAGNIS (R.), 1968. - Note concernant l'emploi des oximes dans le traitement de la ciguatera. *Document de travail CPS/ICHT/WP.23 présenté au séminaire sur l'Ichtyosarcotoxisme organisé par la CPS à Papeete (Polynésie Française) du 16 au 22 août 1968. (Existe également en anglais.)*

59. BAGNIS (R.), 1968. - Clinical aspects of ciguatera-fish poisoning in French Polynesia. *Hawaii Medical Journal* 28 (1): 25-28.
60. BAGNIS (R.), 1969. - Les intoxications de type 'ciguatera' par poisons vénéneux. *Presse méd.* 77 (2): 59-60.
61. BAGNIS (R.), 1969. - Naissance et développement d'une flambée de ciguatera dans un atoll des Tuamotu. *Revue CPS Santé Armées*, 10 : 783-795.
62. BAGNIS (R.), 1969. - Ichtyosarcotoxisme. *Vie Médicale, Numéro spécial*: 81-84.
63. BAGNIS (R.), 1970. - Concerning a fatal case of ciguatera poisoning in the Tuamotu Islands. *Clinical Toxicology* 3 (4): 579-583.
64. BAGNIS (R.), 1970. - Recherches sur l'origine, la nature et l'action physiologique des toxines ciguatériques en certains biotopes coralliens de la Polynésie Française. *Thèse d'Université (Mention Sciences) Université de Bordeaux I*. 209 p.
65. BAGNIS (R.), 1971. - Dragage en ambiance corallienne et ciguatera aux Iles-Sous-Le-Vent. *Colloque Régional sur la Protection de la Nature, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Août 1971. SPC/RSCN/WP 2. Rapport de la Commission du Pacifique Sud*.
66. BAGNIS (R.), 1971. - Activité humaine en milieu corallien et ciguatera. *Médecine Tropicale*, 31 (3): 285-292.
67. BAGNIS (R.), 1972. - Ciguatera et intervention humaine sur les écosystèmes coralliens en Polynésie Française. In *"Marine Pollution and Sea Life - Publication F.A.O. Fishing News (Books) Ltd. London: 597-600*.
68. BAGNIS (R.), 1973. - L'ichtyosarcotoxisme dans le Pacifique Sud. *Publication de la Commission du Pacifique Sud* : 112 p.
69. BAGNIS (R.), 1973. - La ciguatera aux Iles Marquises. Aspects cliniques et épidémiologiques. *Bull. OMS* 49 (1): 67-74.
70. BAGNIS (R.), 1974. - Aspects écologiques, biochimiques et immunologiques de la ciguatera en Polynésie Française. *Thèse de Spécialité en Sciences biologiques. Université de Bordeaux I*, 88 p.
71. BAGNIS (R.), 1974. - Situation de l'endémie ciguatérique aux Iles Gambier. *Cah. Pacif.* 2 (18): 585-599.
72. BAGNIS (R.), 1974. - Evolution d'une flambée de ciguatera aux Iles Marquises. *Médecine et Armées* 2 (2): 115-122.
73. BAGNIS (R.), 1974. - La ciguatera et le médecin praticien. *Médecine Océanienne* (2): 32-37.
74. BAGNIS (R.), 1975. - Endémicité ciguatérique et pollution marine d'origine fécale à Vairao. *Rapport technique Institut Malardé 336/IRM/K.10*.

75. BAGNIS (R.), 1976. - Faune ichtyologique du lagon de Taiaro. *Cah. Pacif.* 19/ 283-286.
76. BAGNIS (R.), 1976. - Morbidité ciguatérique et alimentation monotone en poissons de récifs. *C.R. 13è Congrès Scientifique du Pacifique. Méd. Trop.* 36 (3): 283.
77. BAGNIS (R.), 1977. - Ichtyosarcotisme et santé publique dans le Pacifique oriental. *Méd. Océanienne*, (7): 47-53.
78. BAGNIS (R.), 1977. - Modalités évolutives et biogénèse de la ciguatera en Polynésie Française. *Thèse d'Etat; Université de Bordeaux I*: 128 p. Résumé in *Médecine et Armées* 1979, 7 : 584-585.
79. BAGNIS (R.), 1979. - Ciguatera et catastrophes naturelles. *Communication présentée au VIIè colloque de la JEPANRIF, Saint-Denis, (La Réunion), 7 avril 1979.*
80. BAGNIS (R.), 1979. - Données récentes concernant la biogénèse de la ciguatera dans le Pacifique. *Caraïbes Médical*, 2; 27-29.
81. BAGNIS (R.), 1980. - Agressions naturelles sur les édifices coralliens des Iles Marquises et ciguatera. *Communication présentée au XIVè Congrès des Sciences du Pacifique à Khabarosc (URSS) - Session D 11 - Symposium 1 III, (20 août-3 septembre 1979), in Médecine Océanienne*, 12: 42-50.
82. BAGNIS (R.), 1980. - Ciguatera: état des connaissances en 1980. *Bulletin de la Société des Etudes Océaniques*, 17 (12): 650-659.
83. BAGNIS (R.), 1980. - Quand le corail se venge. *Science et Vie*, 756: 46-53.
84. BAGNIS (R.), 1981. - L'ichtyosarcotisme de type ciguatera: processus biologiques connus et perspectives au seuil des années 80. *Ann. Inst. Oceanogr.*, 57: 5-24.
85. BAGNIS (R.), 1981. - L'ichtyosarcotisme de type ciguatera: phénomène complexe de biologie marine et humaine. *Oceanologica Acta*, 4 (3): 375-387.
86. BAGNIS (R.), 1981. - Poisoning from eating fish. *Medecine International*, 1: 420-422.
87. BAGNIS (R.), 1981. - Etude morphologique, biologique, toxicologique et écologique de l'agent causal princeps de la ciguatera, le Péridinien Gambierdiscus toxicus. ADACHI et FUKUYO, 1979. *Thèse de doctorat en Biologie Humaine, Université de Bordeaux II*, 180 pp.
88. BAGNIS (R.), 1982. - La ciguatera dans les atolls des Tuamotu. *Médecine Océanienne*, 17: 1-9.
89. BAGNIS (R.), BARON (C.), CHANTEAU (S.), CHUNGUE (E.), DROLLET (J.H.), FERRAN (c.), GALONNIER (M.), LABORIT (G.), LEGRAND (A.M.), 1981. - Aspects physio-pharmacologiques comparés des trois principales toxines mises en jeu dans la ciguatera. *Communication présentée au Colloque international CNRS-ORSTOM sur les substances naturelles d'intérêt biologi-*

que du Pacifique (Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 29 août-3 septembre 1979). *Médecine Océanienne* 16: 12-18.

90. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), 1975. - Inventaire de la faune ichtyologique et morbidité ciguatérique à Takapoto. *Projet M.A.B. Thème 7. R.T. MAB/ICH/TAK.1, Résumé "Takapoto": C.R. de Recherches MAB: mars 1977: 86 pp.*
91. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), 1979. - Distribution des dinoflagellés potentiellement ciguatérigènes et contribution à l'inventaire de la faune ichtyologique de Scilly; *Bull. Antenne Tahiti Mus. natn. Hist. Nat. et EPHE*, 1: 49-51.
92. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), 1981. - La ciguatera à Mataiva. Rapport dans le cadre d'une étude de l'environnement lagonaire et récifal de l'atoll de Mataiva. Contrat DAM/DE n° 4500 - CEA-DAM / Antenne Museum Histoire Naturelle - Ecole Pratique des Hautes Etudes.
93. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), DROLLET (J.H.), THEVENIN (S.), NANAI (F.), JACQUET (G.), 1975. - Endémicité ciguatérique et pollution marine d'origine fécale à Vairao. *Rapport technique n° 336/IRM/K.10.*
94. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), JOUTAIN (V.), NANAI (F.), 1968. - La ciguatera à Tahiti: une endémie. *Document de travail CPS/ICHT/WP.3 présenté au séminaire sur l'Ichtyosarcotoxisme organisé par la CPS à Papeete (Polynésie Française) du 16 au 22 août 1968. (Existe également en anglais.)*
95. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), NANAI (F.), THEVENIN (S.), 1973. - Pollution marine et ciguatera dans l'atoll de Manihi. *Séminaire Comm. Pac. Sud sur la "pollution des lagons" (Guam).*
96. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), NANAI (F.), 1975. - Environnement et ciguatera - *Bulletin de la SEPANRIT*, (8): 2-10.
97. BAGNIS (R.), BENNETT (J.), PAYRI (C.), 1982. - Etude de la distribution des péridiniens ciguatérigènes dans le complexe récifale urbain et suburbain de Tahiti. *Rapport technique n° 498/IRM/OCE.*
98. BAGNIS (R.), BERGER (N.), Fusetani (H.), KAEUFFER (J.), LAIGRET (J.), YASUMOTO (T.), 1977. - La ciguatera: un puzzle biologique. *Méd. Océanienne*, (7): 44-46.
99. BAGNIS (R.), BERGLUND (G.), ELIAS (P.S.) VAN ESCH (G.J.), HALSTEAD (B.W.), HOHEI KOJIMA, 1970. - Problems of Toxicants in Marine food products. *Bull. O.M.S.* (42): 69-88.
100. BAGNIS (R.), BRONSTEIN (J.A.), JOUFFE (G.) FORESTIER (R.), MEUNIER (J.L.), LEJAN (J.), BRULEFER (D.), PARC (F.), TETARIA (C.), 1977. - Complication neurologique de la ciguatera. *Bull. Soc. Path. Exo.*, 70 (1): 89-93.
101. BAGNIS (R.), CHANTEAU (S.), CHUNGUE (E.), HURTEL (J.M.), YASUMOTO (T.), INOUE (A.), 1980. - Origins of ciguatera fish poisoning: a new dinoflagellate, Gambierdiscus toxicus Adachi and Fukuyo, definitely involved as a causal agent. *Toxicon*. 18 (2): 199-208.

102. BAGNIS (R.), CHANTEAU (S.), YASUMOTO (T.), 1977. - Mise en évidence d'un dinoflagellé responsable en puissance de la ciguatera. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.* (15-16): 29-34.
103. BAGNIS (R.), CHANTEAU (S.), YASUMOTO (T.), 1977. - Découverte d'un agent étiologique vraisemblable de la ciguatera. *C.R. Acad. Sciences* 28 (1): 105-108.
104. BAGNIS (R.), CHANTEAU (S.), YASUMOTO (T.), 1977. - Signification des diverses toxines présentes sur les substrats coralliens morts dans le déterminisme ciguatérique. *Bull. Soc. Path. Exot.* 70 (3): 320-324.
105. BAGNIS (R.), CHANTEAU (S.), YASUMOTO (T.), INOUE (A.), 1978. - Nouvelle explication physiopathologique de la ciguatera. *Méd. Trop.* 38 (3): 323-325.
106. BAGNIS (R.), CHUNGUE (E.), LABOUTE (P.), BENNETT (J.), 1980. - Investigation on the compared biogenesis and evolutive patterns of ciguatera fish poisoning in New Caledonia and French Polynesia. *Report to Toyota Foundation. Grant number 791-013. R.T. N°1072/IRM/OCE.*
107. BAGNIS (R.), DENIZOT (M.), 1978. - La ciguatera aux Iles Marquises: aspects humains et biomarins. *Cah. Pacif.*, 21-293-314.
108. BAGNIS (R.), DENIZOT (M.), DROLLET (J.), LAIGRET (J.), 1974. - Biotopes ciguatérigènes en Polynésie Française. *R.I.O.M.*, 35-36: 213-223.
109. BAGNIS (R.), FEVAI (G.), 1970. - Etude comparative de la toxicité de divers poissons ciguatérigènes à l'état brut et des extraits liposolubles correspondants. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, 18-19: 5-20.
110. BAGNIS (R.), FEVAI (G.), 1971. - La ciguatera féline expérimentale à Tahiti. *Revue Méd. Vét.* 122 (6): 629-638.
111. BAGNIS (R.), GALZIN (R.), BENNETT (J.), 1979. - Poissons de Takapoto. *J. Soc. Océanistes*, 35 (62): 69-74.
112. BAGNIS (R.), GARCON (M.), BENNETT (J.), 1977. - Distribution des dinoflagellés potentiellement ciguatérigènes à Moorea. *Projet M.A.B. Thème 7. Rapport technique n°524/IRM/C.1.*
113. BAGNIS (R.), HURTEL (J.M.), FURUYO (Y.), INOUE (A.) et YASUMOTO (T.), 1979. - Quelques aspects morphologiques et biologiques du Dinoflagellé responsable probable de la ciguatera. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 289 D: 639-642.
114. BAGNIS (R.), HURTEL (J.M.), CHANTEAU (S.), CHUNGUE (E.), INOUE (A.) et YASUMOTO (T.), 1979. - Le dinoflagellé Gambierdiscus toxicus Adachi et Fukuyo, agent causal probable de la ciguatera. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 289 D: 671-674.
115. BAGNIS (R.), INOUE (A.), PAYRI (C.), RAYMONT (A.), BENNETT (J.), 1982. - A propos d'une prolifération algale dans le site marin du club Méditerranée à Moorea. *Rapport technique 176/IRM/OCE/02.82.*

116. BAGNIS (R.), INOUE (A.), RONGERAS (S.), GALONNIER (M.), BENNETT (J.), CHANTEAU (S.), PASTUREL (J.), 1981. - Quelques aspects bioécologiques de Gambierdiscus toxicus péridinien benthique responsable de la ciguatera à Tahiti. *Communication présentée au 2ème Colloque de microbiologie Marine (Marseille, 24-25 juin 1981)*.
117. BAGNIS (R.), KAEUFFER (H.), 1974. - Perspectives immunologiques en matière de ciguatera. *Méd. Trop.* 34 (1): 25-27.
118. BAGNIS (R.), KAEUFFER (H.), 1976. - Etude de quelques aspects immunologiques de la ciguatera féline expérimentale. Programme OMS-F.7/181/10. *Rapport technique n°681/IRM/K.10*.
119. BAGNIS (R.), KUBERSKI (T.), LAUGIER (S.), 1979. - Clinical observations on 3009 cases of ciguatera (fish poisoning) in the South Pacific. *AM. J. of Trop. Méd. and Hyg.* 28 (6): 1067-1073.
120. BAGNIS (R.), LAIGRET (J.), KAEUFFER (H.), DROLLET (J.H.), 1974. - Dégradations des écosystèmes coralliens et ciguatera. *2è Colloque International sur l'Exploitation des Océans; 1-4 octobre 1974. Bordeaux I, (303): 11 pp.*
121. BAGNIS (R.), LETOURNEUX (M.), 1974. - Une ciguatoxine commune à divers poissons de milieux coralliens. *Bull. Soc. Path. Exot.* 67 (2): 209-217.
122. BAGNIS (R.), LOUSSAN (E.), THEVENIN (S.), 1974. - Les intoxications par poissons perroquets aux îles Gambier. *Méd. Trop.* 34 (4): 523-527.
123. BAGNIS (R.), MERLIN (M.), KAEUFFER (H.), 1977. - Intérêt de l'emploi du Maleate de dexchlorphéniramine dans le traitement ambulatoire des intoxications par poissons vénéneux ciguatériques. *Publication des Laboratoires Cétrane*.
124. BAGNIS (R.), MERLIN (M.), KAEUFFER (H.), 1977. - Essais cliniques de la bétaméthasone en milieu non hospitalier sur l'ichtyosarcotisme de type ciguatera. *Publication des Laboratoires Cétrane*.
125. BAGNIS (R.), PARC (F.), 1979. - Recherches immunologiques dans la ciguatera. Programme OMS WPR/OCD/6/78. *Rapport technique 731/IRM/K.10*.
126. BAGNIS (R.), ROUANET (M.), RENAMBOT (J.), 1970. - A propos de trois cas de ciguatera (dont un mortel) dans les îles Tuamotu. *Méd. Trop.* 30 (4): 489-493.
127. BAGNIS (R.), SALVAT (B.), Kaeuffer (H.), DROLLET (J.), LAIGRET (J.), 1974. - Dégradations des écosystèmes coralliens et ciguatera. *C.R. 2è Colloque International sur l'Exploitation des Océans. 1-4 octobre 1974. Bordeaux I (303): 11 pp.*
128. BAGNIS (R.), Salvat (B.), YASUMOTO (T.), 1976. - Problèmes de toxicité soulevés par Tridacna maxima. *Communication au séminaire sur le bénitier Tridacna maxima. Laboratoire de Biologie*

*Marine et Malacologie. Museum d'Histoire Naturelle Paris. Rapport technique n°50/IRM/K.IO.*

129. BAGNIS (R.), VERNOUX (J.P.), 1974. - Ciguatoxine et poissons de récifs comestibles. *Bull. Soc. Path. Exot.* 68 (3): 320-325.
130. BAGNIS (R.), VERNOUX (J.P.), 1976. - Une conséquence indirecte de la pollution marine en milieu insulaire tropical: la ciguatera. *C.R. 13è Congrès scientifique du Pacifique. Méd. Trop.* 36 (3): 280-282.
131. BAGNIS (R.), YASUMOTO (T.), CHUNGUE (E.), CHANTEAU (S.), LABORIT (H.), LEGRAND (A.M.), 1979. - Propriétés chimiques et pharmacologiques des toxines ciguatériques. *Communication présentée au colloque international CNRS/ORSTOM sur les substances Naturelles d'intérêt biologique du Pacifique. Nouméa-Nouvelle-Calédonie, 29 août-3 septembre 1979.*
132. BAILLARD (J.M.), 1981. - Origine géologique et description d'un atoll. *Bull. Pacif. Sud.*
133. BARBOTIN (M.), BAGNIS (R.), 1968. - Syndrome cérébelleux de la ciguatera. *Document de travail SPC/ICHT/WP.15 présenté au Séminaire sur l'ichtyosarcotoxisme organisé par la CPS à Papeete (Polynésie Française) du 16 au 22 août 1968. (Existe également en anglais.)*
134. BATTISTINI (R.), et al., 1975. - Eléments de terminologie récifale. *Téthys*, 7 (1): 1-111.
135. BCEOM, 1975. - Lutte contre la pollution du lagon de Tahiti. Etude préliminaire.
136. BEAUVAIS (L.), CHEVALIER (J.P.), 1980. - La croissance périodique des Sclératiniaires actuels et fossiles. *Bull. Soc. Zool. de France*, 105 (2): 301-308.
137. BELLON (H.), BROUSSE (R.), et PANTALONI (A.), 1980. - Ages de l'île de Tubuai. L'alignement des Australes et des Cook. *Cah. Indo. Pac.* 2 (4): 207.
138. BERGES (R.) et CAUCHARD (G.), 1983. - Anomalie climatique en Polynésie: les cyclones de l'été 1982-1983. *Manureva, Polynésie Française*, 26.
139. BERNADAC (M.), GALENON (P.), SECCHI (F.), GALLET DE SAINT-AURIN (D.), 1981. - Enquête écologique sur le lagon d'un atoll des Tuamotu. *SSA Trav. Scient.*, 2: 404-407.
140. BERRIGAUT (R.), 1972. - Contribution à l'étude écologique du lagon de Moorea (Archipel de la Société, Polynésie Française). *Recherches envisagées pour un aménagement rationnel des ressources naturelles. Thèse doctorat Vétérinaire.*
141. BIRKELAND (C.), SMALLEY (T.L.), 1981. - Comparison of demersal plankton from comparable substrata from a high island and an atoll. *4th intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract: 6.*
142. BLANCHARD (F.), 1978. - Pétrographie et géochimie de l'île de Moorea,

archipel de la Société, Pacifique Central. *Thèse spécialité MHNP-EPHE.*

143. BLANCHARD (P.), 1983. - Vers une politique d'aménagement du Territoire réaliste et ambitieuse pour la Polynésie Française. 1. Une lagune à combler: 47 p.  
2. Les données de base du Territoire: 156 p.  
3. Les bases d'une politique d'aménagement du territoire: 63 p.  
*Rapport établi à la demande du Conseil du Gouvernement de la Polynésie Française - Papeete.*
144. BLANCHET (G.), 1978. - L'atoll d'Apataki et la SCEP. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Sciences Humaines*: 1, 51.
145. BLANCHET (G.), 1980. - Aspects économiques de la gestion et du développement des pêches en Polynésie Française. *20th. Conf. Pac. Sud. Port-Moresby - Papua New Guinea. 18-24 oct. 80*, 11 pp.
146. BLANCHET (G.), 1982. - Les grands filets à Ature de Tahiti. Un aspect de la pêche artisanale en Polynésie Française. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Sciences Humaines*, 6: 1; 168.
147. BLANCHET (G.), 1983. - Un exemple de petite production marchande en Polynésie Française: la pêche aux ature dans l'agglomération urbaine de Papeete. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Sciences Humaines*, 7: 1, 30.
148. BOUCHER (G.), 1973. - Nématodes libres marins des îles hautes de Polynésie. I: Comesomatidae et Axonolaimidae. *Cah. Pacif.*, 17: 205-232.
149. BOUCHER (G.), 1974. - Six espèces nouvelles du genre Rhynchonema (Rhynconematinae Nematoda) à Moorea. *Cah. Biol. mar.*, 15: 447-463.
150. BOUCHER-RODONI (R.), 1973. - Vitesse de digestion d'Octopus cyanea (Cephalopoda: Octopoda). *Mar. Biol.*, 18: 237-242.
151. BOUCHON-NAVARO (Y.), 1981. - Quantitative distribution of the Chaetodontidae on a reef of Moorea Island (French Polynesia). *J. Exp. Biol. Ecol., Elsevier, North-Holland*, 55: 145-157.
152. BOURRET (Ph.), BINET (D.), HOFFSCHIR (C.), RIVATON (J.), VELAYOUDON (H.), 1979. - Evaluation de "l'effet d'île" d'un atoll: Plancton et micronecton au large de Mururoa (Tuamotu). *ORSTOM-Nouméa*, 124 pp.
153. BOURROUILH (F.), 1977. - Géomorphologie de quelques atolls dits "soulevés" du Pacifique W et SW, origine et évolution des formes récifales actuelles. *Proceed. 2è Symp. Int. sur Les récifs fossiles. Mémoire BRGM*, 89: 419-439.
154. BROUSSE (R.), CHEVALIER (J.P.), DENIZOT (M.), SALVAT (B.), 1974. - Etude géomorphique des Iles Gambier. *Cah. Pacif.*, 18 (1): 9-119.

