

ISSN 0755 3412

OCEANOGRAPHIE

Notes et Documents N° 43

1990

Les lagons d'atolls en Polynésie Française :
Bilan des travaux du programme "ATOLL"
(1981-1987)

A. INTES

C. CHARPY - ROUBAUD

L. CHARPY

L. LEMASSON

E. MORIZE

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

ORSTOM

**NOTES ET DOCUMENTS
N° 43**

OCEANOGRAPHIE

**ORSTOM
TAHITI
1990**

POLYNESIE FRANCAISE

LES LAGONS D'ATOLLS
EN POLYNESIE FRANCAISE :

BILAN DES TRAVAUX DU PROGRAMME "ATOLL"
(ANNEES 1981 - 1987)

André INTES *

Claude CHARPY-ROUBAUD**

Loïc CHARPY**

Lionel LEMASSON**

Eric MORIZE*

* Centre ORSTOM de Brest - BP 70 - 29280 Plouzané - France

** Centre ORSTOM de Tahiti - BP 529 - Papeete - Tahiti

SOMMAIRE

AVERTISSEMENT AU LECTEUR	7
AVANT-PROPOS	9
I. LE PROGRAMME "ATOLL"	11
1. LA MISE EN PLACE	13
2. PROBLEMATIQUE ET STRUCTURE	19
3. QU'EST-CE QU'UN ATOLL ?	25
II. L'ATOLL DE TIKEHAU	31
1. LE SITE	33
2. LE MILIEU PHYSIQUE	43
3. LE MILIEU VIVANT	65
4. LA RESSOURCE	91
III. L'ATOLL DE TAKAPOTO	107
1. L'EXPLOITATION DES HUITRES PERLIERES	109
2. LES STOCKS NATURELS	113
CONCLUSIONS	125
BIBLIOGRAPHIE	127

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Ce recueil ne constitue pas une publication scientifique au sens habituel car il a été conçu comme un document de travail destiné à faire le point sur un programme de recherche dans le cadre d'un processus d'évaluation interne. Il a également servi de base pour une réflexion prospective sur les objectifs des études que l'ORSTOM se propose de poursuivre sur les atolls de Polynésie Française et qui devraient se développer à partir de 1991.

Ce document brosse un tableau exhaustif de toutes les activités poursuivies pendant cinq ans, entre 1982 et 1987, dans le cadre du programme "ATOLL" et il exprime les résultats acquis, dans l'état actuel de l'interprétation des données rassemblées au cours de cette période. L'exposé se déroule dans une séquence logique, correspondant dans ses grandes lignes à la structure opérationnelle du programme, partant du milieu physique pour arriver aux exploitations anthropiques des ressources en passant par les productions de base du système lagonaire.

Afin de faciliter une lecture rapide, chaque chapitre se termine par un résumé qui apparait en caractères italiques.

Une bibliographie exhaustive des travaux réalisés est donnée à la fin du document et les références sont rappelées par leur numéro d'ordre en tête de chaque sujet les concernant.

Quelques mots tahitiens sont utilisés dans le texte. Ils désignent des unités géomorphologiques très précises, spécifiques des atolls et certains sont même admis dans le vocabulaire scientifique. Ce sont :

FEO : Structure calcaire aérienne, s'élevant à quelques mètres au dessus du substrat environnant et située sur la couronne ou le platier récifal. Elle est le témoin de mouvements tectoniques ayant entraîné un basculement de l'île.

HOA : Chenal de communication situé entre les îlots émergés de la couronne par lequel s'établissent des échanges entre le platier externe et le lagon. Au niveau du platier, la profondeur n'excède pas quelques décimètres.

KARENA : Pinnacle corallien dont la partie supérieure est subsuperficielle et de dimensions variables (de quelques mètres à plus de 100 mètres).

MOTU : Ilot émergé et généralement couvert de végétation, situé sur la couronne récifale. Toujours de nature détritique. Par extension, ce mot peut également désigner les îlots du lagon.