155. BROUSSE (R.), CHEVALIER (J.P.), DENIZOT (M.), SALVAT (B.), 1978. - Etude géomorphologique des Iles Marquises. *Cah. Pacif.*, 21: 9-74.
156. BROUSSE (R.), CHEVALIER (J.P.), DENIZOT (M.), RICHER DE FORGES (B.), SALVAT (B.), 1980. - Etude géomorphologique de l'île de Tubuai (Australes). *Cah. Indo-Pacif.*, 2 (3): 1-54.
157. BUIGUES (D.), 1982. - Sédimentation et diagénèse des formations carbonatées de l'atoll de Mururoa (Polynésie Française). *Thèse de 3è cycle. Univ. Paris Sud*: 1-203.
158. CAUCHARD (G.), INCHAUSPE (J.), 1976. - Le climat de la Polynésie. *Météorologie tropicale*, 6 (6).
159. CAUCHARD (G.), INCHAUSPE (J.), 1977. - Le temps dans l'archipel des Marquises - Aperçu climatologique. *Météorologie nationale, Monogr.*, 100: 1-31.
160. CHAINE (M.), 1982. - Etude des cyanophycées poussant sur substrats neufs artificiels en Polynésie Française (Tuamotu). *Mémoire DEA- MHN-EPHE*: 114.
161. CHAMPES (A.), 1974. - La ciguatera en Polynésie Française. *Thèse doctorat en Médecine. Montpellier*: 57 p.
162. CHANFOUR (B.), FERZOU (J.P.), BARBIER (M.), BAGNIS (R.), 1976. - 1.2. Prepanodiel from Ctenochaetus striatus (Acanthuridae), a fish from the Pacific Ocean - *Biochemical systematics and ecology*, (4): 207-208.
163. CHANFOUR (B.), 1976. - Etude comparée des extraits toxiques de muscles de deux poissons ciguatérogènes du Pacifique Sud: Ctenochaetus striatus (Quoy et Gaimard) et Plectropomus leopardus (Lacépède). *Thèse de spécialité en Océanographie. Université d'Aix-Marseille*.
164. CHANTEAU (S.), BAGNIS (R.) et YASUMOTO (T.), 1976. - Purification de la ciguatoxine de la loche Epinephelus microdon (Bleeker), *Biochimie* 58: 1149-1151.
165. CHANTEAU (S.), 1977. - Rôle d'un dinoflagellé benthique dans la biogénèse de la ciguatera. *Thèse de Spécialité en protistologie. Université de Clermont-Ferrand II*: 66 p.
166. CHANTEAU (S.), 1978. - Radioimmunologie et immunofluorescence appliquées à la ciguatera. *Rapport de stage à Honolulu (12-03 au 1-04-78 pour la Commission du Pacifique Sud. N° 370/IRM/K.IO*.
167. CHANTEAU (S.), LECHAT (I.), PARC (F.), BAGNIS (R.), 1981. - Essai de détection de la ciguatoxine par une méthode immunoenzymatique. *Bull. Soc. Path. Exot.* 74 (2): 227-232.
168. CHANTEAU (S.), DROLLET (J.H.), 1981. - Etude de l'hypersensibilité à la ciguatoxine chez la souris. *Rapport technique n°1229/IRM/OCE/12.81*.
169. CHANTEAU (S.), DROLLET (J.H.), 1982. - Etude de l'hypersensibilité retardée à la ciguatoxine chez la souris. *Rapport technique n° 485/IRM/OCE*.

170. CHARPY (L.), 1983. - Caractéristiques physiques, chimiques et sestoniques du lagon de Tikehau (Tuamotu) en octobre 1982. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie* n° 83-06: 1, 49.
171. CHARPY (L.), 1984. - Quelques caractéristiques de la matière organique particulaire du lagon. In: l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française), premiers résultats. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 22: 13, 34.
172. CHARPY (L.) et TEURI (J.), 1983. - Sels nutritifs, matière organique dissoute et particulaire et classes de taille du phytoplancton du lagon de Tikehau en mars 1983. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie* n° 83-08: 1, 36.
173. CHARPY (L.) et COUPUT (P.), 1984. - Résultats de la mission TIK 003: Environnement, matière organique particulaire et production phytoplanctonique du lagon de Tikehau et des eaux océaniques avoisinantes. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie* n° 84-07: 1, 24.
174. CHARPY (L.) et TEURI (J.), 1984. - Résultats de la mission TIK 004: Matière organique particulaire et classe de taille du phytoplancton. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie* n° 84-08: 1, 22.
175. CHARPY (L.) et MORIZE (E.), 1984. - Résultats de la mission TIK 005: Environnement océanographique de l'atoll de Tikehau; distribution verticale du phytoplancton. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie* n° 84-09: 1, 14.
176. CHEVALIER (J.P.), 1971. - Origine des formations récifales de l'île de Tahiti. *Bull. Soc. Et. Océaniques, Papeete*, 15 (2): 53-58.
177. CHEVALIER (J.P.), 1972. - Observations sur les chenaux incomplets appelés hoa sur les atolls des Tuamotu. *Proc. Symp. Corals and Coral Reefs, 1969, Mar. biol. ass. India*: 477-488.
178. CHEVALIER (J.P.), 1973. - Goemorphology et geology of coral reefs in French Polynesia. In: *Geology and biology of coral reefs, I, Academic Press, New York*: 113-141.
179. CHEVALIER (J.P.), 1974. - Aperçu sur les Scléroractiniaux des Iles Gambier. *Cah. Pacif.*, 18 (2): 615-627.
180. CHEVALIER (J.P.), 1974. - On some aspects of the microstructure of recent Scleractinia. *Proc. 2nd Intern. Coral Reef Symp., Brisbane (Australia), 1973*, 2: 345-351.
181. CHEVALIER (J.P.), 1975. - 1°. Loyalty Islands, 2°. Society Islands, 3° Tahiti, 4°. Tuamotu Islands, 5° Tubuai and Austral Islands, in *Encyclopedia of World Regional Geology*, part 1, Ed. R.H.W. Sairbridge - *The Encycl. Of Earth Sciences Series*, 8: 342, 449-451, 493-498.
182. CHEVALIER (J.P.), 1976. - Madréporaires actuels et fossiles du lagon de Taiaro. *Cah. Pacif.*, 19: 253-264.

183. CHEVALIER (J.P.), 1977. - Etude des coraux fossiles récoltés dans le forage DS DP 76 en mer profonde. *Bull. Soc. Géol. de France*, 7è sér., 18: 1307-1313.
184. CHEVALIER (J.P.), 1977. - Origin of the reef formations of Moorea island (Society Archipelago): *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami, Florida*, 2: 283-288.
185. CHEVALIER (J.P.), 1978. - Les Coraux des Marquises. *Cah. Pacif.*, 21: 243-283.
186. CHEVALIER (J.P.), 1978. - Aperçu sur la faune corallienne de la Polynésie Française. *Bull. Soc. Et. Océaniques, Pa-peete*, 17 (205): 353-366.
187. CHEVALIER (J.P.), 1978. - Les Récifs coralliens. *Rev. Palais de la Découverte*, 6 (56): 16-32.
188. CHEVALIER (J.P.), 1979. - La faune corallienne (Scléactiniaires et Hydrocoralliaires) de la Polynésie Française. *Cah. Indo-Pacif.*, 1(2): 129-151.
189. CHEVALIER (J.P.), 1979. - Scilly, atoll de l'archipel de la Société, Polynésie Française. Géomorphologie et coraux. *Bull. Antenne Tahiti Mus. natn. Hist. Nat. et EPHE*, 1: 31-33.
190. CHEVALIER (J.P.), 1979. - Origine de la faune corallienne de la Polynésie Française. 7è réunion annuelle des Sciences de la Terre, Lyon, avril 1979: 111.
191. CHEVALIER (J.P.), 1980. - La faune corallienne de l'île de Tubuai (archipel des Australes). *Cah. Indo-Pacif.*, 2 (3): 55-68.
192. CHEVALIER (J.P.), 1981. - Reef Scleractinia from French Polynesia. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manilla, Philippines*, abstract: 14.
193. CHEVALIER (J.P.), DENIZOT (M.), 1979. - Les organismes constructeurs de l'atoll de Takapoto. *J. Soc. Océanistes*, 35, (65): 31-34.
194. CHEVALIER (J.P.), DENIZOT (M.), MOUGIN (J.L.), PLESSIS (Y.), SALVAT (B.), 1969. - Etude géomorphique et bionomique de l'atoll de Mururoa (Tuamotu). *Cah. Pacif.*, 12: 1-144.
195. CHEVALIER (J.P.), DENIZOT (M.), RICARD (M.), SALVAT (B.), SOURNIA (A.), VASSEUR (P.), 1979. - Géomorphologie de l'atoll de Takapoto, *J. Soc. Océanistes*, 35 (62): 9-15.
196. CHEVALIER (J.P.), REPELIN (P.), 1978. - Observations préliminaires sur la pétrographie et paléontologie du sondage d'Echo II (Atoll de Fangataufa) Polynésie Française. *C.R. Somm. Soc. Géol. de France*, 2: 67-68.
197. CHEVALIER (J.P.), RICHARD (G.), 1976. - Les récifs extérieurs de l'atoll de Taiaro: Bionomie et évaluations quantitatives. *Cah. Pacif.*, 19: 203-226.
198. CHEVALIER (J.P.), SALVAT (B.), 1976. - Etude géomorphologique de l'atoll fermé de Taiaro. *Cah. Pacif.*, 19: 169-201.

199. CHEVRE (H.), 1971. - Relations entre la situation météorologique et le niveau des lagons dans les atolls des Tuamotu. *Cah. Océanogr.*
200. CHEVRE (H.), 1974. - Aperçu sur la météorologie des îles Gambier. *Cah. du Pacif.*, 18 (1).
201. CHUBB (L.), 1927. - The geology of the Austral or Tubuai Islands (Southern Pacific). *The Quart. Journ. of the Geol. Soc. London*, 83 (2): 291-316.
202. CHUBB (L.), 1930. - Geology of the Marquesas. *Bernice P. Bishop Museum, Bull.*, 68 (71): 3.
203. CHUNGUE (E.), 1977. - Les toxines des Scaridés. *Thèse de spécialité en Biochimie. Université des Sciences et Techniques du Languedoc*. 104 pp.
204. CHUNGUE (E.), 1980. - Essais de détection de la ciguatoxine ou du propane-diol par la mesure de leurs effets anticholinestériques éventuels. *Rapport technique n° 1125/IRM/OCE.*
205. CHUNGUE (E.), 1981. - Recherche du 1-2 propane-diol libre et lié dans des extraits ciguatoxiques de Ctenochaetus striatus, Acanthurus lineatus, Scarus gibbus et Gymnothorax javanicus. *Rapport technique n°1205/IRM/OCE.*
206. CHUNGUE (E.), BAGNIS (R.), 1976. - Distribution anatomique de la toxicité du poisson perroquet de l'espèce Scarus gibbus. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.* 35-36: 99-103.
207. CHUNGUE (E.), BAGNIS (R.), Fusetani (N.), HASIMOTO (Y.), 1976. - Isolation of two toxins from a parrotfish Scarus gibbus. *Toxicon* 15 (1): 89-93.
208. CHUNGUE (E.), BAGNIS (R.), YASUMOTO (T.), 1977. - Le complexe toxique des poissons perroquets. *Biochimie*, 59 (8-9): 739-741.
209. CHUNGUE (E.), CHANTEAU (S.), HURTEL (J.M.), BAGNIS (R.), 1979. - Etude toxicologique de plusieurs espèces d'algues benthoplanctoniques des biotopes ciguatérigènes, cultivées en milieu artificiel non axénique. *Rev. Int. Océanogr. Méd.*, 55: 33-40.
210. CHUNGUE (E.), DROLLET (J.H.), 1980. - Effets de la ciguatoxine sur l'activité cholinestérique sérique de souris intoxiquées par voie intrapéritonéale et de chats intoxiqués par voie orale. *Rapport technique n° 1135/IRM/OCE.*
211. CHUNGUE (E.), LECHAT (I.), BAGNIS (R.), 1981. - Etude préliminaire des toxines liposolubles du poisson bec de cane Lethrinus mahsena. *Rapport technique.*
212. CHUNGUE (E.), LECHAT (I.), CHEBRET (M.), FULLER (E.), 1982. - Rapport préliminaire sur la mise au point d'un test de détection de la ciguatoxicité sur moustique Aedes aegypti. *Rapport technique n° 493/IRM/OCE.*

213. COEROLI (M.), 1982. - Le développement de la production nacrrière et perlière en Polynésie Française. Document n°2 *Aquaculture, ORERO*, 1: 13 pp.
214. COEROLI (M.), 1982. - Recent innovations in cultivation of molluscs in French Polynesia. IV. Cultivation of the black lip pearl oyster. *International symposium on recent innovations in cultivation of Pacific Molluscs. La Jolla, California, 1-3 déc. 1982.*
215. COEROLI (M.), 1983. - Développement de la production nacrrière et perlière en Polynésie Française. *La Pêche Maritime*, 1268: 629, 631.
216. COLIN (C.), HENIN (C.), HISARD (Ph.) et OUDOT (C.), 1971. - Le Courant de Cromwell dans le Pacifique central en février 1970. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9 (2): 196-213.
217. COMITE SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'ETUDE DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS, 1978. - Sources et effets des rayonnements ionisants. *Rapport à l'Assemblée générale et annexes, 1977. Nations Unies, New York, 1978.*
218. COUDRAY (J.), MONTAGGIONI (L.), 1982. - Coraux et récifs coralliens de la province Indo-Pacifique: répartition géographique et altitudinale en relation avec la tectonique globale. *Bull. Soc. Géol. France*, 24 (5-6): 981-993.
219. CREMOUX (J.L.), 1980. - Résultats des croisières "Tropicales" du centre ORSTOM de Nouméa (1967-1977). Deuxième partie: Pacifique Central. (*Cruise Report: Tropical investigations, 1967-1977, Pt 2: Central Pacific*): 1, 87.
220. CREMOUX (J.L.), 1981. - Résultats des croisières faites le long de l'équateur par le centre ORSTOM de Nouméa (1964-1975). *Cruise Report: investigations in the Equatorial Pacific*: 1-91.
221. CROSSLAND (C.), 1927. - Marine ecology and coral formations in the Panama region, Galapagos and Marquesas Islands and the atoll of Napuka. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh.*, 55: 531-554.
222. CROSSLAND (C.), 1928. - Coral reefs of Tahiti, Moorea and Rarotonga. *J. Linn. Soc. London*, 36: 577-620.
223. CROSSLAND (C.), 1939. - Further notes on the Tahitian Barrier reef and lagoons. *Linn. Soc. London, Zool.* 40: 459-474.
224. CUZON (G.), LAGRAULET (J.), BAGNIS (R.), 1972. - Observations sur le métabolisme d'un poisson vénéneux des eaux tropicales. *Helgolander wissenschaft-liche Meeresuntersuchungen*, 24 (1-4): 327-332.
225. CUZON (G.), LAGRAULET (J.), BAGNIS (R.), 1973. - Les protéines sériques de *Ctenochaetus striatus*: modifications du schéma électrophorétique chez les poissons ciguatérigènes. *C.R. Soc. Biol.* 167 (1): 79-83.

226. DALY (R.), 1915. - The glacial control theory of coral reefs. *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, 2 (51): 175-251.
227. DANA (J.), 1849. - Geology. U.S. Exploring Expeditions. *Philadelphia, Pennsylvania*.
228. DANA (J.), 1886. - A dissected volcanic mountain (Tahiti), some of its revelations. *Amer. J. Sci.*, 3 (32): 247-255.
229. DANDONNEAU (Y.), CHARPY (L.), 1984. - An empirical approach to the island mass effect in the south tropical Pacific based on sea surface chlorophyll concentrations. *Deep Sea Research. Sous presse*.
230. DARWIN (C.), 1842. - The structure and distribution of Coral reefs: *Appleton Century Crofts, New York*.
231. DAVIS (W.), 1918. - Les falaises et les récifs coralliens de Tahiti. *Ann. Géogr.*, 27: 241-284.
232. DAVIS (W.), 1928. - The coral reef problem. *Amér. Geogr. Soc. Spec. Publ.*, 9: 1-596.
233. DEBIE (E.), RAYMOND (A.), DENARDI (J.L.). - Etude sur l'origine du mercure présent en milieu lagunaire dans la région de Papeete. *Rapport CEA- R-5192: 1, 14*.
234. DELESALLE (B.), 1982. - Un atoll et ses problèmes: Mataiva et ses phosphates (An atoll and its problems: Mataiva and its phosphates). *Océanis*, 8 (4): 329.
235. DELESALLE (B.) et al., 1984. - Geology and Biology of the atoll of Mataiva, Tuamotu archipelago, French Polynesia. *Atoll Res. Bull. Sous presse*.
236. DELOINCE (R.), MORICART (Y.), NIAUSSAT (P.), DROUET (J.), BAGNIS (R.), FAUCOMPRES (CH.), NEVEUX (Y.), 1974. - Etude de l'activité anticholinestérasique d'extraits ciguatoxiques de Ctenochaetus striatus et Plectropomus leopardus à l'aide d'une méthode histoenzymologique. *Travaux scientifiques du CRSSA 60: 188-191*.
237. DENARDI (J.L.), RAYMOND (A.), 1981. - Etude des conséquences pour le lagon de Taunua des travaux d'extension du port de Papeete. *Rapport CEA. Sous presse*.
238. DENEÛFBOURG (G.), 1969. - Les forages de Mururoa. *Cah. Pacif.*, 13: 47-58.
239. DENIZOT (M.), 1967. - Intérêt biogéographique de quelques algues marines. *C.R. Soc. Biogéogr.*, 381/ 10-14.
240. DENIZOT (M.), 1968. - Les floridées encroûtantes (à l'exclusion des corallinacées). *Thèse doctorat d'Etat. MHN. EPHE*.
241. DENIZOT (M.), 1969. - Introduction de quelques algues en Polynésie Française et variations saisonnières. *Bull. Soc. Phycol. de France*, 13-14: 33-35.
242. DENIZOT (M.), 1969. - Mesure de la lumière sous-marine. *Bull. Soc. Phycol. de France*, 13-14: 40-42.
243. DENIZOT (M.), 1971. - La végétation des aires sableuses et des dunes

- en Polynésie Française. *Coll. Soc. Bot.*, 19-20 nov. 1971; *Coll. Phytosociol.*, : 25-30.
244. DENIZOT (M.), 1971. - La végétation terrestre et sous-marine des atolls. *Bull. Soc. Hort. Hist. Nat. Hérault.*, 3 (4): 133-136.
245. DENIZOT (M.), 1972. - Sur le rôle constructeur des algues dans les récifs de Polynésie Française. *Proc. Symp. Coral Reefs, 1969, Mar. biol. ass. India*: 497-505.
246. DENIZOT (M.), 1977. - L'importance des algues marines microscopiques. *Bull. Soc. Hort. Hist. Nat. Hérault*, 117 (3-4): 75-78.
247. DENIZOT (M.), 1979. - Scilly, atoll de l'archipel de la Société, Polynésie Française. Algues de Scilly. *Bull. Antenne Tahiti Mus. natn. Hist. Nat. et EPHE*, 1: 55-58.
248. DENIZOT (M.), 1980. - La végétation algale de Tubuai. *Cah. Indo-Pacif.*, 2 (4): 241-254.
249. DENIZOT (M.), BAGNIS (R.), 1974. - Les problèmes de la répartition des récifs à algues en Polynésie Française. Essai d'explications écologiques. *Bull. Soc. Phycol. de France*, 19: 168-170.
250. DENIZOT (M.), FARGHALY (M.S.), 1979. - A propos de 3 espèces nouvelles d'Udotacées (Caulerpales, Chlorophycées) considérées comme appartenant au genre *Rhipiliopsis*. *Coll. Soc. Phyc. Fr., Ontogénèse et Morphogénèse des Algues, Banyuls 22-23/09/78. Rev. Algol., nlle sér.*, 14 (1): 63-83.
251. DENIZOT (M.), FARGHALY (M.S.), 1981. - The Genus *Tydemania* (Chlorophyta): structure, phylogeny and ecology. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract*: 18.
252. DESROSIERES (R.), WAUTHY (B.), 1952. - Distribution du phytoplancton et structure hydrologique dans la région des Tuamotu (océan Pacifique Central). *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, 10 (3): 275-287.
253. D'HAUTESERRE (M.A.), 1960. - Les perturbations atmosphériques et le climat de la Polynésie Française. *Météorologie Nationale, Monogr.*, 18: 1, 62.
254. D'HAUTESERRE (M.A.), 1970. - La température de la mer dans les atolls. *MET/MAR, Météorologie Nationale*, 68.
255. DONGUY (J.R.), HENIN (C.), 1976. - Anomalous navifacial salinities in the tropical Pacific Ocean. *Journal of Mar. Research*, 34 (3): 355-364.
256. DONGUY (J.R.), HENIN (C.), 1980. - Surface conditions in the eastern equatorial Pacific related to the intertropical convergence zone of winds. *Deep. Sea Research*. 27A: 693-714.
257. DONGUY (J.R.), HENIN (C.), JARRIGE (F.), ROUGERIE (F.), 1974. - Esquisse dynamique et hydrologique du Pacifique Central Sud. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 12 (2): 129-139.
258. DONGUY (J.R.), ROTHSCHI (H.), 1970. - Sur un courant est dans le Pacifique central tropical sud. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 271: 869-872.

259. DONGUY (J.R.), ROUGERIE (F.), 1977. - Résultats de la croisière DANAIDES II du N.O. Coriolis. *ORSTOM Nouméa*.
260. DOUMENC (D.), 1973. - Notes sur les Actinies de Polynésie Française. *Cah. Pacif.*, 17: 173-204.
261. DOUMENGE (F.), 1963. - L'île de Makatea et ses problèmes (Polynésie Française). *Cah. Pac.*, 5: 41-68.
262. DOUMENGE (F.), 1966. - L'homme dans le Pacifique Sud. *Publ. Soc. Océanistes, Musée de l'Homme, Paris*, 19: 1, 633.
263. DROLLET (J.H.), 1975. - Etude des effets d'une acholie intermittente expérimentale sur l'absorption intestinale des toxines de la ciguatera. *Rapport technique*.
264. DROLLET (J.H.), 1981. - Influence du mode d'injection sur l'efficacité de la ciguatoxine chez la souris blanche de laboratoire. *Rapport technique n°705/IRM/OCE*.
265. DROLLET (J.H.), 1981. - Electrophorogrammes comparés sur gel de polyacrylamide des protéines sériques de poissons sains et vénéneux de deux poissons herbivores microphages. *Rapports techniques n° 1140/IRM/OCE et 613/IRM/OCE/05.81*.
266. DROLLET (J.H.), POLI (G.), 1973. - Etude écologique sommaire du lagon de Maupiti en relation avec la ciguatera.
267. DROLLET (J.H.), THEVENIN (S.), BAGNIS (R.), 1973. - Aperçu sur la répartition de l'ichtyosarcotoxine provoqué par C. striatus à Tahiti. *Rapport technique*.
268. DROLLET (J.H.), THEVENIN (S.), LEGRAND (A.M.), BAGNIS (R.), 1980. - Essais de protection pharmacologique de souris intoxiquées par des extraits ciguatérogènes de poissons perroquets Scarus gibbus. *Rev. Méd. Vét.* 13 (4): 331-337.
269. DROUET (J.), NIAUSSAT (P.), BAGNIS (R.), FAUCOMPRES (Ch.), CHANFOUR (B.), DELOINCE (R.), 1974. - Etude neurophysiologique de deux fractions d'extraits ciguatoxiques de poissons Acanthuridés (C. striatus). *Travaux scientifiques du C.R.S.S.A.* 61: 191-194.
270. DUCOUSSO (R.), GUEZENGAR (J.M.), BOUTTE (J.), MADELMONT (C.), 1982. - Etude de l'Irradiation Naturelle Externe en Polynésie Française. Comparaison entre une île haute (Tahiti) et un atoll (Hao). *IPSN. D.Pr.- CEN-FAR. Rapport CEA-R-5148*, 1982.
271. DUFOUR (H.), RAYMOND (A.), SIU (P.), 1984. - Contribution à l'étude des lagons de l'atoll de Rangiroa. *Rapp. CEA-IPSN (à paraître)*.
272. DUNCAN (R.), McDOUGALL (I.), 1974. - Migration of volcanism with time in the Marquesas Islands, French Polynesia. *Earth Planet. Sc. Let.*, 21: 414-420.
273. EHRHARDT (J.P.), 1971. - Etat actuel des expérimentations en France sur les extraits ciguatoxiques. *Rev. Intern. Oceanogr. Med.* 22-23: 151-163.
274. EHRHARDT (J.P.), 1976. - Hydrobiologie du lagon de Clipperton. *Cah. Pac.* 19: 89-112.

275. EHRHARDT (J.P.), et NIAUSSAT (P.), 1974. - Données récentes sur la bathymétrie et l'hydrologie du lagon de Clipperton. *Annales Hydrographiques, Paris*: 497-521.
276. ENGLAND (K.W.), 1971. - Actinaria from Mururoa atoll (Tuamotu, Polynesia): Hormatiidae: *Calliactis polypus* Sagaridae: *Verrillactis* n. gen. *paguri*. *Cah. Pacif.*, 15: 23-40.
277. FARGHALY (M.S.), DENIZOT (M.), 1979. - Le genre *Rhipiliopsis*. Définition et place dans les Caulerpales (Chlorophycées). *Rev. Algol., nlle sér.* 14 (2): 169-184.
278. FARRAR (E.), DIXON (J.), 1981. - Early tertiary rupture of the Pacific plate: 1700 km of dextral offset along the Emperor trough - Line Islands lineament. *Earth Planet Sci. Lett.*, 53: 307-322.
279. FAUCOMPRES (C.), FERZOU (J.P.), BAGNIS (R.), CHANFOUR (B.), NIAUSSAT (P.M.), DROUET (J.), 1975. - Ciguatera: mise en évidence neurophysiologique de la toxicité de diverses fractions ciguatoxiques. *Bull. Soc. Path. Exot.* 68 (1): 105-115.
280. FAURE (G.), LABOUTE (P.), 1984. - Formations récifales I: Définition des unités récifales et distribution des principaux peuplements de scléactiniaires. In: L'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française), premiers résultats. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 22: 108, 136.
281. FISCHER (J.C.), SALVAT (B.), 1971. - Paléoécologie et écologie des mollusques dans les complexes récifaux coralliens. *Haliotis*, 1 (2): 65-103.
282. FONTAINE (M.), 1973. - Experimental genital maturation and endocrine diseases in fish. Pacific Science Association. *Special Symp. on mar. sc., Hong Kong, Session 3 Mariculture*: 75-76.
283. FONTAINE (M.), 1976. - Hormones and the control of reproduction in aquaculture. *J. Fish. Res. Board Can., Proc. 13th Pacific Sc. Congr., Vancouver 1975*, 33 (4), pt 2: 922-939.
284. FONTAINE (M.), 1978. - Evolutive aspects of the hormonal control of calcenia. *6th Asia and Oceania Congr. of Endocrinology, Singapore, published by the endocrine and metabolic Society of Singapore, abstract*: 9.
285. FONTAINE (M.), 1979. - Physiological and biochemical mechanisms of the adaptation and preadaptation of amphihaline fish to changes of environment. *14th Pacif. Sc. Congr., USSR Khabarovsk, august 1979, abstract*: 194-195.
286. FONTAINE (M.), 1979. - La méthodologie des recherches d'écophysiologie fondamentale et appliquée au service du Tiers Monde. *Rev. Tiers Monde*, 20 (78): 251-253.
287. FONTAINE (M.), BAUD (C.A.), CHARTIER-BARADUC (M.M.), DEVILLE (J.), LOPEZ (E.), 1974. - De quelques particularités du métabolisme du calcium chez les Scaridés des îles Gambier. *Cah. Pacif.*, 18 (2): 579-584.

288. FONTAINE (M.), DELERUE-LE BELLE (N.), LALLIER (F.) et LOPEZ (E.), 1982. - Toutes les anguilles succombent-elles après la reproduction et frayent-elles nécessairement en mer? *C.R. Acad. Sc. Paris*, 294: 809-811.
289. FONTAINE (M.), DEVILLE (J.), LOPEZ (E.), 1973. - Ecology and the regulation of calcium metabolism in coral grazer parrotfish. *Océanography of the South Pacific 1972, Comp.r. Fraser. New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington*, 367-371.
290. FONTAINE (M.), LOPEZ (E.), PEIGNOUX-DEVILLE (J.), 1973. - Des relations existant entre l'activité de deux formations endocrines (corps ultimo-branchial et corpuscules de Stannius), l'importance du squelette, la nature de la biocénose et le régime alimentaire chez certains Scaridés (Pacifique et Méditerranée). *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 276, sér. D: 2969-2972.
291. FONTAINE (M.), MARCHELIDON (J.), TAXIT (R.), 1978. - Dissolved free amino acids in sea water and organic pollution. *Mar. Pollut. Bull.*, 9: 17-19.
292. FONTAINE (M.), MOMZIKOFF (A.), TAXIT (R.), BERNADAC (M.), CHENNEBAULT (G.), 1981. - Riboflavin contents in corals and release of this vitamin in the ecosystem. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract: 20.*
293. FOURMANOIR (P.), GRIESSINGER (J.M.), PLESSIS (Y.), 1974. - Faune ichtyologique des Gambier. *Cah. Pacif.*, 18 (2): 543-559.
294. FOURMANOIR (P.), GRIESSINGER (J.M.), PLESSIS (Y.), 1976. - Faune ichtyologique des Gambier. *Cah. Pacif.* 18 (2): 575-578.
295. FRAIZIER (A.), SIU (P.). - Etude hydrologique du lagon de Rangiroa en relation avec l'élevage d'un poisson, le Chanos chanos. *Rapport CEA R-5047.*
296. FRAIZIER (A.), 1980. - Etudes des conséquences des travaux de dragage du chenal de Taunoa. - *Note CEA N-2168: 1, &é.*
297. GALLE (P.), 1982. - Toxiques nucléaires. *Masson.*
298. GALONNIER (M.), LEGRAND (A.M.), 1981. - Etude pharmacologique de la plante médicinale Ximenia elliptica de la famille des Olacacées. *Rapport technique n° 313/IRM/OCE.*
299. GALZIN (R.), 1971. - Richesse et productivité des écosystèmes lagunaires et récifaux. Application à l'étude dynamique d'une population de Pomacentrus nigricans du lagon de Moorea, Polynésie Française. *Thèse spécialité MHN-EPHE.*
300. GALZIN (R.), 1976. - Biomasse ichtyologique dans les écosystèmes récifaux. Etude préliminaire de la dynamique d'une population de Pomacentrus nigricans du lagon de Moorea (Société, Polynésie Française). *Rev. Trav. Inst. Pech. Marit.*, 40 (3-4): 575-578.
301. GALZIN (R.), 1978. - Régime alimentaire de l'atoti (Pomacentrus nigricans), espèce dominante des récifs frangeants (Moorea, Polynésie Française). *Bull. Soc. Et. Océaniennes, Papeete*, 17 (205): 343-352.

302. GALZIN (R.), 1979. - Scilly, atoll de l'archipel de la Société, Polynésie Française. Contribution à l'inventaire de la faune ichtyologique de Scilly. *Bull. Antenne Tahiti Mus. Natn. Hist. Nat. et EPHE*, 1: 52-54.
303. GALZIN (R.), 1979. - La faune ichtyologique d'un récif corallien de Moorea, Polynésie Française. Echantillonnage et premiers résultats. *La Terre et la Vie*, 33: 623-643.
304. GALZIN (R.), TRILLES (J.P.), 1979. - Sur la présence de Cymothoe pulchrum, Lanchester 1901 (Isonoda, Flabellifera, Cymothoidae) en Polynésie Française. *Crustaceana*, 36, 3: 257-267.
305. GOURBAULT (N.), 1977. - Etude descriptive et cytotaxonomique d'une planaire polynésienne, Dugesia tahitiensis, N. sp. (Turbellarié, Triclade). *Annls Limnol.*, 13 (2): 211-220.
306. GOURBAULT (N.), 1978. - Une nouvelle planaire primitive d'origine marine, Turbellarié Triclade, de Polynésie. *Cah. Biol. Mar.*, 19: 23-36.
307. GROS (R.), 1980. - Développement agricole et problèmes de pollution de l'environnement sur atolls. *Conférence technique régionale de la culture sur les atolls, Papeete, 14-19 avril.*
308. GROS (R.), FRAIZIER (A.). - La diversification au laboratoire d'Etude et de Surveillance de l'Environnement. *Bulletin D.A.M.*
309. GROS (R.), JARRIGE (F.), FRAIZIER (A.), 1980. - Hydrologie de la zone nord-ouest du lagon de Rangiroa. *Rapport C.E.A. -R - 5028, 11 pages.*
310. GUEZENGAR (J.M.), BOUVILLE (A.), MADELMONT (C.), 1980. - Etude sur l'Irradiation Naturelle en France. Description des premiers résultats du programme du CEA. *IPSN - D. Pr. SPPS - SPS CEN-FAR - Note CEA N-2108. Février 1980.*
311. GUEREDRAT (J.A.), DESROSIERES (R.), et MAGNIER (Y.), 1976. - Etude hydrologique et biologique du lagon de Vairao et de ses bords extérieurs. *Rap. de Convention ORSTOM-CNEXO*, 25 pp.
312. GUEREDRAT (J.A.), ROUGERIE (F.), 1978. - Etude physico-chimique et planctologique du lagon de l'atoll de Takapoto. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 1 : 1, 39.
313. GUILCHER (M.), 1964. - Panorama des Iles de la Société (Polynésie). *Bull. Ass. Géog. Fr.*, 320-321: 54-57.
314. GUILCHER (A.), DENIZOT (M.), BERTHOIS (L.), 1966. - Sur la constitution de la crête externe de l'atoll de Mopelia ou Mapihoa (îles de la Société) et de quelques autres récifs voisins. *Cah. Océanogr.*, 18: 851-856.
315. GUILCHER (A.), BERTHOIS (L.), DOUMENGE (L.), MICHEL (A.), SAINTREQUIER (A.) et ARNOLD (R.), 1969. - Les récifs et lagons coralliens de Mopelia et de Bora-Bora (îles de la Société). *Mém. ORSTOM n°38: 103 pages.*

316. GURGEL (I.), VASSEUR (P.), 1975. - Etude systématique et écologique des Bryozoaires de Polynésie Française (Pacifique Sud). *Proc. 13th. Pacif. Sc; Congr., Vancouver 1975*, 1: 126.
317. HALLE (N.), 1980. - Les Orchidées de Tubuai (archipel des Australes, sud Polynésie). *Cah. Indo-Pacif.*, 2 (3): 69-130.
318. HARMELIN-VIVIEN (M.), 1984. - Distribution quantitative des poissons herbivores dans les formations coralliennes. In: l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française) premiers résultats. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 22: 81, 107.
319. HEEZEN (B.), MacGREGOR (I.), FOREMAN (H.), FORRISTAL (G.), HEKEL (H.), HESSE (R.), HOSKINS (R.), JONES (E.), KANEPS (A.), KRASHENINNIKOV (V.), OKADA (H.), RUEF (M.), 1973. - Diachronous deposits: a kinematic interpretation of the Post Jurassic sedimentary sequence on the Pacific plate. *Nature*, 241: 25-32.
320. HENIN (C.) et al., 1980. - Rapport de la campagne THON-AUSTRALES 01 à bord du N.O. Coriolis, 1er février-1er avril 1978. (*Cruise Report: "THON AUSTRALLES 01" on board R.V. Coriolis, February 1st-April 1st 1978.*)
321. HENIN (C.) et al., 1981. - Rapport des transits valorisés à bord du N.O. Coriolis NCT 2 et TNC 2. (Scientific observations during transits NCT 2 and TNC 2 between New Caledonia and Tahiti.) : 1, 23.
322. HISARD (P.), JARRIGE (F.), 1967. - Résultats des observations physico-chimiques de la croisière "BRISANTS" du N.O. Coriolis. *ORSTOM-NOUMEA*, 7: 1-38.
323. HENOCQUE (Y.), 1977. - Etude de la croissance de Mollusques bivalves par examen des stries d'accroissement de leur coquille. *Tridacna maxima. Tapes decussatus. Mémoire diplôme EPHE.*
324. HENOCQUE (Y.), 1980. - L'âge du bénitier *Tridacna maxima* (Mollusques-Bivalves) par examen des stries de croissance de sa coquille. *Bull. Soc. Zool. de France*, 105 (2): 309-312.
325. HOLYOAK (D.T.), THIBAUT (J.C.), 1975. - Introduced tanagers on tahiti, Society islands. *Bull. B.O.C.*, 95 (3): 106.
326. HOLYOAK (D.T.), THIBAUT (J.C.), 1976. - La variation géographique de *Gygis alba*. *Alauda*, 44 (4): 457-473.
327. HOLYOAK (D.T.), THIBAUT (J.C.), 1978. - Notes on the biology and systematics of polynesian swiflets, *Aerodramus*. *Bull. B.O.C.*, 98 (2): 59-66.
328. HUNT (C.D.), PETERSON (F.L.). - Groundwater resources of Kwajalein island. *Water Resources Research Center, Univ. Hawaii, Technic Rept.* 126.
329. HURTEL (J.M.), 1978. - Culture au laboratoire de quelques algues unicellulaires potentiellement toxigènes. *Rapport technique n°455/IRM/K.10.*
330. HURTEL (J.M.), CHANTEAU (S.), DROLLET (J.H.), BAGNIS (R.), 1979. - Culture en milieu artificiel du dinoflagellé respon-

sable de la ciguatera. *Rev. Intern. Oceanogr. Med.*  
55: 29-33.

331. IDDINGS (J.), 1918. - The petrology of some South Pacific Islands and its significance. *Proc. of the Nat. Ac. Sc.*, 4: 110-177.
332. INEICH (I.), 1982. - Contribution à l'étude des reptiles terrestres de Polynésie Française. Taxinomie, Ecologie et biogéographie. *Mémoire DEA-MHNP-EPHE.*
333. INOUE (A.), 1982. - Report related to studies carried on ciguatera at Institut Malardé. *Rapport Technique n° 665/IRM/OCE.*
334. INOUE (A.), YASUMOTO (T.), BAGNIS (R.), 1977. - A preliminary experiment on the culture of *Diplopsalis* sp. nov. *Rapport Technique N° 89/IRM/K.10.*
335. INTES (A.), 1982. - Examen critique de la réglementation concernant la pêche aux huîtres nacrées et perlières en Polynésie Française. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie n°82-01: 1, 9.*
336. INTES (A.), 1982. - La nacre en Polynésie Française (*Pinctada margaritifera* Linné, *Mollusca, Bivalvia*). Evolution des stocks naturels et de leur exploitation. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 16: 1, 49.
337. INTES (A.), 1983. - L'huître nacrée et perlière en Polynésie Française: Bibliographie. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie n°83-01: 1, 7.*
338. INTES (A.), 1984. - Présentation générale de l'atoll. In: L'Atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française) premiers résultats. *ORSTOM-Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 22: 4, 12.
339. INTES (A.), 1984. - L'huître nacrée et perlière en polynésie Française: Mutation de l'exploitation. *La Pêche Maritime*, 1272: 160, 166.
340. INTES (A.) et Coeroli (M.), 1982. - Mission Gambier. *ORSTOM-Tahiti, Archives d'Océanographie n° 82-02: 1, 12.*
341. JAMES (P.), 1982. - L'appât vivant dans les Tuamotu du Nord-Ouest (Polynésie Française). *ORSTOM-Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.* 14: 1, 54.
342. JARRAD (R.), TURNER (D.), 1979. - Comments on 'lithospheric flexure and uplifted atolls' by M. McNutt and H. W. Menard. *J. Geophys. Res.*, 84: 5691-5694.
343. JAUBERT (J.), 1977. - Light, metabolism and growth forms of the hematyptic scleratinian coral *Synarea convexa* Verill in the lagoon of Moorea (French Polynesia). *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp.*, Miami, Florida, 1: 483-488.
344. JAUBERT (J.), 1977. - Light, metabolism and the distribution of *Tridacna maxima* in a South Pacific atoll: Takapoto (French Polynesia). *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp.*, Miami, Florida, 1: 489-494.

345. JAUBERT (J.), 1981. - Variations of the shape and of the chlorophyll concentration of the scleractinian coral Synarea convexa Verrill: Two complementary processes adapt to light variations. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract: 3.*
346. JAUBERT (J.), MEINESZ (A.), 1981. - Light dependent growth forms of Caulerpa urvilliana Montagne in the lagoon of the atoll of Takapoto (French Polynesia). *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract: 31.*
347. JAUBERT (J.), THOMASSIN (A.), VASSEUR (P.), 1976. - Morphologie et étude bionomique préliminaire de la pente externe du récif de Tiāhura, île de Moorea, Polynésie Française. *Cah. Pacif.*, 19: 299-323.
348. JOUIN (C.), 1979. - Description of a free Polychaete without gut: Astomus teanioides N. gen., N. sp. (Protodrilidae, Archiannelida). *Can. J. Zool.*, 57 (12): 2448-2456.
349. KAEUFFER (H.), BAGNIS (R.), CLAVERIE (A.), VERNOUX (J.P.), LAIGRET (J.), 1974. - Hypersensibilité de type immédiat dans la ciguatera. Phénomène d'Arthus actif chez les animaux de laboratoire. *Rapport technique.*
350. KAEUFFER (H.), BAGNIS (R.), CLAVERIE (A.), VERNOUX (J.P.), 1975. - Etude immunologique comparée d'extraits protéiques de poissons vénéneux et non vénéneux. *Bull. Soc. Path. Exot.* 68 (4): 426-431.
351. KAEUFFER (H.), BAGNIS (R.), CHANTEAU (S.), CHUNGUE (E.), DROLLET (J.H.), PLICHART (R.), THEVENIN (S.), 1976. - L'herpysensibilité dans l'ichtyosarcotoxisme de type ciguatérique: modèle expérimental. *Bull. Soc. Path. Exot.* 69 (5): 446-449.
352. KAEUFFER (H.), BOULAY (M.), CLAVERIE (A.), PLICHART (R.), BAGNIS (R.), 1975. - Expérimentation de circulation croisée chez le chat après intoxication ciguatérique expérimentale par voie orale. *Rapport technique.*
353. KROPP (R.K.), BIRKELAND (C.), 1981. - Comparison of Crustaceans associates of Pocillopora from high islands and atolls. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract: 36.*
354. KUHLMANN (D.H.H.), 1980. - Coral associations and their value for paleontological research. *Acta paleontologica polonica*, 25 (3-4): 459-466.
355. KUHLMANN (D.H.H.), 1981. - On the composition and ecology of deepwater coral association. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract: 36.*
356. LABORATOIRE NATIONAL DE CHRISTCHURCH (NEW-ZEALAND), 1967 à 1983. - Rapports annuels de 1967 à 1983.  
Rapports particuliers:  
- 3 rapports partiels sur les retombées des campagnes 1971-1972-1973.  
- 1 synthèse des années 1976-1980.  
- 1 étude sur les îles Christmas.