AVANT-PROPOS

Le programme "atoll" a démarré sur le terrain en octobre 1982 par une mission pluridisciplinaire de prise de contact avec le milieu qui a duré 35 jours et à laquelle ont participé une douzaine de scientifiques de l'ORSTOM et du Muséum-EPHE. La nécessité d'opérer à partir d'une base fixe dotée des moyens nécessaires s'est rapidement imposée. Une station a pu être équipée dans des locaux loués dans le courant de l'année 84 et un laboratoire de chimie a été rendu opérationnel dans des conditions correctes. Cette implantation a permis au programme de se développer jusqu'à la fin de l'essentiel des actions en fin 87, courant 88. Si les conditions matérielles se sont améliorées au fur et à mesure du déroulement du programme, il faut souligner que l'insertion des activités de l'ORSTOM dans la vie de l'île s'est également réalisée progressivement. De vives inquiétudes ont été formulées par la population au cours des premières missions, portant en particulier sur l'exploitation des phosphates, problème sur lequel les habitants étaient sensibilisés après l'exemple de l'île soeur de Mataiva. Grâce à l'enthousiasme et à la persuasion des chercheurs, les difficultés se sont aplanies et finalement, les scientifiques se sont tous très bien adaptés à la communauté villageoise, sur la base d'une compréhension et d'un respect mutuels qui doivent impérativement être préservés.

Je tiens à remercier personnellement les jeunes chercheurs à cette occasion pour s'être montrés particulièrement sensibles aux problèmes soulevés par une population très accueillante, mais vigilante sur la qualité de son cadre de vie.

André INTES
Septembre 1990

I. LE PROGRAMME "ATOLL"

1. LA MISE EN PLACE

2. PROBLEMATIQUE
ET STRUCTURE

3. QU'EST-CE QU'UN ATOLL ?

1. LA MISE EN PLACE

LE CONTEXTE SCIENTIFIQUE
INSTITUTIONNEL

INSERTION DANS
LE DISPOSITIF POLYNESIEN

LES MOTIVATIONS

LE CHOIX DES SITES

DEROULEMENT
DES OPERATIONS
SUR LES SITES RETENUS

L'INSERTION DU PROGRAMME DANS LE DISPOSITIF POLYNESIEN

Dans ce contexte, la voie sur laquelle l'ORSTOM pouvait mettre un programme en oeuvre était relativement étroite : les ressources et leur gestion constituaient cependant un créneau porteur pratiquement inoccupé.

En Polynésie, très peu d'études antérieures aux années 80 traitent des atolls et de leur lagon, hormis les travaux effectués dans le cadre du projet M.A.B. (Man And Biosphere sous l'égide de l'UNESCO) à Takapoto et les quelques études publiées sur Mururoa. Les connaissances acquises sur les ressources marines des atolls demeurent fragmentaires et incomplètes, particulièrement en ce qui concerne la biologie des espèces d'intérêt commercial et la gestion de leurs stocks.

L'ORSTOM a d'abord répondu favorablement à la demande du territoire pour une étude sur les stocks naturels d'huîtres perlières en signant une convention avec le service de la pêche en 1981. Cette ressource est exclusivement présente en quantités exploitables dans les lagons d'atolls, notamment dans l'Archipel des Tuamotu-Gambier, et l'étude conventionnelle devait donc porter sur ces îles.

Le contexte institutionnel scientifique, la pauvreté relative des connaissances de base sur les atolls et le démarrage des activités de l'ORSTOM ont conduit à analyser les motivations qui pourraient amener à développer un programme de recherche sur les atolls.

LES MOTIVATIONS DU PROGRAMME

Ces motivations sont essentiellement de deux ordres. Elles répondent à une problématique scientifique et tiennent compte des préoccupations économiques du territoire qui sont identiques à celles des états insulaires de la région.

MOTIVATIONS SCIENTIFIQUES

Les atolls sont des enclaves étonnamment productrices en regard de l'océan oligotrophe qui les entoure dans cette région et chaque île se comporte comme une unité fonctionnelle caractérisée par l'intensité de ses échanges avec l'océan. La question posée est de savoir si le flux de sels nutritifs d'origine océanique entrant dans le système conditionne sa productivité ou si le système possède des sources originales de nutriments. La productivité élevée conduit-elle à des exportations de matière organique importantes ? La production est réalisée dans le réseau trophique et une des questions posées est de savoir quelle est la contribution des espèces ressources dans cette production.

LE CONTEXTE SCIENTIFIQUE INSTITUTIONNEL EN POLYNESIE FRANÇAISE

Le dispositif de recherche déployé en Polynésie comporte plusieurs organismes à vocations différentes, relevant des autorités locales ou métropolitaines, qui sont impliqués dans des thèmes de recherche spécifiques :

Organismes métropolitains :

Le CEA (SMCB, SMSR, LESE) s'intéresse aux pollutions nucléaires éventuelles sur toute la zone et poursuit des actions ponctuelles (le plus souvent confidentielles) sur les îles cibles des tirs : Mururoa, Fangataufa.