357. LABORIT (H.), BARON (C.), FERRAN (C.), LABORIT (G.), 1979. - Etude biochimique et neurophysiologique de quelques toxines de poisson. *Agressologie*, 20 (2): 81-96.
358. LACAN (F.), MOUGIN (J.L.), 1974. - Les Oiseaux de l'archipel des Gambier. *Cah. Pacif.*, 18 (2): 533-542.
359. LACAN (F.), MOUGIN (J.L.), 1974. - Les Oiseaux des îles Gambier et de quelques atolls orientaux de l'archipel des Tuamotu (océan Pacifique). *L'Oiseau et r.f.o.*, 44 (3): 191-280.
360. LACROIX (A.), 1927. - La constitution lithologique des îles volcaniques de la Polynésie australe. *Mém. Ac. Sc., Paris*, 59 : 1-82.
361. LAIGRET (J.), BAGNIS (R.), 1969. - Traumatismes, envenimations et intoxications alimentaires causées par les animaux aquatiques. In *Encycl. Méd. Chir. (Intoxications)*, 16078, C. 10: 1-18.
362. LAIGRET (P.), PARC (F.), CHANTEAU (S.), DUCOUSSO (R.), LAFON (M.), LECHAT (I.), BAGNIS (R.), 1981. - Détection radioimmunologique directe de la ciguatoxine dans les tissus pisciaires: absence actuelle d'immun-sérum spécifique. *Médecine et Armées*, 9 (4): 337-339.
363. LAMBERT (G.), 1984. - La radioactivité atmosphérique. Juillet-Août 1984.
364. LARRAMENDY (M.T.), DENARDI (J.L.), 1983. - Etude de l'évolution physico-chimique et bactériologique des lagons de Tahiti et de Moorea. *Rapport CEA. Sous presse.*
365. LAVONDES (H.), RICHARD (G.) et SALVAT (B.), 1973. - Noms vernaculaires et usages traditionnels de quelques coquillages des Marquises. *J. Soc. Océanistes*, 29 (39): 121-137.
366. LE BOURHIS (J.), WAUTHY (B.), DESROSIERES (R.), MICHEL (A.), 1967. - Résultats de production primaire des croisières "ATOLL" et "BRISANTS" du N.O. Coriolis. *OFSTOM-Nouméa*, 8: 1, 32.
367. LE CALVEZ (Y.), SALVAT (B.), 1980. - Foraminifères des récifs et lagons coralliens de Moorea, île de la Société. *Cah. Micropaléontol.*, 4: 3-20.
368. LECONTE (T.), DRAY (F.), 1982. - Effets de la ciguatoxine sur l'agrégation plaquettaire. *Communication présentée à la 2ème Table Ronde sur la Ciguatera. Institut Pasteur de Paris, 4 février 1982.*
369. LE GALL (J.Y.), HALLIER (J.P.), GALLET (F.) et Walico (H.), 1982. - Résultats de la campagne PROSGERMON à bord du N.O. Coriolis, 12 février-4 mars 1982. (Cruise Report: "PROSGERMON" on board R.V. Coriolis, February 12-March 4, 1982): 1-60.
370. LEGRAND (A.M.), RENTLER (J.F.), BAGNIS (R.), 1979. - Ciguatera: Effets cardiaques chez le chat et le rat intoxiqués expérimentalement. *Revue Méd. Vét.* 130 (12): 1659-1667.
371. LEGRAND (A.M.), 1980. - Recherche d'une éventuelle affinité de la ci-

guatoxine pour certains récepteurs connus du système nerveux. *Rapport Technique* n° 903/IRM/O.M.

372. LEGRAND (A.M.), GALONNIER (M.), 1981. - Etude comparée sur l'animal entier des principales toxines ciguatériques CTX et MTX. *Rapport Technique* n° 287/IRM/OCE.
373. LEGRAND (A.M.), GALONNIER (M.), 1981. - Etude comparée sur organes isolés des trois principales toxines mises en jeu dans la ciguatera. *Rapport Technique* n° 393/IRM/OCE.
374. MacNEIL (F.), 1954. - The shape of atolls: an inheritance from sub-aerial erosion forms. *Amer. J. Science*, 252: 402-427.
375. MAGNIER (Y.) et WAUTHY (B.), 1976. - Esquisse hydrologique du lagon de Takapoto (Tuamotu). *Cah; ORSTOM, sér. Océanogr.*, 14 (4): 279-287.
376. MARCHAND (Ph.), 1979. - "L'énergie thermique des mers", *La Recherche*, 105 (10): 1078-1089.
377. MARSHALL (P.), 1911. - Alkaline rocks of the Cook and Society Islands. *Australasian Assoc. Adv. Sc.*, 13: 361-376.
378. MARSHALL (P.), 1915. - The geology of Tahiti. *New Zealand Inst. Trans. and Proc.*, 47: 361-376.
379. McNUTT (M.), MENARD (H.), 1978. - Lithospheric flexure and uplifted atolls. *J. Geophys. Res.*, 83: 1206-1212.
380. McNUTT (M.), MENARD (H.), 1979. - Reply. *J. Geophys. Res.*, 84: 5695-5697.
381. MEINESZ (A.), 1980. - Sur la reproduction de l'*Udotea javensis* A. et E.S. Gepp (Udotéacée, Caulerpale). *Phycologia*, 19 (1): 82-84.
382. MEINESZ (A.), JAUBERT (J.), DENIZOT (M.), 1981. - Preliminary note of the distribution of the algae belonging to the genus *Caulerpa* in French Polynesia (atoll de Takapoto and Island of Moorea). *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract*: 41.
383. MENARD (H.), 1969. - Growth of drifting volcanoes. *J. Geophys. Res.*, 74: 4827-4837.
384. MERCIER (J.P.), 1978. - Les problèmes de pollution marine dans les Territoires Français du Pacifique. *Publication du Ministère de la Culture et de l'Environnement*. 89 pages.
385. METEOROLOGIE NATIONALE, 1979. - Projet marisonde. Bouées pour PEMG. *2ème dossier*.  
Anonyme, 1979. - Vent, cyclones et houles en Polynésie F.  
Anonyme, 1982. - Notes succinctes sur l'insolation, le vent, les houles... en Polynésie Française.
386. MEYER (X.), 1980. - Les ressources en eau douce d'un atoll. *Conf. Techn. de la culture sur les atolls, Papeete, 14-19 avril 1980*.
387. MICHEL (A.), 1969. - Plancton du lagon et des abords extérieurs de l'atoll de Mururoa. *Cah. Pacif.*, 13: 81,132.
388. MICHEL (A.), COLIN (C.), DESROSIERES (R.), et OUDOT (C.), 1971. -

Observations sur l'hydrologie et le plancton des abords et de la zone des passes de l'atoll de Rangiroa (Archipel des Tuamotu, Pacifique Central). *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9 (3): 375-402.

389. MIZUNO (K.), 1982. - Etude sur la perliculture n° 1. *Service Pêche Tahiti, rapport int. 1*: 10 p.  
- Etude sur la perliculture n° 2. *ORERO Tahiti, rapport int. 2*: 25 p.  
- Etude sur la perliculture n° 3. *ORERO Tahiti, à paraître*.
390. MIZUNO (K.), 1980. - Te Moana Hauriuri. *Service Pêche Tahiti, Doc. Technique*, 1: 48 pp.
391. MONIOD (F.). - Etude hydrologique des Iles Gambier. *Cah. Pacif.*, 1 (18): 291-325.
392. MONTAGGIONI (L.), PIRAZZOLI (P.), 1983. - Utilisation des grès et conglomérats récifaux émergés en tant qu'indicateurs des variations récentes du niveau marin. *Colloque 'Grès de plage', CNRS, Lyon, nov. 1983*.
393. MONTAGGIONI (L.), PIRAZZOLI (P.), 1984. - The significance of exposed reef conglomerates (French Polynesia) as indicator of relative sea-level changes. *Coral Reefs. Sous presse*.
394. MONTAGGIONI (L.), RICHARD (G.), BOURROUILH (F.), GABRIE (C.), HUMBERT (L.), MONTEFORTE (M.), NAIM (O.), PAYRI (C.), SALVAT (B.), 1983. - Aspects to the geology and marine biology of Makatea, an uplifted atoll, Tuamotu archipelago, French Polynesia. *Colloque International Society for Reef Studies. Nice, 8-9 déc., 1983. Abstract*.
395. MOREAU (J.P.), FEVAI (G.), BAGNIS (R.), 1971. - Etude de la pollution du lagon de Tahiti par des germes d'origine fécale. *Rev. Epidém. Méd. Soc. et Santé Publique*, 17 (7): 613-626.
396. MOUGIN (J.L.), STOCKMANN (R.), 1969. - Remarques sur un scorpion *Homurus australasiae* dans le régime alimentaire d'un courlis d'Alaska *Numenius tahitiensis* en Polynésie. *Cah. Pacif.*, 13: 187-189.
397. MORIZE (E.), 1982. - Le stock naturel de nacres (*Pinctada margaritifera* L.) dans l'atoll d'Hikueru. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie n° 82-03*: 1, 6.
398. MORIZE (E.), et COLMET DAAGE (B.P.), 1983. - Traitement informatique des données de la pêche artisanale lagonaire. Programmes pour HP 9845 et HP 9885. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie n° 83-04*: 1, 39.
399. MORIZE (E.), 1983. - Etude de la dynamique des poissons commercialisés du lagon de Tikehau. Premières données. Premiers résultats. *ORSTOM Tahiti, Archives d'Océanographie n° 83-07*: 1, 23.
400. MORIZE (E.), 1984. - Contribution à l'étude d'une pêcherie artisanale et de la dynamique des populations des principales espèces de poissons exploitées. In: L'Atoll de Tikehau

- (archipel des Tuamotu, Polynésie Française), premiers résultats. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 22: 35, 80.
401. MURRAY (J.), 1895. - A summary of the scientific results obtained at the sounding, dredging, and trawling stations of H.M.S. 'Challenger'. *Report for the scientific research voyages, H.M.S. Challenger, during the years 1872-1876, first part: 1-796. Second part: 797-1608.*
402. NAIM (O.), 1980. - Etude qualitative et quantitative de la faune mobile associée aux algues du lagon de Tiahura, île de Moorea, Polynésie Française. *Thèse spécialité MHNP-EPHE.*
403. NAIM (O.), 1980. - Etude de la faune macologique associée aux algues du lagon de Tiahura (Moorea, Polynésie Française). *Haliotis*, 10 (2): 178.
404. NAIM (O.), 1980. - Bilan qualitatif et quantitatif de la petite faune associée aux algues du lagon de Tiahura, île de Moorea, Polynésie Française. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 291, sér. D: 549-551.
405. NAIM (O.), 1981. - The influence of the extractions of sand and coral materials on the population of little fauna associated with the algae on the fringing-reef in French Polynesia. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract: 44.*
406. NAIM (O.), AMOUREUX (L.), 1982. - Le Peuplement d'Annélides polychètes mobiles associé aux algues d'un récif corallien de Polynésie Française (Ile de Moorea, Archipel de la Société). *Bull. Ecol.*, 13 (1): 25-33.
407. NEWELL (N.), 1954. - Reef and sedimentary processes of Raroia. *Atoll Research Bulletin*, 36: 1-35.
408. NEWELL (D.), 1956. - Geological reconnaissance of Raroia (Kon Tiki) atoll. Tuamotu archipelago. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 109 (3): 311-372.
409. NEWHOUSE (J.), 1979. - The energy budget of Takapoto, Tuamotu archipelago, 1976. *Cah. Indo-Pacif.*, 1 (2): 195-213.
410. NEWHOUSE (J.), 1980. - Marine and terrestrial flora of atolls. *C.R. Soc. Biogéogr.*, 491: 63-68.
411. NEW ZEALAND, AUSTRALIAN AND PAPUA NEW GUINEA SCIENTIFIC MISSION TO MURUROA ATOLL, 1984. - Report of the mission carried in october-november 1983.
412. NIAUSSAT (P.), EHRHARDT (J.P.), et PIOZIN (J.F.), 1968. - Etude hydrologique et hydrobiologique du lagon de Clipperton. *Rapport Technique n° 33, Bio-Eco, Centre de Recherches du Service de Santé des Armées, Paris: 1-41.*
413. NIAUSSAT (P.), EHRHARDT (J.P.) et OTTENWALDER (J.), 1969. - Présence de benzo 3-4 pyrène dans les eaux isolées du lagon de l'atoll de Clipperton. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 267. D: 1772-1774.

414. OBELLIANE (J.), 1955. - Contribution à l'étude géologique des îles des établissements français de l'Océanie. *Sciences de la Terre, Nancy*, 3 (3-4): 1-146.
415. ORSTOM/CNEXO, 1976. - Etude hydrologique et biologique du lagon de Vairao et de ses abords extérieurs: 1-25.
416. OTTINO (P.), PLESSIS (Y.), 1972. - Les classifications ouest Paumotu de quelques poissons Scaridae et Labridae. In *Langues et Techniques, Nature et Société II*, THOMAS J.M.C. et BENOIT, L., Editions Klincksieck, Paris: 361-371.
417. PARC (F.), 1980. - Travaux sur la détection de la ciguatoxine dans les tissus pisciaires. *Communication présentée lors de la 1ère Table Ronde sur la ciguatera à l'Institut Pasteur de Paris.*
418. PATZERT (W.C.), BARNETT (T.P.), SESSIONS (M.H.) and Kilonsky (B.), 1978. - AXBT Observations of Tropical Pacific Ocean Thermal structure during the NORPAX Hawaii/Tahiti Shuttle Experiment. *Scripps Institution of Oceanography*, 78-24: 1-61.
419. PAYRI (C.), 1980. - Etude sur la répartition et les biomasses des macroalgues du lagon de Tiahura (île de Moorea, Polynésie Française). *Mémoire DEA-MHNP-EPHE.*
420. PAYRI (C.), 1982. - Les macrophytes du lagon de Tiahura (île de Moorea, Polynésie Française). Inventaire, répartition, biomasse, variations saisonnières et dynamique des populations de Turbinaria ornata. *Thèse Spécialité MHNP-EPHE.*
421. PEYROT-CLAUSADE (M.), 1976. - Polychètes de la cryptofaune du récif de Tiahura, Moorea. *Cah. Pacif.*, 19: 325-336.
422. PEYROT-CLAUSADE (M.), 1977. - Décapodes Brachyours et Anomours (à l'exception des Paguridae) de la cryptofaune de Tiahura, Moorea. *Cah. Pacif.*, 20: 211-222.
423. PEYROT-CLAUSADE (M.), 1984. - Cryptofaune mobile et macroforeurs des formations récifales: étude quantitative préliminaire. In: L'Atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française), premiers résultats. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 22: 137-146.
424. PIRAZZOLI (P.A.), 1982. - Télédétection en milieu récifal. Utilisation d'une image LANDSAT pour évaluer la bathymétrie dans l'atoll de Ragihoa (Polynésie Française) (Remote sensing in a coral reef area. Bathymetric evaluation in the Rangiroa atoll, French Polynesia, using a LANDSAT image). *Océanis.*, 8 (4): 297.
425. PIRAZZOLI (P.), 1982. - Late Holocene sea-level changes in the Central Pacific: a 1 000 km-long North South transect of French Polynesia. *XI INQUA Congress Abstr.*, Vol. II: 247.
426. PIRAZZOLI (P.), 1983. - Mise en évidence d'une flexure active de la

lithosphère dans l'archipel de la Société (Polynésie Française) d'après la position des rivages de la fin de l'Holocène. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 296: 695-698.

427. PIRAZZOLI (P.), MONTAGGIONI (L.), 1984. - Late holocene sea-level changes in the northwest Tuamotu Islands, French Polynesia. *Quaternary Research*. *Sous presse*.
428. PLESSIS (Y.), 1969. - Les atolls des Tuamotu en tant qu'écosystème marin. *Bull. Mus. natn. Hist. Nat.*, 2è sér., 40 (6): 1232-1236.
429. PLESSIS (Y.), 1970. - Note préliminaire sur la faune de Rangiroa (Polynésie). *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat.*, 2è sér., 11 (5): 1306-1319.
430. PLESSIS (Y.), 1972. - L'analyse ichtyologique quantitative du récif frangeant de Tiahura, île de Moorea, Polynésie, premiers résultats. *C.R.Soc. Biogeogr.*, 427: 26-28.
431. PLESSIS (Y.), 1972. - Ichtyologie corallienne: écologie et exploitation. *Proc. Symp. Corals and Coral Reefs*, 1969, Mar. biol. ass. India: 457-468.
432. PLESSIS (Y.), 1973. - Comptage ichtyologique par "ictotrêfe". Nouvelle méthode d'approche pour l'obtention d'un bilan biologique. *Journées d'étude Eaux et Pêches Outre-Mer: Inventaire, Ecologie, Utilisation*, 23-24 mars 1973, Laboratoire des Pêches Outre-Mer, Mus. Natn. Hist. Nat., Paris, résumé des communications: 25.
433. PLESSIS (Y.), 1973. - Etude préliminaire de la faune ichtyologique de Moorea, *Cah. Pacif.*, 17: 289-298.
434. PLESSIS (Y.), 1973. - Maupiti (Polynésie Française). Quelques problèmes sur le peuplement ichtyologique et la protection de la nature. *C.R. Biogéogr.*, 438: 44-48.
435. PLESSIS (Y.), 1975. - Une nouvelle méthode de recherche sur les populations aquatiques: recensements et essais biologiques à l'aide de l'appareil "ictotrêfe". *Proc. 13th Pacif. Sc. Congr., Vancouver 1975*, 1: 135.
436. PLESSIS (Y.), 1975. - Quelques propriétés peu connues d'une Holothurie tropicale *Halodeima atra* (Jaeger). 1ère Coll. *Ethnozoologie, l'Homme et l'Animal*: 231-233.
437. PLESSIS (Y.), 1975. - Un appareil de mesure pour l'étude du peuplement marin tropical. *Bull. Soc. Zool. de France*, 100 (2): 223-226.
438. PLESSIS (Y.), 1975. - Signification de diverses biocénoses dans la notion qualité de la vie: un exemple polynésien. *C.R. Soc. Biogéogr.*, 455: 2 p.
439. PLESSIS (Y.), 1976. - La pêche sporadique basée sur le comportement de Poissons immatures. Colloque Commerson, La Réunion, 1973. *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, 47: 185-188.
440. PLESSIS (Y.), 1980. - Etude ichtyologique de Tubuai, archipel des Australes (Polynésie). *Cah. Indo-Pacif.*, 2 (3): 255-269.

441. PLESSIS (Y.), BROUSSE (R.), MOUTON (J.A.), 1978. - Découvertes de fossiles dans les cendres volcaniques de l'île de Ua Pou (groupe des îles Marquises). *Cah. Pacif.*, 21: 237-241.
442. PLESSIS (Y.), MAUGE (L.A.), 1978. - Ichtyologie des îles Marquises. *Cah. Pacif.*, 21: 215-235.
443. POLI (G.) et RICARD (G.), 1982. - Tahiti: Etude de l'environnement lagunaire du secteur urbain - Evolution des pollutions et des dégradations. Rapport R A - 8: 1-63.
444. POLI (G.), SALVAT (B.), 1976. - Etude bionomique d'un lagon d'atoll totalement fermé: Taiaro. *Cah. Pacif.*, 19: 227-251.
445. PURDY (G.), 1974. - Reef configurations: cause and effect. In *Reefs in Time and Space*. Léo F. Laporte, éd., S.E.P.M. Sp. Publ., 18: 9-76.
446. RANSON (G.), 1952. - Préliminaires à un rapport sur l'huître perlière dans les Etablissements Français d'Océanie. *Etablissements Français d'Océanie, Papeete*: 76 pp.
447. RANSON (G.), 1953. - Observations sur les îles basses de l'archipel des Tuamotu (Océanie Française). *C.R. Ac. Sc., Paris*, 236: 2529-2531.
448. RANSON (G.), 1955 a. - Observations sur les principaux agents de la dissolution des calcaires sous-marins dans la zone côtière des îles coralliennes des Tuamotu. *C.R. Ac. Sc., Paris*, 240: 806-808.
449. RANSON (G.), 1955 b. - Observations sur les îles coralliennes de l'archipel des Tuamotu (Océanie Française). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*
450. RANSON (G.), 1955 c. - Observations en Océanie Française sur la formation des récifs-barrières et des atolls. *C.R. Ac. Sc. Paris*, 240: 898-900.
451. RANSON (G.), 1958 a. - Coraux et récifs coralliens (Bibliographie). *Bull. Inst. Océanographique*, 1121: 80.
452. RANSON (G.), 1958 b. - Observations sur les îles coralliennes de l'archipel des Tuamotu (Océanie Française). *Cah. Pacif.*, 1: 15-36.
453. RAYMOND (A.), 1982. - Observations des caractéristiques de l'eau du lagon dans la zone d'extension du port de Papeete. Note CEA N 2313.
454. RAYNAL (J.), 1976. - Une Lobéliacée polynésienne nouvelle. *Adansonia*, sér. 2, 16 (3): 379-382.
455. REDIER (L.), 1967. - Un nouvel Hydraire *Cordylophora solangiae* n.s. (atoll de Fangataufa - Tuamotu). *Cah. Pacif.*, 11: 117-128.
456. REDIER (L.), 1971. - Recherches sur les Hydraires et les Bryosoaires de la Polynésie Française. *Cah. Pacif.*, 15: 137-162.
457. REED (N.), 1970. - Etude sur l'industrie nacrière en Polynésie Fran-

- çaise. *Service Pêche, Tahiti, Bull. Tech.*, 1: 134.
458. REED (N.), TAXIT (R.), 1966. - Eaux colorées à copépodes dans un lagon des Tuamotu. Service mixte du Contrôle Biologique. *Rapport n° 950 CEP/SMCB*, 1: 11 pp.
459. RENAUD-MORNANT (J.), 1969. - Urodasyus elongatus n.s. Gastrotriche Macrodasyoïde nouveau du benthos des Tuamotu. *Cah. Biol. Mar.*, 10: 383-390.
460. RENAUD-MORNANT (J.), 1976. - Tardigrades marins de Polynésie. *Cah. Pacif.*, 19: 289-297.
461. RENAUD-MORNANT (J.), 1981. - Tardigrades marins (Arthrotardigrada) du Pacifique Sud. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris*, 3 (4è sér.): 799-813.
462. RENAUD-MORNANT (J.), HELLEOUE (M.-N.), 1977. - Rapport micro-meio-benthos. Halodeima atra (Holothuridea) dans un lagon polynésien (Tiahura, Moorea, île de la Société). *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., 3è sér.*, 474: 853-865.
463. RENAUD-MORNANT (J.), SALVAT (B.), BOSSY (C.), 1971. - Macrobenthos et meiobenthos from the closed lagoon of a polynesian atoll: Maturei Vavao (Tuamotu). *Biotropica*, 3 (1): 36-55.
464. RENON (J.P.), 1977. - Zooplancton du lagon de l'atoll de Takapoto (Polynésie Française). *Ann. Inst. Océanogr.*, 53 (2): 217-236.
465. RENON (J.P.), 1978. - Un cycle annuel du zooplancton dans un lagon de Tahiti. *Cah. ORSTOM. Sér. Océanogr.*, 16 (1): 63-88.
466. RENON (J.P.), 1979. - Abondance et répartition du zooplancton dans un complexe récifal de Polynésie Française. *Cah. Indo-Pacif.*, 1 (4): 353-388.
467. RENTLER (J.F.), 1980. - La ciguatera: étude expérimentale. *Thèse Doctorat Vétérinaire Lyon*: 132 pages.
468. REPELLIN (P.), 1975. - Contribution à l'étude d'un récif corallien: le sondage 'Colette', atoll de Mururoa (Polynésie Française). *Thèse 3è cycle, Univ. Paris VI*.
469. REPUBLIQUE FRANCAISE, 1982. - Surveillance de la Radioactivité (1962 à 1982).
470. RICARD (M.), 1970. - Premier inventaire des Diatomées et des Dinoflagellés du plancton côtier de Tahiti. *Cah. Pacif.*, 14: 245-250.
471. RICARD (M.), 1970. - Observations sur les Diatomées marines du genre Ethmodiscus Castr. *Rev. Algol.*, 10 (1): 56-73.
472. RICARD (M.), 1973. - Etude taxinomique des Diatomées du lagon de Vairao (Tahiti) I: le genre Mastogloia. *Rev. Algol.*, 11 (1-2): 161-177.
473. RICARD (M.), 1974. - Quelques dinoflagellés planctoniques marins de Tahiti étudiés en microscopie à balayage. *Protistologica*, 10 (1): 125-135.
474. RICARD (M.), 1975. - Quelques diatomées nouvelles de Tahiti décrites

- en microscopie photonique et électronique à balayage. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., Botanique*, 23 (325): 201-229.
475. RICARD (M.), 1975. - Ultrastructure de quelques *Mastogloia* (Diatomées benthiques) marines d'un lagon de Tahiti. *Protistologica*, 11 (1): 49-60.
476. RICARD (M.), 1976. - Production primaire planctonique de trois lagons de l'archipel de la Société (Polynésie Française). *Cah. Pacif.*, 19: 383-395.
477. RICARD (M.), 1976. - Premier inventaire des diatomées marines du lagon de Tiahura (île de Moorea, Polynésie Française). *Rev. algol.*, (3-4): 343-355.
478. RICARD (M.), 1977. - Les peuplements des diatomées des lagons de l'archipel de la Société (Polynésie Française): Floristique, écologie, structure des peuplements et contribution à la production primaire. *Thèse Doctorat Etat - MHNP - EPHE*.
479. RICARD (M.), 1977. - Phytoplankton contribution to primary productivity in two coral reef areas of Fiji islands and French Polynesia. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami, Florida*, 1: 343-348.
480. RICARD (M.), 1977. - Les peuplements de diatomées des lagons de l'archipel de la Société (Polynésie Française). Floristique, écologie, structure des peuplements et contribution à la production primaire. *Rev. algol.*, 12 (3-4): 141-336.
481. RICARD (M.), 1977. - Ecology of diatomées from two polynesian lagoons. *Nova Redwiga, Beih.* 54: 389-405.
482. RICARD (M.), 1979. - Some effects of dredging on the primary production of the Tiahura lagoon in Moorea (Society island, French Polynesia). *14th Pacif. Sc. Congr. USSR Khabarovsk, August 1979, abstract*: 40-41.
483. RICARD (M.), 1979. - The island mass effect in French Polynesia as revealed by the phytoplankton. *14th Pacif. Sc. Congr., USSR, Khabarovsk, August 1979, abstract*: 96.
484. RICARD (M.), 1980. - Diminution de la production primaire du lagon de Tiahura (île de Moorea, Polynésie Française) sous l'influence de la pollution liée à l'extraction de sables coralliens. *Cah. Indo-Pacif.*, 2 (1): 73-90.
485. RICARD (M.), 1981. - Etude hydrologique, courantologique et planctologique des eaux du lagon de Mururoa. *Rapport S.M.C.B.*
486. RICARD (M.), 1981. - Main features of phytoplankton and primary productivity of Moorea Island (French Polynesia). *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract*: 52.
487. RICARD (M.), 1981. - Effects of sand coral dredging on the primary production of the Tiahura lagoon (Moorea island, French Polynesia). *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract*: 52.

488. RICARD (M.), BADIE (C.), RENON (J.P.), SIMEON (C.), SOURNIA (A.), 1978. - Données sur l'hydrologie, la production primaire et le zooplancton du lagon de l'atoll fermé de Takapoto (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). *Rapport CEA R-4918 - Serv. de document. CEN, Saclay*: 1-89.
489. RICARD (M.), DELESALLE (B.), 1981. - Phytoplankton and primary productivity of the Scilly lagoon (Scilly atoll, French Polynesia). *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract*: 52.
490. RICARD (M.) et DELESALLE (B.), 1982. - Approche d'un effet de masse insulaire en Polynésie Française (An approach to an "island mass" effect in French Polynesia: phytoplankton of coastal waters in Tahiti). *Oceanis* 8 (4): 309-318.
491. RICARD (M.), GASSE (F.), 1972. - Ethmodiscus appendiculatus et Ethmodiscus gazellae en microscopie électronique à balayage. *Rev. algol.*, 10 (4): 312-318.
492. RICARD (M.), GROS (R.), DELESALLE (B.), 1979. - Scilly, atoll de l'archipel de la Société, Polynésie Française. Hydrologie et phytoplancton. *Bull. Antenne Mus. Natn. Hist. Nat. et EPHE*, 1: 39-40.
493. RICARD (G.), GUEREDRAT (J.A.), MAGNIER (Y.), RENON (J.P.), ROCHETTE (J.P.), ROUGERIE (F.), SOURNIA (A.), WAUTHY (B.), 1979. - Le plancton de Takapoto. *J. Soc. Océanistes*, 35 (62): 47-67.
494. RICARD (M.), SALVAT (B.), 1977. - Faeces of Tridacna maxima (Mollusca Bivalvia). Composition and coral reef importance. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami, Florida*, 1: 495-502.
495. RICHARD (G.), 1970. - Etude sur les Mollusques récifaux des atolls de Reao et de Hereheretue (Tuamotu - Polynésie). Bionomie et évaluations quantitatives. *Diplôme EPHE*.
496. RICHARD (G.), 1973. - Abondance et dominance des Mollusques dans un écosystème corallien (Moorea, Polynésie Française). *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., 2è sér.*, 163 (19): 309-313.
497. RICHARD (G.), 1973. - Abondance et dominances des Mollusques dans les écosystèmes coralliens (Moorea, Polynésie Française). *Journées d'étude Eaux et Pêches Outre-Mer: Inventaire, Ecologie, Utilisation, 23-24 mars 1973, Lab. Pêches Outre-Mer, Mus. natn. Hist. Nat., Paris, résumé des Communications*: 26.
498. RICHARD (G.), 1973. - Etude des peuplements du complexe lagunaire de Tiahura-Moorea, Polynésie Française. *Bull. Soc. Et. Océaniques, Papeete*, 15 (11-12): 309-324.
499. RICHARD (G.), 1974. - Adusta (Cribraria) bernardi sp. n. (Mesogastropoda, Cypraeidae) des îles de la Société et les porcelaines de la Polynésie Française. *Bull. Soc. Et. océaniques, Papeete*, 16 (1): 377-384.

500. RICHARD (G.), 1974. - Bionomie des Mollusques littoraux des baies envasées de l'île de Mangareva, archipel des Gambier, Polynésie Française. *Cah. Pacif.*, 18 (2): 605-614.
501. RICHARD (G.), 1976. - Transport de matériaux et évolution récente de la faune malacologique lagunaire de Taiaro (Tuamotu-Polynésie Française). *Cah. Pacif.*, 19: 265-282.
502. RICHARD (G.), 1977. - Quantitative balance and production of Tridacna maxima in the Takapoto lagoon (French Polynesia). *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami, Florida*, 1: 599-606.
503. RICHARD (G.), 1978. - Abondance et croissance de Arca ventricosa dans le lagon de Takapoto (Tuamotu, Polynésie Française). *Haliotis*, 9 (1): 7-10.
504. RICHARD (G.), 1979. - Scilly, atoll de l'archipel de la Société, Polynésie Française. Etude des Mollusques récifaux et lagunaires peu profonds. *Bull. Antenne Mus. Natn. Hist. Nat. et EPHE*, 1: 46-48.
505. RICHARD (G.), 1980. - Bilan quantitatif et premières données de production de Cardium fragum dans le lagon de Anaa. *Haliotis*, 10 (2): 178.
506. RICHARD (G.), 1981. - A first evaluation of the findings on the growth and production of lagoon and reef Molluscs in French Polynesia. *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines, abstract*: 53.
507. RICHARD (G.), 1982. - Bilan quantitatif et premières données de production de Cardium fragum (Mollusca bivalvia) dans le lagon de Anaa. *Malacologia*, 22 (1-2): 347-352.
508. RICHARD (G.), 1982. - Growth and productivity of Mollusks in French Polynesian ecosystems. *Intern. Soc. for Reef Studies, LEIDEN 1 - 3 december 1982, Interdisciplinary studies in Coral Reef Research*: 33.
509. RICHARD (G.), 1982. - Mollusques lagunaires et récifaux de Polynésie Française. Inventaire faunistique, bionomie, bilan quantitatif, croissance, production. *Thèse Doctorat Etat - MHNP - EPHE*.
510. RICHARD (G.), SALVAT (B.), 1971. - Bilan comparatif qualitatif et quantitatif des Mollusques de récifs extérieurs d'atolls ou d'îles hautes de Polynésie Française. *Haliotis*, 1 (1): 43-44.
511. RICHARD (G.), SALVAT (B.), 1972. - Ecologie quantitative des Mollusques du lagon de Tiahura, île de Moorea, Polynésie Française. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 275, sér. D: 1547-1550.
512. RICHARD (G.), SALVAT (B.), 1973. - Conus (Dendroconus) gauguini sp. n. (Neogastropoda, Conidae) des îles Marquises, Polynésie Française. *Cah. Pacif.*, 17: 25-29.
513. RICHARD (G.), SALVAT (B.), 1980. - Abondance et croissance de Tectarius

- grandinatus en Polynésie Française. *Haliotis*, 10 (2): 179.
514. RICHARD (G.), SALVAT (B.), 1982. - Abondance et croissance de Tectarius grandinatus (Mollusca, gastropoda) en Polynésie Française. *Malacologia*, 22 (1-2): 359-366.
515. RICHARD (G.), SALVAT (B.), MILLOUS (O.), 1979. - Mollusques et faune benthique du lagon de Takapoto. *J. Soc. Océanistes*, 35 (62): 59-68.
516. ROUGERIE (F.), RICARD (M.), 1980. - Eléments du régime hydrologique de la baie de Port-Phaéton - Iles de Tahiti (Polynésie Française). *ORSTOM-Tahiti, Notes et Documents d'Océanographie*, 23: 1-30.
517. RICHER DE FORGES (B.), GROS (R.), 1980. - Contribution à l'étude des poissons de longue ligne. *Cah. Indo-Pacif.*, 2 (2): 185-216.
518. ROMÉY (G.), LAZDUNSKI (M.), 1982. - Etude des effets neurotoxiques de la ciguatoxine. *Communication présentée à la 2<sup>e</sup> Table Ronde sur la Ciguatera. Institut Pasteur, Paris, février 1982.*
519. ROUGERIE (F.), 1979. - Caractéristique du milieu liquide lagonaire de l'atoll de Takapoto. *Journal de la Soc. des Océanistes*, 62 (35): 35, 45.
520. ROUGERIE (F.), 1980. - La baie de Faaroa (île de Raiatea). Premières données hydrologiques. *ORSTOM Tahiti, multigr.*, 2: 1, 9.
521. ROUGERIE (F.), 1981. - Evaporation and salinity survey in French Polynesia. *TOAN Newsletter*, 7.
522. ROUGERIE (F.), 1982. - Rapport de la campagne POLYDROTHON 82 du N.O. Coriolis dans le sud polynésien. *Centre ORSTOM de Paapeete*, 1-20.
523. ROUGERIE (F.), 1983. - Nouvelles données sur le fonctionnement interne des lagons d'atolls. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 297, sér. II, p. 909-912.
524. ROUGERIE (F.), à paraître en 1985. - Le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie: Spécificité hydrologique dynamique et productivité. *Travaux et Documents de l'ORSTOM, Paris*, 150 pages.
525. ROUGERIE (F.), CHABANNE (J.), 1983. - Relationship between tuna and salinity in Tahitian coastal waters. *TOAN Newsletter*, 17.
526. ROUGERIE (F.), GROS (R.) et BERNADAC (M.), 1980. - Le lagon de Mururoa (archipel des Tuamotu): Esquisse des caractéristiques hydrologiques et échanges avec l'Océan. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 4: 1, 27.
527. ROUGERIE (F.) et GROS (R.), 1980. - Les courants dans la passe d'Avatoru - Atoll de Rangiroa (Archipel des Tuamotu). *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 5: 1, 8.

528. ROUGERIE (F.), LEBEAU (A.), GOURIOU (Y.), RAYMOND (A.). - Relevés océanographiques du B.C.B. "Marara" dans le Sud polynésien en 1979, 1980 et 1981. *Rapport CEA R-5155*: 1-43.
529. ROUGERIE (F.), MAREC (L.), et GOURIOU (Y.), 1980. - Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine de Polynésie Française pendant l'année 1979. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 12: 1-64.
530. ROUGERIE (F.), MAREC (L.) et GOURIOU (Y.), 1981. - Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine polynésienne pendant l'année 1980. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 13: 1-72.
531. ROUGERIE (F.), MAREC (L.), et PICARD (E.P.), 1982. - Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine polynésienne pendant l'année 1981. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 18: 1-75.
532. ROUGERIE (F.) et RICARD (M.), 1980. - Eléments du régime hydrologique de la baie de Port-Phaëton, île de Tahiti, Polynésie Française. *ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr.*, 8: 1, 33.
533. ROUGERIE (F.), RICARD (M.), 1983. - Primary productivity of atolls and high islands lagoons of the Southern Pacific Ocean: A comparison of their functioning. *XVè Congrès des Sciences du Pacifique DUNEDIN (New Zealand)*.
534. ROUGERIE (F.), RICARD (M.) et MAZAURY (E.), 1982. - Le lagon de l'atoll de Mururoa. *Rapport DIRCEN/ORSTOM*, 79 p.
535. ROUGERIE (F.), RICARD (M.), et MAZAURY (E.), 1984. - Le lagon de l'atoll de Mururoa. 1ère partie: Evolution spatio-temporelle des paramètres hydrologiques, physico-chimiques et planctologiques. 39 p. + annexe.  
2è partie: Dynamique et échanges lagon-océan, modèle de circulation interne à travers le socle corallien. 37 p. Institut de Protection et de Sécurité-Nucléaire. *Rapport CEA - R - 5236*.
536. ROUGERIE (F.), WAUTHY (B.), 1983. - Anomalies de l'hydroclimat et cyclogénèse en Polynésie en 1982 et 1983. *MET/MAR*, 121.
537. ROUGERIE (F.) et WAUTHY (B.), 1984. - L'océan qui nous entoure. *Fascicule n°5, in tome 1, Encyclopédie de la Polynésie, Tahiti*.
538. SACHET (M.-H.), SCHAFER (P.A.), THIBAUT (J.-C.), 1975. - Mohotani, une île protégée aux Marquises. *Bull. Soc. Et. Océaniques*, Papeete, 16 (6): 557-568.
539. SALVAT (B.), 1967. - *Cerithium clava* (Gmelin, 1791) (= *Clava maculata*, Martyn 1781), Taxonomie et distribution géographique. *J. Conchyl.*, 106 (4): 130-137.
540. SALVAT (B.), 1967. - Aperçu biogéographique sur les Mollusques marins de Polynésie, *1er Salon Intern. Malacol., Nice*: 15-20.

541. SALVAT (B.), 1967. - Importance de la faune malacologique dans les atolls polynésiens. *Cah. Pacif.*, 11: 7-49.
542. SALVAT (B.), 1969. - Dominance biologique de quelques mollusques dans les atolls fermés (Tuamotu, Polynésie Française). *Proc. 3rd Europ. Malacol. Cong., Vienna, 1968, Malacologia*, 9 (1): 187-189.
543. SALVAT (B.), 1970. - Les Mollusques des récifs d'îlots du récif barrière des Iles Gambier (Polynésie). Bionomie et densité du peuplement. *Bull. Mus. natn. Hist. Nat.*, 42 (3): 525-542.
544. SALVAT (B.), 1970. - Les activités du Museum National d'Histoire Naturelle en Polynésie Française. *Cah. Pacif.*, 14: 255-269.
545. SALVAT (B.), 1970. - Etudes quantitatives (comptages et biomasses) sur les Mollusques récifaux de l'atoll de Fangataufa (Tuamotu - Polynésie): *Cah. Pacif.*, 14: 1-57.
546. SALVAT (B.), 1971. - Biogéographie malacologique de la Polynésie à la lumière des récentes recherches sur l'histoire géologiques des îles hautes et des atolls de cette région. *Atti Soc. it. sc. nat. e Museo civ; st. nat. Milano*, 112 (3): 330-334.
547. SALVAT (B.), 1971. - Mollusques lagunaires et récifaux de l'île de Raevavae (Australes, Polynésie). *Malacological Review*, 4: 1-15.
548. SALVAT (B.), 1971. - Données bionomiques sur les peuplements benthiques à prédominance de Mollusques d'un lagon d'atoll fermé polynésien. *Haliotis*, 1 (1): 45-46.
549. SALVAT (B.), 1971. - Evaluation quantitative totale de la faune benthique de la bordure lagunaire d'un atoll de la Polynésie Française. *C.R. Acad. Sc., Paris*, T. 272, sér. D: 211-214.
550. SALVAT (B.), 1971. - Les lagons d'atolls polynésiens. Richesse actuelle - possibilités d'exploitation - perspective d'aquaculture. *Coll. Intern. sur l'exploitation des Océans, Bordeaux, mars 1971*, 1: G2-13, 1-13.
551. SALVAT (B.), 1971. - La faune benthique du lagon de l'atoll de Reao. *Cah. Pacif.*, 16: 30-109.
552. SALVAT (B.), 1971. - Quantitative balance of benthic fauna in Polynesian atolls. *Proc. 12th Pacif. Sc. Congr., Canberra, Australia*, 1: 156.
553. SALVAT (B.), 1971. - Récentes recherches de biologie marine en Polynésie Française. *Bull. Soc. Et. Océaniennes, Papeete*, 15 (2): 46-52.
554. SALVAT (B.), 1972. - Distribution des Mollusques sur les récifs extérieurs de l'atoll de Fangataufa (Tuamotu, Polynésie). Radiales quantitatives. Biomasses. *Proc. Symp. Coral Reefs, 1969, Mar. Biol. ass. India*: 373-378.

555. SALVAT (B.), 1973. - Plaidoyer pour la protection d'atolls en Polynésie. *Colloque régional sur la protection de la Nature - Récifs et lagons. Commission du Pacifique Sud, Nouméa (Nlle Calédonie) 4-14 août &çè&, 2è partie*: 19-22.
556. SALVAT (B.), 1973. - Mollusques des îles Tubuai (Australes, Polynésie). Comparaison avec les îles de la Société et des Tuamotu. *Proc. 4th Europ. Malacol. Congr., Geneva, 1971. Malacologia*, 14 (1-2): 429-430.
557. SALVAT (B.), 1973. - Recherches d'Ecologie quantitative dans les Ecosystèmes coralliens de Polynésie. *La Terre et la Vie*, 27: 456-480.
558. SALVAT (B.), 1973. - Standing crop of Molluscs in Polynesian Reef Ecosystems. *2nd Intern. Coral Reef Symp., Brisbane, Australia, 1973, Abstract*: 11.
559. SALVAT (B.), 1973. - Le programme "l'Homme et la Biosphère" (MAB) de l'UNESCO. *Journées Aménagement et Nature, Royanmont, 13-15 décembre 1973*, 7325: 1-5.
560. SALVAT (B.), 1975. - "Antennes" du Museum d'Histoire Naturelle et de l'Ecole Pratiques des Hautes Etudes en Polynésie Française. *J. Soc. Océanistes*, 48 (31): 301-310.
561. SALVAT (B.), 1975. - Qualitative and quantitative distribution of *Halodeima atra* (Echinodermata, Holothuroidea) in the lagoons and reefs of French Polynesia. *Proc. 13th Pacific Sc. Congr., Vancouver, 1975*, 1: 132.
562. SALVAT (B.), 1976. - Guidelines for the planning and management of marine parks and reserves. *Intern. Conf. mar. Parks and Reserves, Tokyo 1975, IUCN Publ., new series*, 37: 75-90.
563. SALVAT (B.), 1976. - Un programme interdisciplinaire sur les écosystèmes insulaires en Polynésie Française. *Cah. Pacif.*, 19: 397-406.
564. SALVAT (B.), 1978. - Biogeography of Pacific Molluscs. *Proc. Intern. Symp. on Mar. Biogeogr. and Evolution in the Southern Hemisphere, Auckland (New Zealand) 1978*, 1, abstract: 257.
565. SALVAT (B.), 1978. - Agressions humaines en milieu corallien. *Parcs*, 3 (2): 1-4.
566. SALVAT (B.), 1979. - Trouble in paradise, part 2 - Coral reef parks and reserves. *Parks*, 4 (1): 1-4.
567. SALVAT (B.), 1979. - Recherches sur l'atoll de Takapoto (Tuamotu, Polynésie Française). *J. Soc. Océanistes*, 35 (62): 5-7.
568. SALVAT (B.), 1979. - Scilly, atoll de l'archipel de la Société, Polynésie Française. Le lagon et ses peuplements. *Bull. Antenne Tahiti Mus. natn., Hist. Nat. et EPHE*, 1: 34-38.

569. SALVAT (B.), 1979. - Terminologie conchyliologique. *Banque des Mots*, 17: 61-70.
570. SALVAT (B.), 1979. - Le Museum d'Histoire Naturelle dans le Pacifique. L'Antenne du Museum et des Hautes Etudes à Moorea (Polynésie Française). In *Le Museum National d'Histoire Naturelle*, J. DORST, Nathan, Paris: 64-65.
571. SALVAT (B.), 1979. - Ecodevelopment urged in use of coral reef resources. *Uniterra*, 4 (9): 4-5.
572. SALVAT (B.), 1980. - Death for the coral reefs. *Oryx*, 15 (4): 341-344.
573. SALVAT (B.), 1980. - The living resources of the South Pacific - Past, present and future. *UNESCO and MAB Technical notes*, 13: 131-148.
574. SALVAT (B.), 1981. - Geomorphology and marine ecology of the Takapoto atoll (Tuamotu archipelago). *4th Intern. Coral Reef Symp.*, Manila, Philippines, abstract: 58.
575. SALVAT (B.), 1981. - Preservation of Coral Reefs: scientific whim or economic necessity? present and future. *4th Intern. Coral Reef Symp.*, Manila, Philippines: 58.
576. SALVAT (B.), 1981. - Utilization and trade of coral reef Molluscs in French Polynesia, past and present. *4th Intern. Coral Reef Symp.*, Manila, Philippines: 58.
577. SALVAT (B.), 1983. - Research in the Pacific undertaken by France with MAB Project 7, in French Polynesia. *Rapport UNESCO, MAB. Report session*, 47: 23-26.
578. SALVAT (B.), CHEVALIER (J.P.), RICHARD (G.), POLI (G.), BAGNIS (R.), 1977. - Géomorphology and biology of Taiaro atoll, Tuamotu archipelago. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp.*, Miami, Florida, 1: 289-296.
579. SALVAT (B.), DENIZOT (M.) 1980. - Peuplements et régime alimentaire des Mollusques supralittoraux sur substrats carbonatés tropicaux. *Haliotis*, 10 (2): 180.
580. SALVAT (B.) et DENIZOT (M.), 1982. - La distribution des Mollusques supralittoraux sur substrats carbonatés tropicaux (Polynésie Française) et leur régime alimentaire. *Malacologia*, 22 (1-2): 541-544.
581. SALVAT (B.), RENAUD-MORNANT (J.), 1969. - Etude écologique du Macrobenthos et du Meiobenthos d'un fond sableux du lagon de Mururoa (Tuamotu - Polynésie Française). *Cah. Pacif.*, 13: 159-179.
582. SALVAT (B.), RIVES (C.), 1975. - Coquillages de Polynésie. *Ed. du Pacifique, Papeete*: 1-391.
583. SALVAT (B.), SALVAT (F.), RICHARD (G.), 1973. - *Astrea (Calcar) milloni* sp. n. (Archaeogastronoda Turbinidae) de Rapa (Australes, Polynésie Française). *Cah. Pacif.*, 17: 245-252.