L'IFREMER (Centre Océanologique du Pacifique) est tourné vers l'aquaculture en milieu tropical.

Les activités du MUSEUM - EPHE, basé sur l'île de Moorea, s'articulent autour de 7 thèmes scientifiques et sont conduites sous forme de missions de durée limitée sur les sites. Le lagon de Moorea est l'espace laboratoire privilégié de cet organisme dirigé par Bernard Salvat.

Organismes territoriaux :

L'institut MALLARDE est leader dans les problèmes liés à la Ciguatera.

Le SERVICE de la PECHE (devenu au fil des ans ORERO puis EVAAM + SMA (Etablissement de Valorisation des Activités Aquacoles et Maritimes ; Service de la Mer et de l'Aquaculture) est un établissement essentiellement technique.

Les lagons se prêtent particulièrement bien à une approche de cette nature car ils constituent des milieux parfaitement délimités géographiquement dans lesquels les entrées et les sorties sont quantifiables et permettent donc de dresser des bilans. En outre, ce sont des édifices bioconstruits d'origine corallienne éloignés des îles hautes et des continents, préservés des apports terrigènes : ils constituent des unités fonctionnelles typiques et "pures" qui peuvent être considérées comme des modèles fondamentaux d'écosystèmes coralliens.

La zoogéographie du Pacifique veut que la Polynésie soit très éloignée des pôles de diversité spécifique maximum occidentaux et que sa faune ne comporte plus globalement qu'environ 30% de la faune de ces pôles. On assiste ici à une simplification du système par la diminution du nombre des espèces présentes ce qui simplifie théoriquement l'étude de son fonctionnement.

Enfin, les lagons d'atolls renferment des ressources dont les cycles vitaux demeurent largement inconnus ainsi que les potentialités de leurs stocks.

MOTIVATIONS ECONOMIQUES

Les productions réelles ou potentielles sont d'un intérêt vital pour le territoire, mais aussi pour tous les petits états de la région placés dans le même contexte insulaire corallien.

Pour la Polynésie, les phosphates ont longtemps figuré au premier rang des exportations et leur exploitation est en passe d'être relancée à Mataiva.

Le coprah et ses dérivés se maintiennent parmi les principales activités de production des îles et le plan de régénération de la cocoteraie laisse espérer un développement notable de ce secteur.

Parmi les produits de la mer, la pêche de la nacre a représenté durant un siècle et demi la principale ressource marine du Territoire. Le déclin des stocks a marqué la fin de leur exploitation intensive. Actuellement, la perliculture a conquis le premier rang des exportations en valeur déclarée, justifiant ainsi une priorité politique pour approfondir les connaissances sur l'espèce cible propres à assurer le développement de cette exploitation.

L'exploitation des poissons lagunaires demeure une activité artisanale, exercée dans quelques atolls où ce secteur est structuré aussi bien pour l'exploitation que la commercialisation.

Elle alimente 70% du marché de Tahiti et représente l'activité unique ou essentielle d'une fraction de la population insulaire et engendre des flux monétaires vitaux pour ces îles.

Les conditions de vie particulières aux îles de petites dimensions ont provoqué un exode vers les lumières de la capitale qui tend à la saturation. Un plan de revitalisation des atolls doit inciter une fraction de la population à se réinstaller sur ces îles où elle trouve de nouvelles sources de revenus (coprah, tourisme, aquaculture, pêche).

LE CHOIX DES SITES D'ETUDE

Le choix des sites d'intervention a été guidé par la nature et l'exploitation des ressources. Deux constatations ont pesé sur les types d'atolls à étudier :

Les exploitations côtières d'intérêt commercial sont presque toutes lagunaires.

La nature de la ressource dépend de la typologie de l'atoll :

- poissons dans les lagons ouverts par une ou plusieurs passes
- nacre et perliculture dans les lagons fermés

La première approche de la ressource est basée sur l'étude de l'exploitation et le choix porte donc sur des îles situées dans les premiers rangs des producteurs pour la ressource considérée.