584. SALVAT (B.), VENEC-PEYRE (M. Th.), 1981. - Biocenose of the Foraminifera in the Scilly atoll lagoon (Society island). *4th Intern. Coral Reef Symp., Manila, Philippines*: 58.
585. SALVAT (B.), VERGONZANNE (G.), GALZIN (R.), RICHARD (G.), CHEVALIER (J.P.), RICARD (M.), RENAUD-MORNANT (J.), 1979. - Conséquences écologiques des activités d'une zone d'extraction de sable corallien dans le lagon de Moorea (île de la Société, Polynésie Française). *Cah. Indo-Pacif.*, 1 (1): 83 - 126.
586. SALVAT (B.), VERGONZANNE (G.), GALZIN (R.), RICHARD (G.), 1979. - Ecological effects of dredging in coral reef ecosystems. *14th Pacif. Sc. Congr., USSR, Khabarovsk, August 1979, abstract*: 44.
587. SCHAEFER (P.A.), 1977. - La végétation et l'influence humaine aux îles Marquises. *Mémoire DEA - MHNP - EPHE*.
588. SCOTT (G.), ROTONDO (G.), 1983. - A model to explain the differences between Pacific plate island atoll types. *Coral Reefs*, 1: 139-150.
589. S.C.P.R.I., MINISTERE DE LA SANTE, MINISTERE DU TRAVAIL, INSERM, 1982. - Rapport d'activité 1982.
590. SECCHI (F.), FRAIZIER (A.). - Teneurs en métaux lourds (Fe, Cu, Cd, Pb) d'environnements lagunaires en Polynésie Française. *Rapport CEA - R - 5085*: 1, 11.
591. SERVICE D'HYGIENE ET SALUBRITE PUBLIQUE, 1971 à 1983. - Rapports techniques variés sur l'état de la pollution lagunaire d'origine fécale.
592. SETCHELL (W.), 1926. - Phytogeographical notes on Tahiti. II. Marine vegetation. *Univ. Calif., Berkeley, Publ. Bot.*, 12 (8): 291-324.
593. SOURNIA (A.), 1976. - Ecologie et productivité d'une cyanophycée en milieu corallien: *Oscillatoria limosa* Agardh. *Phycologia*, 15 (3-4): 363-366.
594. SOURNIA (A.), 1976. - Primary production of sands in the lagoon of an atoll and the role of foraminiferan symbionts. *Mar. Biol.*, 37: 29-32.
595. SOURNIA (A.), 1976. - Abondance du phytoplancton et absence de récifs coralliens sur les côtes des îles Marquises. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 282, sér. D: 553-555.
596. SOURNIA (A.), 1976. - Oxygen metabolism of a fringing reef in French Polynesia. *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 28: 401-410.
597. SOURNIA (A.), 1977. - Analyse et bilan de la production primaire dans les récifs coralliens. *Ann. Inst. Océanogr.*, 53 (1): 47-74.
598. SOURNIA (A.), 1982. - Calcification et production organique des récifs coralliens. *Océanis*, 8 (4): 319-328.
599. SOURNIA (A.), DELESALLE (B.), RICARD (M.), 1981. - Premiers bilans

- de production organique et de calcification d'un récif barrière de Polynésie Française. *Oceanol. Acta*, 4 (4): 423-431.
600. SOURNIA (A.), PLESSIS (Y.), 1974. - A red-water Diatom, *Aulacodiscus kittonii* var. *africanus* in Marquesas islands, Pacific Ocean. *Botanica Marina*, 17: 124.
601. SOURNIA (A.), RICARD (M.), 1975. - Production primaire planctonique dans deux lagons de Polynésie Française (île de Moorea et atoll de Takapoto). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 280, sér. D: 741-743.
602. SOURNIA (A.), RICARD (M.), 1975. - Phytoplankton and primary productivity in Takapoto atoll, Tuamotu Islands. *Micronesica* 11 (2): 159-166.
603. SOURNIA (A.), RICARD (M.), 1976. - Phytoplankton and its contribution to primary productivity in two coral reef areas of French Polynesia. *J. exp. mar. biol. ecol.*, 21: 129-140.
604. SOURNIA (A.), RICARD (M.), 1976. - Données sur l'hydrologie et la productivité du lagon d'un atoll fermé (Takapoto, archipel des Tuamotu). *Vie et Milieu*, 26 (2), sér. B: 243-279.
605. SOUTH PACIFIC REGIONAL ENVIRONMENT PROGRAMME NOUMEA, NEW CALEDONIA, 1983. - Topic review Radioactivity in the South Pacific. *SPREP/Topic Review* 14, october 1983.
606. STARK (J.), HOXLAND (A.), 1941. - Geology of Bora-Bora, Society Islands. *Bull. Bishop Mus., Honolulu*, 169: 1-43.
607. STODDART (D.), 1969. - Reconnaissance geomorphology of Rangiroa atoll, Tuamotu archipelago. *Atoll Research Bull.*, 125: 1-44.
608. SYLVESTER (SILVESTER) (R.), 1965. - Coral reefs, atoll and guyots nature. 207: 681-688.
609. TAFT (B.), KOVALA (P.), 1979. - Temperature, salinity sections along 150° W from Norpax Shuttle Experiment (1977-1978). *Seattle, University of Washington*, M 79-17: 1-28.
610. TAZIEFF H., 1982. - Rapport sur l'ensemble de la Mission Scientifique en Polynésie Française. Juin 1982.
611. TESSIER (R.), 1969. - Les cyclones en Polynésie Française (1878 à 1906), *Bull. Soc. Et. Océan.*, 5-6 (166-167): 1-48.
612. THIBAUT (J.C.), 1973. - Notes ornithologiques polynésiennes: 1 - Les îles Gambier. *Alauda*, 41 (1-2): 111-119.
613. THIBAUT (J.C.), 1973. - Notes ornithologiques polynésiennes: 2 - Les îles Marquises. *Alauda*, 41 (3): 306-316.
614. THIBAUT (J.C.), 1973. - Remarques sur l'appauvrissement de l'avifaune polynésiennes. *Bull. Soc. Et. Océaniennes, Papeete*, 15 (9): 262-270.
615. THIBAUT (J.C.), 1974. - Le peuplement avien des îles de la Société (Polynésie). *Mémoire Diplôme EPHE*.
616. THIBAUT (J.C.), 1974. - Les périodes de reproduction des Oiseaux

- de mer dans l'archipel de la Société. *Alauda*, 42 (4): 437-450.
617. THIBAUT (J.C.), 1974. - Les conséquences des variations du niveau de la mer sur l'avifaune terrestre des atolls polynésiens. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 278, sér. D: 2477-2479.
618. THIBAUT (J.C.), RIVES (C.), 1975. - Oiseaux de Tahiti, *éd. Pacif.*, Papeete, 1-111.
619. THIBAUT (B.), THIBAUT (J.C.), 1973. - Liste préliminaire des Oiseaux de Polynésie orientale. *L'Oiseau et r.f.o.*, 43 (1): 55 - 74.
620. THIBAUT (B.), THIBAUT (J.C.), 1975. - Liste des Oiseaux de Polynésie Orientale (nouvelles acquisitions faunistiques). *L'Oiseau et R.F.O.*, 45 (1): 89-92.
621. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR), 1982. - Ionizing Radiation sources and biological effects. Report to the General Assembly, with annexes United Nations. New York, 1982.
622. TIXIER-DURIVAUT (A.), 1969. - Les Alcyoniidae des Tuamotu (Mururoa) et des Gambier. *Cah. Pacif.*, 13: 133-157.
623. TIXIER-DURIVAUT (A.), 1974. - Les Octocoralliaires des Gambier. *Cah. Pacif.*, 18 (2): 629-630.
624. VACELET (J.), 1977. - Eponges Pharétronides actuelles et Scléro-sponges de Polynésie Française, de Madagascar et de la Réunion. *Bull. Mus. natn. Hist. Nat.*, 3è sér., 444, Zool. 307: 345-368.
625. VALET (G.), 1971. - Recherches écologiques sur les causes de la ciguatera en Polynésie. La chaîne alimentaire algale. *Rapport technique pour la Commission du Pacifique Sud.*
626. VAUGELAS (J. de), 1980. - Etude qualitative et quantitative de la matière organique vivante et détritique de sédiments coralliens dans les îles polynésiennes de Tahiti, Moorea et Takapoto. *Thèse Spécialité MHN-EPHE.*
627. VAUGELAS (J de), 1981. - Distribution quantitative de la matière organique totale, vivante et détritique dans différents types de sédiments coralliens de Polynésie Française. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 292, sér. 3: 299-302.
628. VAUGELAS (J. de): 1981. - Organic matter composition in lagoon sediments in French Polynesia. *4th Intern. Coral Reef Symp.*, Manila, Philippines: 70.
629. VAUGHAN (T.), 1917. - Corals and the formation of coral reefs. *Annual report of Smithsonian institution, Washington*: 189-238.
630. VENEZ-PEYRE (M.T.), 1982. - Etude de l'influence du milieu sur la distribution, la morphologie et la composition du test des foraminifères benthiques. Implications paléocéologiques. *Thèse Doctorat Etat-MHN-EPHE.*

631. VENEZ-PEYRE (M.T.) et SALVAT (B.), 1981. - Les Foraminifères de l'atoll de Scilly (Archipel de la Société): Etude comparée parée de la biocénose et de la thanatocénose. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 57 (2): 79-110.
632. VERGONZANNE (G.), 1979. - Scilly, atoll de l'archipel de la Société, Polynésie Française. Compte rendu préliminaire des observations scientifiques sur la population de tortues vertes (*Chelonia mydas*) de Scilly. *Bull. Antenne Tahiti Mus. natn. Hist. Nat. et EPHE*, 1: 59-61.
633. VERNOUX (J.P.) et BAGNIS (R.), 1976. - Fractionnements d'extraits lipidiques ciguatoxiques en milieu alcalin. *Biochimie* 58: 479-484.
634. VERVOORT (W.), VASSEUR (P.), 1977. - Hydroids from French Polynesia with notes on distribution and ecology. *Zoologische Verhandelingen*, 159: 1-98.
635. WALTERS (C.K.), 1968. - La biologie de *Ctenochaetus striatus*, un acanthuridé ciguatérigène de Tahiti. *Document de travail SPC/ICHT/WP. 13 présenté au Séminaire sur l'Ichtyosarcotoxisme organisé par la CPS à Papeete (Polynésie Française) du 16 au 22 août 1968. (Existe également en anglais.)*
636. WAUTHY (B.), DESROSIERES (R.), et LE BOURHIS (J.), 1967. - Importance présumée de l'ultraplancton dans les eaux tropicales oligotrophes du Pacifique Central Sud. *Cah. ORSTOM, série Océanogr.*, 5 (2): 109-116.
637. WAUTHY (B.), LE BOURHIS (J.), 1966. - Considération sur l'étude des pigments du phytoplancton marin en zone tropicale oligotrophe. *Cah. ORSTOM sér. Océanogr.*, 4 (4): 3, 19.
638. WIENS (H.), 1962. - Atoll environment and Ecology. *Yale Univ. Press, New Haven, Connecticut*.
639. WILLIAMS (H.), 1933. - Geology of Tahiti, Moorea and Maiao. *Bernice P. Bishop Museum*, 105.
640. WITTENBERG (A.), 1973. - La ciguatera en Polynésie Française. *Thèse Doctorat en Médecine. Marseille*: 76 pages.
641. WYRTKI (K.), FIRING (E.), HALPERN (D.), KNOX (R.), McNALLY (G.J.), PATZERT (W.C.), STROUP (E.D.), TAFT (B.A.), WILLIAMS (R.), 1981. - The Hawaii to Tahiti Shuttle Experiment. *Science*, 211 (4484): 22-28.
642. YASUMOTO (T.), BAGNIS (R.), THEVENIN (S.), GARCON (M.), 1977. - A survey of comparative toxicity in the Food chain of ciguatera. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 43 (8): 1015-1019.
643. YASUMOTO (T.), BAGNIS (R.), VERNOUX (J.P.), 1976. - Toxicity of the Surgeonfishes - II. Properties of the principal water soluble toxin. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 43 (3): 359-365.
644. YASUMOTO (T.), FUJIMOTO (K.), OSHIMA (Y.), INOUE (A.), OCHI (T.), ADACHI (R.), FUKUYO (Y.), BAGNIS (R.), 1980. - Ecological and

distribution studies on a toxic dinoflagellate responsible for ciguatera. *Rapport au Ministère de l'Education du Japon*. 50 p.

645. YASUMOTO (T.), HASHIMOTO (Y.), BAGNIS (R.), RANDALL (J.E.), BANNER (A.H.), 1971. - Toxicity of the surgeonfishes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 37 (8): 724-734.
646. YASUMOTO (T.), INOUE (A.), BAGNIS (R.), 1979. - Ecological survey of a toxic Dinoflagellate association with ciguatera, in Toxic Dinoflagellate Blooms. *Elsevier North Holland, Inc. Taylor/Soliger ods.* 221-224.
647. YASUMOTO (T.), INOUE (A.), OCHI (T.), FUJIMOTO (K.), OSHIMA (Y.), FUKUYO (Y.), ADACHI (R.), BAGNIS (R.), 1980. - Environmental studies on a toxic dinoflagellate responsible for ciguatera. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 46 (11): 1397-1404.
648. YASUMOTO (T.), NAKAJIMA (I.), BAGNIS (R.), ADACHI (R.), 1977. - Finding of a Dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 43 (8): 1021-1026.
649. YASUMOTO (T.), NAKAJIMA (I.), CHUNGUE (E.), BAGNIS (R.), 1977. - Toxins in the gut contents of a parrotfish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 43 (1): 69-74.
650. YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.), MURAKAMI (Y.), NAKAJIMA (I.), BAGNIS (R.), FUKUYO (Y.), 1980. - Toxicity of benthic dinoflagellates found in coral reef. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 (3): 327-331.

+ + + +

GEOMORPHOLOGIE

1 - 12 - 47 - 48 - 49 - 50 - 134 - 137 - 153 - 154 - 155 - 156 - 157 -  
177 - 178 - 189 - 194 - 195 - 198 - 201 - 202 - 218 - 221 - 222 - 223 -  
226 - 227 - 228 - 230 - 231 - 232 - 234 - 235 - 238 - 261 - 272 - 278 -  
313 - 314 - 319 - 331 - 342 - 347 - 360 - 374 - 377 - 378 - 379 - 380 -  
383 - 392 - 393 - 394 - 401 - 407 - 408 - 414 - 426 - 427 - 445 - 447 -  
448 - 449 - 450 - 451 - 452 - 468 - 545 - 547 - 551 - 554 - 557 - 572 -  
582 - 588 - 592 - 606 - 607 - 608 - 629 - 638 - 639.

MILIEU LIQUIDE

Météorologie et océanographie de la ZEE polynésienne:

53 - 138 - 158 - 159 - 200 - 253 - 385 - 611.

Milieu océanique:

13 - 216 - 219 - 220 - 252 - 255 - 256 - 257 - 259 - 320 - 321 - 322 -  
366 - 369 - 376 - 418 - 521 - 522 - 525 - 528 - 529 - 530 - 531 - 536 -  
609 - 636 - 637 - 641.

Lagons d'îles hautes:

51 - 135 - 154 - 233 - 237 - 296 - 315 - 364 - 415 - 443 - 453 - 462 -  
476 - 483 - 484 - 490 - 520 - 532 - 585 - 590 - 596 - 597 - 599.

Lagons d'atolls:

2 - 139 - 152 - 199 - 254 - 274 - 275 - 295 - 309 - 312 - 375 - 387 -  
388 - 412 - 413 - 485 - 488 - 489 - 492 - 493 - 519 - 526 - 527 - 533 -  
534 - 535 - 559 - 602 - 603 - 604.

LES EAUX SAUMATRES

8 - 10 - 132 - 271 - 295 - 328 - 386 - 391.

LA PRODUCTION BIOLOGIQUE

90 - 140 - 152 - 160 - 187 - 234 - 240 - 244 - 260 - 276 - 280 - 299 -  
300 - 303 - 304 - 305 - 306 - 312 - 316 - 323 - 324 - 343 - 344 - 345 -  
346 - 347 - 354 - 355 - 366 - 367 - 387 - 403 - 404 - 406 - 420 - 421 -  
422 - 430 - 439 - 455 - 456 - 460 - 461 - 462 - 463 - 464 - 466 - 484 -  
494 - 509 - 561 - 582 - 591 - 593 - 594 - 622 - 623 - 624 - 626 - 627 -  
628 - 630 - 631.

EXPLOITATION DU MILIEU

3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 139 - 144 - 145 - 146 - 147 - 213 - 214 - 215 - 262 -  
335 - 336 - 337 - 339 - 340 - 341 - 389 - 390 - 397 - 398 - 399 - 400 -  
446 - 457 - 458 - 550 - 573.

DEGRADATIONS ET NUISANCES

51 - 61 - 65 - 66 - 71 - 72 - 74 - 78 - 88 - 95 - 135 - 233 - 296 - 384 -  
395 - 443 - 453 - 485 - 586 - 590.

VALORISATION DU MILIEU

3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 13 - 14 à 46 - 214 - 215 - 234 - 237 - 241 - 261 -  
289 - 307 - 389 - 390.

LA GESTION

143 - 241 - 335 - 405 - 428 - 434 - 438 - 482 - 484 - 487 - 501 - 550 -  
555 - 562 - 563 - 565 - 566 - 571 - 572 - 573 - 575 - 585 - 586.

BIBLIOGRAPHIE COMPLEMENTAIRE\*

---

\*Mise à jour de la bibliographie principale.

- AISSAOUI (D.M), PURSER (B.H.), 1985. - Diagenèse récifale : la cimentation dans l'atoll de Mururoa. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 6 ; 3 : 257, 262.
- AMADE (P.), PESANDO (D.), 1985. - Etudes d'éponges polynésiennes : propriétés antibiotiques et isolements de quelques métabolites. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 9 ; 5 : 131-134.
- ANONYME, 1985. - Reconnaissance de la pente corallienne externe en vue de l'implantation d'une centrale E.T.M. Tahiti. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 12.
- ANONYME, 1985. - Température et courants sur la pente récifale externe de l'île de Tahiti (Polynésie Française) : description de leur variabilité. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 11.
- BABLET (J.P.), 1985. - Contribution à l'étude de la croissance d'un scléractiniaire de l'espèce Fungia paumotensis. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 16 ; 4 : 361-366.
- BAGNIS (R.), BENNETT (J.), BARSINAS (M.), CHEBRET (M.), JACQUET (G.), LECHAT (I.), CHANTEAU (S.), CHUNGUE (E.), DROLLET (J.H.), LEGRAND (A.M.), MITERMITE (Y.), POMPON (A.), RONGERAS (S.), TETARIA (C.), 1985. - Critères d'évaluation du risque ciguatérique chez l'homme. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 18.
- BAGNIS (R.), BENNETT (J.), BARSINAS (M.), CHEBRET (M.), JACQUET (G.), LECHAT (I.), MITERMITE (Y.), PEROLAT (Ph.), RONGERAS (S.), 1985. - Epidémiologie de la ciguatera en Polynésie Française de 1960 - 1984. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 4 : 475-482.
- BAGNIS (R.), CAIRE (J.F.), RAYMOND (A.), 1985. - Ciguatera : étude de l'implantation et de l'évolution d'une population de Gambierdiscus toxicus sur un substrat artificiel introduit en lagon d'atoll avec suivi de facteurs d'ambiance associés. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 19 ; 4 : 429-435.
- BAGNIS (R.), CHANTEAU (S.), CHUNGUE (E.), DROLLET (J.H.), LECHAT (I.), LEGRAND (A.M.), POMPON (A.), PRIEUR (C.), ROUX (J.), TETARIA (C.), 1985. - Comparaison des tests chats, souris et moustiques pour déterminer la ciguatoxicité des poissons. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 4 : 491-496.
- BAGNIS (R.), SELLER (P.J.), 1985. - Ciguatera et autres intoxications par des organismes récifaux. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 4 : 497-502.
- BARDINTZEFF (J.M.), BROUSSE (R.), GACHON (A.), 1985. - Conditions d'installation d'un récif corallien sur un volcan : Mururoa dans les Tuamotu et Rurutu dans les Australes. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 22 ; 6 : 401-405.
- BAY (D.), FALCONETTI (C.), JAUBERT (J.), 1985. - Etude in situ du métabolisme de deux espèces d'algues caulerpales du lagon de Takapoto. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 24 ; 6 : 649-654.
- BELL (J.D.), HARMELIN-VIVIEN (M.), GALZIN (R.), 1985. - Large scale spatial variation in abundance of butterflyfishes (Chaetodontidae) on polynesian reefs. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 5 : 421-426.

- BENON VON UNRUH (P.), RICARD (M.), 1985. - Spatio-temporal fluctuations of coastal zooplankton populations of Tahiti. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 29.
- BLANC (C.), INEICH (I.), BLANC (F.), 1983. - Composition et distribution de la faune des Reptiles terrestres en Polynésie Française. Bull. Soc. Et. océan., 18 (12) : 1323-1335
- BLANC (C.P.), INEICH (I.), 1985. - Statut taxonomique et distribution des Reptiles terrestres de Polynésie Française. Note préliminaire, C.R. Soc. Biogéog., 61 (3) : 91-99.
- BLANC (F.), 1983 - Estimation du polymorphisme enzymatique dans trois populations naturelles de nacre (Pinctada margaritifera) en Polynésie Française. C.R. Acad. Sci. Paris, 297 (3) : 199-202.
- BLANC (F.), DURAND (P.), SHINH-MILHAUD (M.), 1985. - Variabilité génétique des populations de nacre noire perlière Pinctada margaritifera (Mollusque Bivalve) de Polynésie. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 4 : 113-118.
- BLANCHET (G.), 1985 - Un aspect de la pêche artisanale en Polynésie Française : Les pièges à poissons de Tikehau. Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 25 : 115 pp.
- BLANCHET (G.), 1985. - Aspects économiques de la pêche (atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. ORSTOM Tahiti, 24 : 135-138.
- BLANCHET (G.), 1985. - Etude socio-économique de la pêche artisanale dans l'atoll de Tikehau. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 35; 5 : 583-587.
- BLANCHET (G.), BOREL (G.), PAOAAFAITE (J.), 1987. - Petite construction navale et pêche artisanale en Polynésie Française. Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 34 : 99 pp.
- BLANCHOT (J.), MOLL (P.), 1986. - Le zooplancton. Composition faunistique de la fraction 35 -> 2000 um. (Atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 28 : 169-180.
- BOUCHON (C.), 1983. - Les peuplements de sclérectiniaires de l'atoll de Takapoto (Polynésie Française). J. Soc. Océanistes, 39 (77) : 35-42.
- BOUCHON (C.), 1985. - Quantitative study of scleractinian coral communities of Tiahura reef (Moorea island, French Polynesia). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 279-284.
- BOUCHON-NAVARO (Y.), 1983. - Distribution quantitative des principaux poissons herbivores (Acanthuridae et Scaridae) de l'atoll de Takapoto (Polynésie Française). J. Soc. Océanistes, 34 (77) : 43-54.
- BOURROUILH-LE JAN (F.G.), 1985. - Essai de datation par stratigraphie isotopique des encoches et dépôts holocènes à pleistocènes de quelques îles hautes carbonatées (Atolls soulevés). Proc. Fifth Int. Coral Reef. Cong., Tahiti, 2 : 44; 3 : 125-130.

- BOURROUILH-LE JAN (F.) 1986. - Paradoxical rhodolite sedimentation and its diagenesis during miocene in the tropical Pacific - Possible modern equivalent in atolls. 12th Int. Sed. Cong., Canberra 1986, Abst. : 37-38.
- BOURROUILH-LE JAN (F.), 1987. - Diagenèse carbonatée et phosphatogénèse actuelles dans le lac méromictique du presqu'atoll de Clipperton. Application à Mare (Loyauté) et Makatea (Tuamotu). 1er cong. Fra. Séd. : 25.
- BOURROUILH-LE JAN (F.), 1987. - High energy hydrodynamic models for reworked shallow water carbonate gravity deposits : effects of hurricanes and/or tsunamis on nearby platforms. S.E.P.M. Conf., Ainhua : 8.
- BOURROUILH-LE JAN (F.), TALANDIER (J.), 1985. - Sédimentation et fracturation de haute énergie en milieu récifal : tsunamis, ouragans et cyclones et leurs effets sur la sédimentologie et la géomorphologie d'un atoll : motu et hoa, à Rangiroa, Tuamotu, Pacifique SE. Mar. Geol., 67 : 263-333.
- BOURROUILH-LE JAN (F.), TALANDIER (J.), 1987. - Hurricane or tsunami effects on atoll Rim : giants blocks formation, reef morphology and tentative datation. 8th Conf. Carb. Séd. : 14.
- BOURROUILH-LE JAN (F.), TALANDIER (J.), 1987. - Sédimentologie et géomorphologie d'un atoll : cyclone ou tsunami à Rangiroa, Tuamotu. 1er cong. Fra. Séd. : 34.
- BOURROUILH-LE JAN (F.), TALANDIER (J.), SALVAT (B.), 1985. - Early diagenesis from 6000 years ago and the geomorphology of atolls rims in the Tuamotu. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 3 : 235-240.
- BOURROUILH-LE JAN (F.G.), ALBOUY (Y.), BENERITTER (Y.) - 1985. - Un outil pour la connaissance d'un atoll : le magnétisme à Clipperton (E.NE Pacifique). implications géophysiques et géologiques. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 45,6; 6 : 407-412.
- BOURROUILH-LE JAN (F.G.), COUMES (F.), LEFOURNIER (J.), DENIZOT (M.), 1984. - Les environnements marins actuels des oncholites. Bahama et Polynésie. Dix. Réunion. Ann. Sc. Ter. Bordeaux, Soc. Géol. Fra. : 85.
- BROUSSE (R.), 1985. - L'âge des îles du Pacifique : volcanisme et installation corallienne. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 52; 6 : 389-400.
- BUIGUES (D.), 1985. - Principaux faciès et leur répartition dans l'atoll de Mururoa (Polynésie Française). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 55.
- BURLLOT (R.), FAISOLE (F.), HUMBERT (L.), LEBLANC (P.), PELISSIER-HERMITTE (G.), POUCHAN (P.), 1985. - Relation eau douce-eaux salée dans les systèmes carbonatés récifaux de Temae (Moorea). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 57 ; 6 : 1-5.
- CABRAL (P.), COEROLI (M.), MIZUNO (K.), 1985. - Données préliminaires sur la collecte de naissain de nacres (Pinctada margaritifera) en Polynésie Française. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 59, 5 : 177-182.
- CAILLART (B.), 1987. - Biologie et pêche d'espèces commerciales du lagon de Tikehau (Tuamotu). Thèse ENSA, Rennes. A soutenir.

- CAILLART (B.), FRANC DE FERRIERE (M.), MORIZE (E.), 1986 - Croissance de deux espèces de poissons du lagon, Lethrinus miniatus (Schneider) et Lutjanus fulvus (Schneider), évaluée par la lecture des otolithes (atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 30 : 1-44.
- CAILLART (B.), MORIZE (E.), 1986. - La production de la pêcherie de l'atoll en 1985 (Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 301 : 45-71.
- CARSIN (J.L.), 1985. - L'eutrophisation naturelle des eaux du lagon de Clipperton : matériels, méthodes, résultats, discussion. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 55.
- CHAINE (M.), 1985. - Notes sur quelques cyanophycées poussant sur des substrats artificiels immergés en lagon d'atoll (Tuamotu, Polynésie Française). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 69.
- CHARPY (L.), 1985. - Distribution and composition of particulate organic matter in the lagoon of Tikehau. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 72 ; 3 : 353-358.
- CHARPY (L.), 1985. - Matière organique et production phytoplanctonique du lagon (de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 24 : 51-62.
- CHARPY (L.), 1987. - Phytoplankton production in a Tuamotu atoll lagoon (French Polynesia). Pacif. Sci. Ass. Cong., Séoul, Aug. 87.
- CHARPY (L.), BONNET (S.), LEBORGNE (R.), 1986. - Environnement, matière organique particulaire et production phytoplanctonique (Atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 28 : 81-114.
- CHARPY-ROUBAUD (C.), 1986. - Le microphytobenthos : I. biomasse (premiers résultats) (Atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 28 : 1-50.
- CHARPY-ROUBAUD (C.), 1986. - Le microphytobenthos : II. production primaire (premiers résultats) (Atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 28 : 51-80.
- CHARPY-ROUBAUD (C.), 1987. - Comparaison et représentativité des méthodes d'étude de la production primaire benthique. Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 35 : 1-52.
- CHEVALIER (J.P.), 1980. - La croissance périodique des Scléractiniaires actuels et fossiles. Bull. Soc. Zool. Fra., 105 (2) : 301-308.
- CHEVALIER (J.P.), KUHLMANN (D.H.), 1983. - Les scléractiniaires de Moorea. Ile de la Société (Polynésie Française). J. Soc. Océanistes., 9 (77) : 55-75.
- COEROLI (M.), De GAILLANDE (D.), LANDRET (J.P.), AQUACOP, 1982. - Recent innovations in cultivation of molluscs in French Polynesia. Int. Symp. on recent innov. in cult. of Pacif. molluscs, La Jolla, 1-3 December 82.
- COEROLI (M.), MIZUNO (K.), 1985. - Etudes de différents facteurs influant sur la production perlière de l'huitre perlière à lèvres noires. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 80, 5 : 551-556.
- CONTE (E.), 1985. - Recherche ethno-archéologique sur l'exploitation du milieu marin à Napuka (Tuamotu). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., 2 : 87; 5 : 589-593.

- CUFFEY (R.J.), MONTAGGIONI (L.F.), 1986 - Discovery and significance of fossil reefal bryozans in the uplifted miocene "atoll" of Makatea (French Polynesia). Ann. Meet. Geol. Soc. America. Abst.
- D'HONDT (J.L.), 1985. - Bryozoa. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 407-411.
- DE NARDI (J.L.), RAYMOND (A.), RICARD (M.), 1983. - Etude des conséquences pour le lagon de Taunua des travaux d'extension du port de Papeete. Etude descriptive du site actuel. Rap. C.E.A.R. 5222, : 1-108.
- DEFARGE (C.), TRICHET (J.), SIU (P.), 1985. - Premières données sur la biogéochimie des dépôts de Kopara de l'atoll de Rangiroa. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2: 103; 3 : 365-370.
- DELESALLE (B.), 1982 - Hydrology and phytoplankton of Mataiva atoll (Tuamotu archipelago, French Polynesia). Int. Soc. Reef St., Leiden., Abst., : 30.
- DELESALLE (B.) et al., 1985. - Environmental survey of Mataiva atoll, Tuamotu archipelago, French Polynesia. Atoll Res. Bull., 286 : 1-34.
- DELESALLE (B.), 1985 - Phytoplankton abundance and diversity of Mataiva atoll (Tuamotu archipelago, French Polynesia). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 104.
- DELESALLE (B.), 1985. - Mataiva atoll, Tuamotu archipelago. Proc. Fifth Int. coral Reef Cong. Tahiti, 1 : 269-322.
- DUFOUR (H.), SIU (P.), 1985. - Contribution à l'étude de la lagune d'Hoā Vaimate (Atoll de Rangiroa, Tuamotu Nord). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 7-12.
- FAURE (G.), 1985. - Reef scleractinian corals of Rapa and Marotiri, French Polynesia (Austral islands). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 267-272.
- FLORENCE (J.), 1985. - Introduction à la flore et à la végétation (atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 24 : 74-97.
- FRAIZIER (A.), 1985. - Observations préliminaires sur la qualité des eaux douces dans deux atolls des Tuamotu. Rapp. C.E.A. R.5331 : 6.
- FRAIZIER (A.), DEBIARD (J.P.), BENENTE (P.), JOLLEN (R.), 1985. - Observations sur diverses formes de pollution d'un secteur littoral de Tahiti. Rapp. C.E.A. R.5307 : 56 pp.
- FRAIZIER (A.), FRANCK (D.), 1985. - Rôle de deux rivières de zones urbaines ou industrielles de Papeete (Tahiti) dans le transfert de divers métaux lourds en milieu lagunaire (Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Fe). Rapp. C.E.A. R.5303.
- FRAIZIER (A.), FRANCK (D.), BENENTE (P.), JOLLEN (R.), DEBIARD (J.P.), 1985. - Observations sur diverses formes de pollution du lagon de Tahiti. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 445-451.
- GABRIE (C.), PORCHER (M.), MASSON (M.), 1985 - Dredging in French polynesian coral reefs : toward a general policy of resource exploitation and site development. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 4 : 271-277.

- GABRIE (C.), SALVAT (B.), 1985. - General features of French polynesian islands and their coral reefs. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 1-16.
- GALZIN (R.), 1983. - Annual variation of coral reef fish community (Moorea - French Polynesia). Int. Soc. Reef. St., Nice, Abst., : 23.
- GALZIN (R.), 1984. - Evolution annuelle du peuplement ichthyologique de Moorea (Polynésie Française). Cybium, 8 (4) : 81-87.
- GALZIN (R.), 1985. - Ecologie des poissons récifaux de Polynésie Française. Variations spatio-temporelles des peuplements. Dynamique des populations de trois espèces dominantes des lagons Nord de Moorea. Evaluation de la production ichthyologique d'un secteur récifolagunaire. Thèse d'état, USTL, Montpellier, 25 mars 1985 : 195 p.
- GALZIN (R.), 1985. - Ecologie des poissons récifaux de Polynésie Française. Cybium, 9 (4) : 403-407.
- GALZIN (R.), 1985. - Spatial and temporal community structure of coral reef fish in French Polynesia. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 5 : 451-456.
- GALZIN (R.), 1986. - Habitats et habitudes alimentaires. 5 - Les poissons. Les poissons, généralités. A la découverte des poissons de récifs. Encyclopédie de la Polynésie. Le monde marin. 3 : 78-79, 84-85.
- GALZIN (R.), 1986. - Important characteristics of the coral reefs of French Polynesia. Thirt. Ann. Conf. Aus. Soc. Fish Biol., Darwin, 1986; Abst. : 48.
- GALZIN (R.), 1986. - Poissons récifaux et pêche polynésienne. Bull. Soc. Et. océan., 19 (11) : 32-41.
- GALZIN (R.), 1986. - Spatial and temporal community structure of coral reef fishes in French Polynesia. Conf. Hobart, 1986, Abstr., : 124.
- GALZIN (R.), 1987. - Potential fisheries yield of a Moorea fringing reef (French Polynesia) by the analysis of three dominant fishes. Atoll Res. Bull., 305 : 1-21.
- GALZIN (R.), 1987. - Structure of fish communities of French polynesian coral reefs. 1/ Spatial scales. Mar. Ecol. Prog. Ser., 41 : 129-136.
- GALZIN (R.), 1987. - Structure of fish communities of French polynesian coral reefs. 2/ Temporal scales. Mar. Ecol. Prog. Ser., 41 : 137-145.
- GALZIN (R.), BAGNIS (R.), BENNETT (J.), 1983. - Premier inventaire et distribution de la faune ichthyologique de l'atoll de Scilly (Polynésie Française). J. Soc. Océanistes, 39 (77) : 17-28.
- GALZIN (R.), BELL (J.), 1982. - Fish community structure of Mataiva atoll (Tuamotu archipelago, French Polynesia). Int. Soc. Reef. St., Leiden., Abst. : 31.
- GALZIN (R.), LEGENDRE (P.), 1988. - The fish communities of a coral reef transect. Pacific Science, 41 (1/4) : 158-165.
- GALZIN (R.), POINTIER (J.P.), 1985. - Moorea island, Society archipelago. Proc. Fifth Int. coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 73-102.

- GAUCHON (A.), BUIGUES (D.), 1985. - Phases d'abrasion d'un volcan et installation corallienne. Contribution de la morphologie du soubassement volcanique (Atoll de Mururoa, Polynésie Française). Proc. Fifth Int Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 141; 3 : 185, 191.
- GRAND (S.), 1985. - Importance de la pêche récifo-lagunaire en Polynésie Française. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 152, 5 : 495-500.
- GUILLE (A.), 1985. - Echinodermata. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 456-458.
- GUINOT (D.), 1985. - Crustacea. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 446-455.
- HARME LIN-VIVIEN (M.) et al., 1985. - Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. La Terre et la Vie, 40 : 467-539.
- HARME LIN-VIVIEN (M.), 1985. - Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau. Présentation générale de l'atoll (archipel des Tuamotu, Polynésie Française). Notes et Doc. océan. ORSTOM Tahiti, 24 : 2-27.
- HARME LIN-VIVIEN (M.), 1985. - Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française). Description des sites de l'excursion du 5ème congrès international sur les récifs coralliens. Notes et Doc. océan. ORSTOM Tahiti, 24 : 28-50.
- HARME LIN-VIVIEN (M.), BOUCHON-NAVARO (Y.), 1983. - Feeding sites and significance of coral feeding among Chaetodontidae fishes in Moorea (French Polynesia). Coral Reefs, 2 (2) : 119-127.
- HARME LIN-VIVIEN (M.), LABOUTE (P.), 1983. - Preliminary data on underwater effects of cyclones on the outer slopes of Tikehau island (Tuamotu, French Polynesia) and its fish fauna. Int. Soc. Reef St., Nice, Abst. : 26.
- HARME LIN-VIVIEN (M.), LABOUTE (P.), 1986. - Catastrophic impact of hurricanes on atoll outer reef slopes in the Tuamotu (French Polynesia). Coral Reefs, 5 : 55-62.
- HAUTI (A.), TEHOIRI (G.A.), TCHOUNG (M.), MATITAI (G.), 1986. - l'aquaculture nacrrière et perlière à Takapoto en 1986. Rapp. S.M.A., Papeete.
- HUMBERT (L.), DESSAY (J.), 1985. - Aspects de la dolomitisation de l'île de Makatea (Polynésie Française). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 189; 3 : 271,276.
- HUMBERT (L.), DESSAY (J.), 1985. - Dolomitization aspects of Makatea island (French Polynesia). Proc. Fifth Int. coral Reef Cong., Tahiti, 3 : 271-276.
- INEICH (I.), 1986. - Histoire naturelle du serpent marin *Pelamis platurus* (Linné, 1766). Bull. Soc. Et. océan., 20 (1) : 1-10.
- INEICH (I.), 1987. - Description d'une nouvelle espèce du genre *Emoia* (Sauria, Scincidae) en Polynésie Française. Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 9 (2) : 491-494.

- INEICH (I.), 1987. - Index synonymique des toponymes insulaires de Polynésie orientale et de l'île de Clipperton. Bull. Soc. Et. océan., 20 (3) : 42-51.
- INEICH (I.), 1987. - Recherches sur le peuplement des reptiles terrestres de Polynésie française. Thèse de doctorat, USTL, Montpellier, le 10 novembre 1987, : 504 pp.
- INTES (A.), 1986. - The pearl oyster in French Polynesia : the revival of an historic resource. PLES, 2 : 41-47.
- INTES (A.), 1987. - Lesser yellow legs in the Tuamotu archipelago, French Polynesia. ELEPAIO, 48 (2) : 14.
- INTES (A.), ARNAUDIN (H.), 1987. - Esquisse sédimentologique du lagon (Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 35 : 71-100.
- INTES (A.), COEROLI (M.), 1985 - Evolution et état des stocks naturels d'huitres nacrées et perlières (Pinctada margarifera L.) en Polynésie Française. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 193, 5 : 545-550.
- INTES (A.), COEROLI (M.), 1985. - L'huitre perlière de Polynésie Française. Bibliographie. Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 23 : 10 pp.
- INTES (A.), COEROLI (M.), 1986. - L'huitre nacrée et perlière. Encyclopédie de la Polynésie. Le monde marin, 3 : 52-54.
- INTES (A.), LABOUTE (P.), COEROLI (M.), 1986. - Le stock naturel de nacre (Pinctada margarifera L.) dans l'atoll de Scilly (Archipel de la Société, Polynésie Française). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 31 : 39 pp.
- JAMET (R.), 1985. - Les sols de l'atoll (de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 24 : 98-113.
- KENCHINGTON (R.A.), SALVAT (B.), 1984. - Man's threat to coral reefs. Coral Reef Management Handbook, UNESCO., 23-30.
- KUHLMANN (D.H.), CHEVALIER (J.P.), 1986. - Les coraux (Scléractiniaires et Hydrocoralliaires) de l'atoll de Takapoto, les Tuamotu : aspects écologiques. Mar. Ecol., 7 (1) : 75-104.
- LABOUTE (P.), 1985. - Evaluation des dégâts causés par les passages des cyclones de 1982-1983 en Polynésie Française sur les pentes externes des atolls de Tikehau et de Takapoto (Archipel des Tuamotu). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 211; 3 : 323-329.
- LABOUTE (P.), RICHER DE FORGES (B.), 1986. - Le volcan sous marin Mac Donald (Archipel des îles Australes). Nouvelles observations biologiques et géomorphologiques. Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 29 : 31 pp.
- LARRAMENDY (M.T.), DE NARDI (J.L.), 1983. - Etude de l'évolution physiochimique et bactériologique des lagons de Tahiti et de Moorea. Rapp. C.E.A. R.5235 : 67 pp.
- LE BEAU (A.), 1985. - Essai d'évaluation des pontes de la tortue verte Chelonia mydas (Linné) sur l'atoll de Scilly (Iles sous le vent, Polynésie Française) au cours des saisons 1982-1983 et 1983-1984. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 217; 5 : 487-493.

- LEBORGNE (R.), 1985. - Résultats préliminaires sur le zooplancton (Atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 24 : 73.
- LEBORGNE (R.), BONNET (S.), CHARPY (L.), 1986. - Le zooplancton. Biomasse, composition élémentaire, respiration, excrétion et production (Atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 28 : 115-154.
- LEBORGNE (R.), MOLL (P.), 1986. - Growth rates of the salp Thalia democratica in Tikehau atoll (Tuamotu Is.). Océanogr. Trop., 21 (2); 23-29.
- LEBORGNE (R.), MOLL (P.), 1986. - Le zooplancton. Note sur la production de Thalia democratica (Thaliacés, Salpides) (Atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 28 : 153-168.
- LECHAT (I.), PARTENSKI (F.), CHUNGUE (E.), 1985. - Gambierdiscus toxicus : culture et toxicogénèse. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 219; 4 : 443,448.
- LEFEVRE (M.), 1983. - Abundance and spatio-temporal distribution of zooplancton in the Moorea lagoon. Int. Soc. Reef St., Nice, Abst. : 20.
- LEFEVRE (M.), 1984. - Répartition de la biomasse zooplanctonique autour de l'île de Moorea (Polynésie Française). J. Rech. océan., 9 (1) : 20-22.
- LEFEVRE (M.), 1985. - Spatial variability of zooplanctonic populations in the lagoons of a high island (Moorea, French Polynesia). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 39-46.
- LENHARDT (X.), 1987. - Etude bathymétrique du lagon (de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 35 : 53-70.
- LENHARDT (X.), 1987. - Hydrodynamique des lagons d'atoll et d'île haute en Polynésie Française. Thèse Mus. Nat. Hist. Nat., Paris. A soutenir.
- MARQUET (G.), 1986. - Les anguilles de Tahiti : des travaux de J. Schmidt (1927) aux acquisitions récentes. Bull. Soc. Et. océan., 19 (12) : 23-39.
- MARQUET (G.), 1987. - Périlogie des anguilles de Tahiti-Moorea en Polynésie Française. Diplôme EPHE 3ème section, Paris, 2 décembre 1987, : 150 pp.
- MONNIOT (C.) 1987. - Variations morphologiques d'un copépode ascidicole en fonction des hôtes et des îles en Polynésie Française. Bull. Soc. Zool., France, 111 (1/2) : 149-157.
- MONNIOT (C.), MONNIOT (F.), LABOUTE (P.), 1985. - Ascidiées du port de Papeete (Polynésie Française) : relations avec le milieu naturel et apports intercontinentaux par la navigation. Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 7 (3) : 481-495.
- MONNIOT (C.), MONNIOT (F.), 1985. - Ascidiées. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 459-461.
- MONNIOT (C.), MONNIOT (F.), 1987. - Les ascidiées de Polynésie Française. Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 136 : 1-155.
- MONTAGGIONI (L.F.) et al., 1985. - Depositional environment and paleoecology of an early miocene atoll like reef platform (Makatea island, Central Pacific Ocean). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 575-580.