Pour les poissons, Kaukura est le premier producteur en alternance avec Rangiroa. Cependant, ces deux îles ont été éliminées pour des raisons différentes : le lagon de Rangiroa est le plus grand de Polynésie (1000 km²), c'est une petite mer intérieure de surface comparable à celle de l'île de Tahiti et ses dimensions sont trop importantes pour une étude exhaustive. Kaukura est relativement éloignée de Tahiti et surtout sans desserte régulière aérienne ou maritime, ce qui aurait posé inéluctablement des problèmes logistiques insolubles. La pêcherie comporte entre 60 et 100 parcs très dispersés dont le suivi aurait posé des difficultés d'échantillonnage. Le choix s'est donc porté sur l'atoll de Tikehau où une pêcherie régulière, concentrée aux abords de la passe et bien gérée produit environ 200 tonnes/an. Le lagon est de dimension moyenne (400 km²) et possède des capacités d'échanges avec l'océan par sa passe et de nombreux hoa. Il présente surtout l'avantage d'être parmi les plus proches de Tahiti (350 km) et d'être bien desservi en lignes aériennes, voire maritimes (goélette à poissons hebdomadaire et goélettes fret divers tous les 15 jours).

Pour la perliculture, le problème du choix ne se posait pratiquement pas. Takapoto est le principal producteur de naissain de Polynésie, supporte une exploitation privée ou de coopératives importante et de plus est équipé d'une station de terrain appartenant à l'EVAAM qui se charge des problèmes logistiques. Le lagon est de dimensions modestes (70km²), presque fermé avec seulement un ou deux hoa fonctionnels selon le niveau de l'océan. Une desserte aérienne et maritime régulière le rend facile d'accès. Le choix de cet atoll est incontournable.

DEROULEMENT DES OPERATIONS SUR LES SITES RETENUS

Les objectifs originels du programme permettaient d'espérer une étude approfondie des deux lagons de manière à obtenir des termes de comparaison fonctionnels sur ces deux systèmes types. Les coûts de fonctionnement plus élevés pour Takapoto ont très rapidement conduit à diminuer l'effort de recherche prévu sur cet atoll de manière à ajuster au mieux l'utilisation de l'enveloppe budgétaire du programme. Tikehau est devenu dès 1982 la cible privilégiée des études fonctionnelles amont ainsi que l'espace laboratoire des travaux sur les poissons lagonaires et leur pêcheur tandis que l'opération nacres et perliculture se déroulait essentiellement sur Takapoto.

2. PROBLEMATIQUE ET STRUCTURE

LE PROBLEME POSE

LA STRUCTURE
DU PROGRAMME

LE PROBLEME POSE

L'intitulé du programme est :

La production des lagons d'atolls et sa dynamique

Deux critères ont été retenus pour établir la structure du programme : La nature des problèmes soulevés et la compétence du personnel disponible.

Le schéma ci-dessous brosse la structure générale du programme en synthétisant toute la période de son activité. Mais il faut souligner que les moyens et les compétences se sont mis progressivement en place et également que la problématique des uns ou des autres a pu évoluer pendant le déroulement des opérations.

A titre d'exemple, l'assistant ingénieur chimiste a été affecté en Polynésie pendant la dernière année de fonctionnement du programme et des milliers d'analyses ont dû être effectuées par les chercheurs eux-mêmes. Les bâtiments de la station de terrain ont été disponibles dès la troisième année mais l'équipement des espaces laboratoires a été graduel et une pleine efficacité n'a été réellement atteinte qu'en fin de parcours.

Pour en revenir à la structure du programme, elle a été articulée autour d'un "noyau dur" de personnels affectés pendant toute la durée du programme (ou presque) et qui ont été les responsables d'un secteur d'activités représentant les opérations de recherche.

Les récifs ont été considérés par de nombreux auteurs depuis les années 50 (Sargent, Austin, Odum) comme des "oasis", et ce concept a été abusivement étendu aux atolls sans tenir compte de leur environnement océanique. Le problème posé dans le cadre du programme consistait à évaluer dans quelle mesure cette affirmation pouvait être étendue aux atolls des Tuamotu.

Deux objectifs ont été poursuivis pour rechercher des éléments de réponse à la question posée :

Evaluation de la fertilité de l'écosystème
Nature et potentiel des ressources d'intérêt économique

1 - La fertilité lagonaire

La fertilité lagonaire est liée à la disponibilité en azote et en phosphore sous leurs différentes formes (minérale et organique, dissous et particulaire) qui peut être évaluée par l'estimation des quantités présentes dans les lagons et des apports externes.

Mais la richesse du milieu dépend étroitement de l'utilisation des nutriments dans les premiers maillons du réseau trophique et notamment de la vitesse de transfert du carbone, de l'azote et du phosphore entre les compartiments fonctionnels identifiés dans ces premiers maillons.

La détermination des biomasses des compartiments et des flux qui les relient permet d'apprécier cette richesse, ainsi que l'établissement des bilans d'azote et de phosphore entre le lagon et l'océan.

2 - Les ressources

Les lagons d'atolls renferment des ressources sur lesquelles s'exerce une pression d'exploitation traditionnelle et artisanale dont la gestion demeure empirique comme le démontre l'échec des mesures prises pour la pêche de la nacre.

Le développement des secteurs pêche et aquaculture nécessite une bonne identification de la ressource exploitée (vulnérabilité et accessibilité des stocks), son évaluation et une estimation de sa production.

LA STRUCTURE

L'environnement

ENVAT

Il s'agit de situer l'écosystème lagonaire dans son environnement régional et de préciser les facteurs abiotiques ayant un rôle déterminant sur son fonctionnement.

Deux aspects peuvent être dissociés :

* Des études spécialisées considérées d'intérêt amont pour l'ensemble des autres opérations : Hydrodynamique.

* L'acquisition de données de base sur le milieu à la disposition de l'ensemble du programme : Hydrologie, géologie, géomorphologie, météorologie, bathymétrie...

Responsable : Loïc Charpy (CR)
Participants : Xavier Lenhardt (AR)
Collaborations ORSTOM : J. Bonvallot
Collaborations externes : F. Bourrouilh-Le Jan, L. Loubersac
Période d'activité : 1982 - 86

La matière organique particulaire

MOPAT

Deux volets ont focalisés les études dans cette opération :

* La description de la charge sestonique en terme de composition élémentaire (C, N, P, organiques particulières) et de sa fraction vivante (phytoplancton et zooplancton).

* L'étude des flux (C, N, P) entre les compartiments par des mesures de métabolisme et d'exportation.

Toutes les compétences souhaitées n'ayant pas pu être réunies, le compartiment des bactéries

hétérotrophes représente un des points faibles de cette opération.

Responsable : Loïc Charpy (CR)
Participants : Jean-Louis Crémoux (ASIN)
Collaborations ORSTOM : J. Blanchot, R. Le Borgne, L. Lemasson, S. Bonnet, P. Moll
Collaborations externes : A. Saliot, P. Poupet, J. Trichet
Période d'activité: 1982 - 87

Production phytobenthique et interface eau-sédiment

PROBAT

L'essentiel de l'étude porte sur la production microphytobenthique des fonds meubles qui tapissent la plus grande partie du lagon. La production primaire des substrats durs et des herbiers à phanérogames n'a pas pu être abordée dans cette première phase.

Cependant, les objectifs ont été élargis à l'étude de l'interface eau-sédiment (IES). Les travaux ont porté sur des profils de sels nutritifs dans le sédiment, des flux à l'IES et des dosages de marqueurs organiques (lipides, acides aminés).

Responsable : Claude Charpy (AR)
Participants : Jean-Louis Crémoux (ASIN)
Collaborations externes : G. Sarazin, M. Sandström, P. Poupet, J. Trichet, A. Saliot
Période d'activité : 1985- 87

Habitats (marins)

HABAT

Le but de cette opération est de définir les grandes unités de peuplement du lagon et de l'extérieur, en tenant compte des facteurs biotiques et abiotiques du milieu. Un concours de circonstances a également permis d'évaluer les dégâts des cyclones sur ces peuplements en 1983 - 1984 (cyclones Orama, Veena...).

Responsable : P. Laboute (ASIN)
Collaborations externes : G. Faure
Période d'activité : 1983- 85

Benthos**BENTAT**

Le premier objectif poursuivi est une évaluation des biomasses du benthos lagonaire des fonds meubles. Des données d'ordre général ont également été acquises dans le cadre de cette opération comme l'esquisse sédimentologique du lagon. D'autre part, de nombreux prélèvements de faune ont été dispersés auprès des spécialistes taxonomistes pour mieux connaître la composition de la faune.

Deux études principales concernent la faune benthique sédimentaire : la macrofaune (>1mm) et la méiofaune (0.2mm<méio.<1mm)

Responsable : André Intès (CR)
 Participants : P. Laboute (ASIN)
 Collaborations ORSTOM : C. Chevillon
 Collaborations externes : G. Faure,
 M. Peyrot-Clausade, C. et F. Monniot,
 L. Villiers
 Période d'activité : 1986

Les poissons et la pêche**HALIAT**

Essentiellement articulée autour de l'étude de la pêche et de ses débarquements, cette opération se propose de définir l'état d'exploitation du peuplement de l'île, mais aussi de déterminer les modifications structurelles de ce peuplement induites par l'exploitation. La vulnérabilité du poisson vis à vis des parcs est liée à son comportement, et plus précisément aux déplacements de populations qui ont justifié d'un intérêt particulier. Cette sélectivité comportementale des engins utilisés conduit à tenter d'estimer quelle fraction du peuplement global de l'île est soumise à l'exploitation.