- MONTAGGIONI (L.F.) et al., 1985. - Geology and marine biology of Makatea, an uplifted atoll, Tuamotu archipelago, Central Pacific océan. J. Cost. Res., 1 (2) : 165-171.
- MONTAGGIONI (L.F.), 1985. - Makatea island, Tuamotu archipelago. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 103-158.
- MONTAGGIONI (L.F.), DELIBRIAS (G.), 1986. - Holocene reef growth, Moorea and Tahiti islands, central Pacific. 12th Int. Sed. Cong. Canberra, 1986, Abst., : 215.
- MONTAGGIONI (L.F.), PIRAZZOLI (P.A.), 1984. - The significance of exposed coral conglomerates from French Polynesia (Pacific Ocean) as indicators of recent relative sea-level changes. Coral Reefs, 3 : 29-42.
- MONTAGGIONI (L.F.), PIRAZZOLI (P.A.), 1984. - Utilisation des grès et conglomérats récifaux émergés en tant qu'indicateurs des variations récentes du niveau marin. Coll. Lyon Trav. Mais. Orient., 8 : 91-97.
- MONTAGGIONI (L.F.), RICHARD (G.), GABRIE (C.), MONTEFORTE (M.), NAIM (O.), PAYRI (C.), SALVAT (B.), 1985. - Les récifs coralliens de l'île de Makatea, archipel des Tuamotu, Pacifique Central : géomorphologie et répartition des peuplements. Ann. Inst. océan., 61 (1) : 1-26.
- MONTEFORTE (M.), 1983. - The carcinologic fauna (Decapod Reptantia and Stomatopod) of a typical high island reef complex of French Polynesia : zonation, community composition and trophic structure. Int. Soc. Reef St., Nice, Abst., : 24.
- MORIZE (E.), 1985. - Etude d'une pêcherie artisanale de l'atoll de Tikehau (Tuamotu, Polynésie Française). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 5 : 501-506.
- MORIZE (E.), 1985. - La zone de pêche dans le lagon : étude d'une pêcherie artisanale (atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 24 : 63-72.
- MORIZE (E.), 1987. - The commercial exploitation of fishes in the atoll of Tikehau (Tuamotu archipelago, French Polynesia). Portobello Symp., New Zealand, Aug. 87.
- MORIZE (E.), CAILLART (B.), 1987. - Modelisation de la croissance de Epinephelus microdon (Blecker) obtenue à partir de marquage. Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 35 : 101-114.
- NAIM (O.), 1981. - Effects of coral sand extraction on the small mobile fauna associated with the algae of a fringing reef (Moorea, French Polynesia). Proc. Fourth Int. Coral Reef Symp., Manila, I : 123-127.
- NAIM (O.), 1985. - Polychaetes. In Fauna and Flora : a first compendium of French Polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 404-406.
- ODINETZ (O.), 1982. - Man-made disturbance and physical factors affecting the community structure of coral crustacean associates. Int. Soc. Reef St., Leiden. Abst., : 32.

- ODINETZ (O.), 1983. - Community structure of crustaceans associated with Pocillopora corals in French Polynesia with a preliminary study on Guam (Micronesia). 15th Pacif. Sci. Cong., Dunedin, 2 : 178-179.
- ODINETZ (O.), 1983. - Coral mucus as a limiting factor for crustacean communities associated with Pocillopora corals. Int. Soc. Reef St., Nice, Abst., : 18.
- ODINETZ (O.), 1984. - Dépendance alimentaire des Crustacés Décapodes associés aux Madréporaires du genre Pocillopora vis à vis du mucus secrété par la colonie hôte. J. Rech. océan., 9 (1) : 29-31.
- ODINETZ (O.), RICHER DE FORGES (B.), 1985. - Ecology of decapod crustaceans associated with Pocillopora corals from Polynesia and Guam (Micronesia). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 5 : 197-203.
- PAYRI (C.), 1983. - Features of the algal community of Tiahura lagoon (Moorea island, French Polynesia). Int. Soc. Reef St., Nice, Abst., : 21.
- PAYRI (C.), 1984. - Variations biologiques et morphologiques en fonction du milieu chez Turbinaria ornata (Turner) J. Agardh (Phéophycées) du récif de Tiahura - île de Moorea - Polynésie Française. Bot. Mar., 27 : 327-333.
- PAYRI (C.), 1987. Variabilité spatiale et temporelle de la communauté des macrophytes des récifs coralliens de Moorea (Polynésie Française). Contribution des algues au métabolisme du carbone de l'écosystème récifal. Thèse d'état, USTL, Montpellier, 3 juin 1987, : 318 pp.
- PAYRI (C.), MEINESZ (A.), 1985. - Taxonomy and distribution of the genus Halimeda (Chlorophyta, Caulerpales) in French Polynesia. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 641-648.
- PAYRI (C.), MEINESZ (A.), 1985. - Algae. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong. Tahiti, 1 : 498-518.
- PAYRI (C.), NAIM (O.), 1982. - Variations entre 1971 et 1980 de la biomasse et de la composition des populations des macroalgues sur le récif corallien de Tiahura (île de Moorea, Polynésie Française). Cryp. Alg., 3 (3) : 229-240.
- PEYROT-CLAUSADE (M.), 1985. - Motile cryptofauna modifications related to coral degradation on Tiahura coral reef flat (Moorea Polynesia). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 459-464.
- PEYROT-CLAUSADE (M.), 1987. - Décapodes brachyours et anomours (à l'exclusion des Paguridae) de la faune cavitaire de l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu - Polynésie Française). Xè réun. carc. Lang. Fra., Concarneau, : 6.
- PICHON (M.), 1985. - Organic production and calcification in some coral reefs of Polynesia. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 173-178.
- PICHON (M.), 1985. - Scléractinia. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1, : 399-406.

- PIRAZZOLI (P.) et al., 1985. - Leeward islands Maupiti, Tupai, Bora-Bora, Huahine, Society archipelago. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 17-72.
- PIRAZZOLI (P.), 1982. - Télédétection des récifs coralliens par satellite. Bull. Ass. Geog. Fra. Paris, 490 : 276-279.
- PIRAZZOLI (P.), 1983. - An active flexuring of the lithosphere in the Society islands (French Polynesia) evidence from the late holocene shorelines. Int. Un. Geod. Geophys. 18th Gen. Ass. I.C.L., Hamburg., Abst., : 95.
- PIRAZZOLI (P.), 1983. - Déterminations bathymétriques par télédétection dans l'archipel des Gambier (Polynésie Française). Coll. Geo. Am. Télé. Spa., Chantilly, Abst.
- PIRAZZOLI (P.), 1983. - Mise en évidence d'une flexure active de la lithosphère dans l'archipel de la Société (Polynésie Française), d'après la position des rivages de la fin de l'holocène. C.R. Acad. Sci., Paris, 296 (2) : 695-698.
- PIRAZZOLI (P.), 1985. - Bathymetric mapping of coral reefs and atolls from satellite. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 6 : 539-544.
- PIRAZZOLI (P.), 1987. - A reconnaissance and geomorphological survey of Temoe atoll, Gambier islands (South Pacific). J. Coast. Res., 3 (3) : 307-323.
- PIRAZZOLI (P.), FONTES (J.C.), 1982. - Late holocene sea-level changes in the Central Pacific : a 1000 km long North South transect of French Polynesia. 11 INQUA Cong. Abst., 2 : 247.
- PIRAZZOLI (P.), MONTAGGIONI (L.), 1984. - Variations récentes du niveau de l'océan et du bilan hydrologique dans l'atoll de Takapoto (Polynésie Française). C.R. Acad. Sci., Paris. 299 (7) : 321-326.
- PIRAZZOLI (P.), MONTAGGIONI (L.), 1985. - Lithospheric deformation in French Polynesia (Pacific Ocean) as deduced from quaternary shorelines. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 3 : 195-200.
- PIRAZZOLI (P.), MONTAGGIONI (L.), 1986. - Late holocene sea-level changes in the northwest Tuamotu islands, French Polynesia. Quart. Res., 25 : 350-368.
- PIRAZZOLI (P.), MONTAGGIONI (L.), DELIBRIAS (G.), FAURE (G.), SALVAT (B.), 1985. - Late holocene sea-level changes in the Society islands and in the Northwest Tuamotu atolls. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 3 : 131-136.
- PIRAZZOLI (P.), MONTAGGIONI (L.), VERGNAUD-GRAZZINI (C.), SALIEGE (J.F.), 1987. - Late holocene sea levels and coral reef development in Vahitahi atoll, eastern Tuamotu islands, Pacific Ocean. Mar. Geol., 76 : 105-116.
- PIRAZZOLI (P.), VEEH (H.), 1987. - Age  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  d'une encoche émergée et vitesses de soulèvement quaternaire à Rurutu, îles Australes. C.R. Acad. Sci., Paris, 305 : 919-923.
- PIRAZZOLLI (P.) et al., 1987. - Vitesse de croissance latérale des platiers et évolution morphologique récente de l'atoll de Reao, îles Tuamotu, Polynésie Française. Ann. Inst. océan., Paris, 63 (1) : 57-68.

- POINTIER (J.P.), 1986. - Les mollusques terrestres et des eaux douces. Encyclopédie de la Polynésie. Flore et Faune, 2 : 82-83.
- POINTIER (J.P.), BLANC (C.), 1984. - Achatina fulica en Polynésie Française. Répartition, caractéristiques des populations et conséquences de l'introduction de l'escargot prédateur Euglandina rosea en 1982-1983. Bull. Soc. Et. océan., 19 (228) : 1637-1653.
- POINTIER (J.P.), BLANC (C.), 1985. - Achatina fulica en Polynésie Française. Répartition, caractérisation des populations et conséquences. Mal. Abhand., 11 (1) : 1-15.
- PORCHER (M.), DUPUY (M.), 1985. - La prise en compte de l'environnement dans l'aménagement du littoral en zone récifale : application en Polynésie Française. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 303; 6 : 557-562.
- PORCHER (M.), GABRIE (C.), 1985. - Effet des extractions de matériaux coralliens sur les récifs de Tahiti (Polynésie Française). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 304.
- POUCHAN (P.), BURLLOT (R.), HUMBERT (L.), PELISSIER-HERMITTE (G.), 1985. - Ressources en eau et propriétés réservoir des systèmes récifaux insulaires. Proc. Fifth Int. coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 307.
- POULSEN (M.K.), INTES (A.), MONNET (C.), 1985. - Observations sur l'avifaune en octobre 84 (atoll de Tikehau, Tuamotu). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 24 : 114-124.
- PURSER (B.H.), AISOUI (D.M.), 1985. - Diagenèse récifale : dolomitisation et dédolomitisation dans l'atoll de Mururoa (Polynésie française). Proc. Fifth Int. Coral Reef. cong., Tahiti, 2 : 334; 6 : 381-384.
- RANDALL (J.E.), 1985. - Fishes. In Fauna and Flora, a first compendium of French Polynesia sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 462-481.
- RENON (J.P.), DUDEMAINE (M.), DROUET (J.), 1985. - Un piège à émergence à collecteurs multiples pour l'étude des migrations planctoniques verticales en milieu corallien. J. Plankt. Res., 7 (1) : 19-34.
- RENON (J.P.), 1985. - Emergence rythms of coral reefs zooplankton. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 321.
- RENON (J.P.), LEFEVRE (M.), 1985. - Zooplankton. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 387-392.
- RICARD (M.), 1981. - Some effects of dredging on the primary production of the Tiahura in Moorea (Society islands, French Polynesia). Proc. Fourth Int. Coral Reef Symp., Manila., 1 : 431-436.
- RICARD (M.), 1983. - Primary productivity of an high lagoon : fonctionning of Tiahura lagoon Moorea island (French Polynesia). Int. Soc. Reef. St., Nice, Abst., : 20.

- RICARD (M.), 1984. - Primary production of mangrove lagoon waters. In : Por, F.D. and Dor, I., (Eds.), Hydrobiology of the mangal, The Hague, 163-177.
- RICARD (M.), 1985. - Rangiroa atoll, Tuamotu archipelago. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 159-210.
- RICARD (M.), 1985. - Main features of phytoplankton population of atolls and high islands lagoon waters. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 323.
- RICARD (M.), 1985. - Phytoplankton. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Coral Reef, Cong., Tahiti, 1 : 482-497.
- RICARD (M.), DELESALLE (B.), 1983. - Hydrological and phytoplanktonological features of land-locked Taiaro atoll (Tuamotu archipelago, French Polynesia). 15th Pacif. Sci. Cong., Dunedin., : 197.
- RICARD (M.), DELESALLE (B.), GABRIE (C.), POINTIER (J.P.), 1983. - Main biological, hydrological and sedimentological features of lake Vaihiria (Tahiti, French Polynesia). 15th Pacif. Sci. Cong., Dunedin., 2 : 198.
- RICARD (M.), ROUGERIE (F.), 1983. - Primary productivity of atolls and high islands lagoons of the Southern Pacific Ocean : a comparison of this functioning. 15th Pacif. Sci. Cong., Dunedin, 2 : 1988.
- RICHARD (G.), 1983. - Growth and production of Chama iostoma in Takapoto atoll lagoon (Tuamotu French Polynesia). Int. Soc. Reef St., Nice, Abst., 24.
- RICHARD (G.), 1983. - Biogéographie des Conidae Indo-Pacifique. Xenophora, 14 : 8-21.
- RICHARD (G.), 1983. - Importance de la production malacologique dans les écosystèmes marins de Polynésie Française. J. Soc. Océanistes, 39 (77) : 77-87.
- RICHARD (G.), 1984. - Rapa la méconnue (aux frontières de la province Indo-Pacifique). Xenophora, 24 : 7-16.
- RICHARD (G.), 1985. - Mollusca. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 379-520.
- RICHARD (G.), 1985. - The malacological fauna of Rapa (Austral islands) examined in the context of French Polynesia and the Indo-Pacific special ecological and geographical features. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 324.
- RICHARD (G.), 1985. - Conidae de Polynésie Française. Xenophora, 26 : 19-20, 27 : 7-18, 28 : 9-20.
- RICHARD (G.), 1985. - Croissance et production de Chama iostoma dans le lagon de Takapoto (Tuamotu - Polynésie Française). At. Res. Bull., 292 : 11-22.
- RICHARD (G.), 1985. - Apport des laisses cycloniques dans la connaissance de la faune malacologique des pentes externes en Polynésie Française. 6è Cong. Soc. Fra. Mal., Wimereux, 1985, Abst., : 22-23.

- RICHARD (G.), 1986. - Les Tridacnidae. *Xenophora*, 34 : 9-15.
- RICHARD (G.), 1986. - La croissance et l'âge des coquillages. Coquillages dangereux. Encyclopédie de la Polynésie. Le monde marin. 3 : 48-51.
- RICHARD (G.), TRONDLE (J.), SALVAT (B.), 1984. - Nassariidae de Polynésie Française. *Xenophora*, 21 : 7-18.
- ROUGERIE (M.), RICARD (M.), MAZAURY (E.), 1984. - Le lagon de l'atoll de Mururoa. *Rapp. C.E.A.*, 5236 : 1-92.
- ROUGERIE (F.), WAUTHY (B.), 1986. - Le concept d'Endo-upwelling dans le fonctionnement des atolls oasis. *Océan. Acta*, Paris, 9 (2) : 133-148.
- SACHET (M.H.), 1983. - Végétation et flore terrestre de l'atoll de Scilly (Fenua Ura) *J. Soc. Océanistes*, 39 (77) : 29-34.
- SALVAT (B.), 1983. - La faune benthique du lagon de l'atoll de Scilly, archipel de la Société. *J. Soc. Océanistes*, 39 (77) : 3-15.
- SALVAT (B.), 1983. - World coral reef conservation. 15th. *Pacif. Sci. Cong.*, Dunedin., 2 : 204.
- SALVAT (B.), 1984. - Histoire des ressources marines vivantes du Pacifique Sud. *J. Soc. Océanistes*, : 275-281.
- SALVAT (B.), 1985. - An integrated (geomorphological and economical) classification of French polynesian atolls. *Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong.*, Tahiti, 2 : 337.
- SALVAT (B.), 1986 - Les îles hautes volcaniques et les atolls ou îles basses coralliennes. Encyclopédie de la Polynésie. Les îles océaniques, 1 : 89-94.
- SALVAT (B.), 1986. - Origines de la vie dans les îles. Encyclopédie de la Polynésie. Flore et faune terrestres. 2 : 9-24.
- SALVAT (B.), 1986. - Le littoral corallien. Encyclopédie de la Polynésie. Le monde marin, 3 : 9-24, 41-47, 66-72, 121-136.
- SALVAT (B.), 1987. - Human impacts on coral reefs : facts and recommendations. Antenne Museum EPHE, French Polynesia, B. Salvat ed., ISBN : 2.905630.06.X, : 1-253.
- SALVAT (B.), 1987. - Dredging in coral reefs. In : Human impacts on coral reefs : facts and recommendations. B. Salvat ed., : 165-184.
- SALVAT (B.), RICHARD (G.), 1985. - Takapoto atoll, Tuamotu archipelago. *Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong.*, Tahiti, 1 : 323-378.
- SALVAT (B.), SIBUET (M.), LAUBIER (L.), 1985. - Benthic megafauna observed from the submersible "Cyana" on the fore-reef slope of Tahiti (French Polynesia) between 70 and 1100 metres. *Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong.*, 1 : 338.
- SODTER (F.), 1985. - Eléments d'une histoire démographique (atoll de Tikehau, Tuamotu). *Notes et Doc. océan.*, ORSTOM Tahiti, 24 : 125-134.

- TALANDIER (J.), BOURROUILH-LE JAN (F.J.), 1985. - La diagenèse précoce depuis 6000 ans et la géomorphologie des couronnes atolliennes aux Tuamotu. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 374.
- TALANDIER (J.), BOURROUILH-LE JAN (F.), 1987. - High energy sedimentation in French Polynesia : cyclone or tsunami? In : Natural and Man-made Hazards, El-Sabh and Murty eds., Pub. Com., : 181-187.
- THOMASSIN (B.A.), JOUIN (C.), RENAUD-MORNANT (J.), RICHARD (G.), SALVAT (B.), 1982. - Macrofauna and meiofauna in the coral sediments of the Tiahura reef complex Moorea island (French Polynesia). Tethys, 10 (4) : 392-397.
- TOFFART (J.L.), 1986. - Compte-rendu de congrès. 5è congrès international sur les récifs coralliens, Tahiti - Polynésie Française, 27 mai-1er juin 1985. Cybium, 10 (3) : 292-294.
- TRONDLE (J.), 1983. - Terebridae de Polynésie Française. Xenophora, 15 : 7-17.
- VASSEUR (P.), 1985. - Etude des peuplements sciaphiles fossiles des récifs coralliens de Polynésie Française (île de Moorea et atoll de Takapoto). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 5 : 147-152.
- VAUGELAS (J. de), 1983. - First record of the Callianassa (Crustacea, Thalassinidea) Callichirus armatus. A. Milne Edward, 1870 in polynesian islands (Tahiti, Moorea and Mataiva). Int. Soc. Reef. st., Nice, Abst., : 23.
- VAUGELAS (J. de), DELESALLE (B.), MONTIER (C.), 1986. - Aspects of the biology of Callichirus armatus. A. Milne Edwards, 1870 (Decapoda, Thalassinidea). Crustaceana, 50 (2) : 204-216
- VAUGELAS (DE) (J.), 1985. - La bioturbation par les callianasses en milieu lagunaire récifal : connaissances actuelles et perspectives. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 386; 6 : 617-622.
- VENEC-PEYRE (M.T.), 1981. - A propos de quelques espèces de Foraminifères. Cymbaloporetta milletti (H.A. et E.), Tretomphalus bulloides (d'O.) et Rosalina globularis (d'O.). Cah. Micro. Pal., 4 : 121-130.
- VENEC-PEYRE (M.T.), 1981. - Etudes de la distribution des foraminifères vivants dans le lagon de l'île haute volcanique de Moorea (Polynésie Française). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 5 : 227-232.
- VENEC-PEYRE (M.T.), 1985. - Foraminifera. In Fauna and Flora, a first compendium of French polynesian sea-dwellers. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 1 : 393-398.
- VENEC-PEYRE (M.T.), 1985. - Le rôle de certains Foraminifères dans la bioérosion et la sédimentogenèse. C.R. Acad. Sci., Paris, 300 (2) : 83-88.
- VENEC-PEYRE, (M.T.), 1987. - Boring Foraminifera in French polynesian coral reefs. Coral Reefs, 5 : 205-212.
- VENEC-PEYRE (M.T.), LE CALVEZ (Y.), 1986. - Foraminifères benthiques et phénomènes de transfert : importance des études comparatives de la biocénose et de la thanatocénose. Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, 8 (2) : 171-184.

VILLIERS (L.), SIRE (J.Y.), 1985. - croissance et détermination de l'âge individuel de Tubo setosus, atoll de Hao (Tuamotu, Polynésie Française). Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 393 ; 5 : 165-170.

VILLIERS (L.), CHRISTIEN (D.), SEVERE (A.), 1987. - Investigations sur l'écologie des sables lagunaires biogènes de l'atoll de Mururoa (Tuamotu, Polynésie Française). Notes et Doc. océan., ORSTOM Tahiti, 36 : 98 pp.

WOOD (C.M.), BOUTILIER (R.G.), RANDALL (D.J.), 1983. - Physiology of the land crab, Cardisoma cardifex under deshydration stress. Symp. Resp. Osmoregul., Strasbourg, Abst.

YEN (S.), 1985. - L'exploitation du Troca (Trochus niloticus L.) en Polynésie Française. Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti, 2 : 417, 557-561.