Responsable : Eric Morize (CR)
 Participants : Benoît Caillart (AR)
 Collaborations externes : M. Harmelin-Vivien,
 R. Galzin
 Période d'activité : 1982 - 87

Huîtres perlières et perliculture**NACRAT**

Cette opération n'a conduit aucune action sur l'atoll de Tikehau, car celui-ci ne possède pas de stock naturel d'huîtres perlières. Les études se sont déroulées à Takapoto et sur d'autres îles.

L'étude des peuplements naturels est l'objectif prioritaire de l'opération : Evaluation des stocks de plusieurs îles, étude des paramètres biologiques (croissance, mortalité, facteur de condition). Au début des travaux, la problématique posée était de nature halieutique avec des stocks exploités par la "plonge", mais rapidement elle est devenue davantage d'ordre biologique après la prise de position politique de supprimer à court terme ce moyen d'approvisionnement des perliculteurs. Le problème de la connaissance des différents aspects de la biologie de l'espèce est devenu encore plus aigu après les épisodes de mortalités intenses qui ont frappé les stocks en 1985.

Responsable : André Intès (CR)
 Participants : Pierre Laboute (ASIN)
 Collaborations externes : EVAAM
 Période d'activité : 1982 - 85

Socio-économie de l'exploitation**SOCAT**

Cette opération s'associe naturellement avec l'opération Haliat précédemment citée en s'intéressant plus particulièrement à la population exploitante concernée, aux flux monétaires engendrés et à l'importance économique de ce secteur dans l'économie de l'atoll. Dans cette optique, une étude assez détaillée de l'activité amont a été réalisée (fabrication des engins, implantation, importance, droit coutumier et droit français) complétée par une étude de la commercialisation des produits.

Responsable : Gilles Blanchet (CR)
 Participants : Gildas Borel (Stg.),
 Benoît Caillart (AR)
 Période d'activité : 1984 - 85

Note : CR : Chargé de Recherche ; AR : Allocataire de Recherche ; ASIN : Assistant Ingénieur ; Stg : Stagiaire

3. QU'EST-CE QU'UN ATOLL ?

Il semble utile de rappeler quelques caractéristiques des atolls en général de manière à mieux appréhender leur spécificité.

L'atoll est un cône dont les pentes fortes à très fortes (de 20 à 45°, généralement de l'ordre de 30-35°) plongent vers le plancher océanique, situé vers les 2000 mètres dans les Tuamotu. La partie sommitale de l'édifice porte une dépression qui renferme le lagon, considérée le plus souvent comme le résultat d'une érosion karstique lors d'une période d'émergence (le Würm serait la dernière manifestation importante de ces émergences). La remontée du niveau de la mer dans la période récente a été suivie par la croissance des récifs de coraux hermatypiques sur la pente externe et seules quelques espèces ont recolonisé les substrats lagonaires. L'atoll vit et croît par sa périphérie et c'est la construction hermatypique de la pente externe qui lui confère sa morphologie particulière.

L'hydrodynamisme océanique tend à détruire le récif annulaire et pratiquement tous les lagons évoluent vers le comblement par les apports détritiques de la destruction. Les lagons sont généralement peu profonds, 80 mètres semblent un maximum en Polynésie Française, et dans l'atoll de Tikehau les fonds les plus importants sont de 38 mètres.

La typologie des atolls de Polynésie proposée par Salvat montre l'existence d'un certain nombre de cas très particuliers : atolls soulevés, atolls comblés, atolls submergés, mais ces îles se caractérisent dans leur majorité par l'intensité des échanges entre leur lagon et l'océan qui est conditionnée par leur géomorphologie. Deux grands types se définissent à partir de l'existence ou de l'absence d'une ou plusieurs passes.

La passe est une entaille majeure de la couronne récifale qui affecte la zone frontale, le platier externe et le platier interne et qui met donc en communication directe le lagon et l'océan.

Les passes sont généralement profondes de l'ordre d'une dizaine de mètres, mais elles sont souvent marquées par un seuil corallien du côté du lagon. Ces passes caractérisent les lagons dits "ouverts" car elles sont un canal d'échanges privilégiés avec l'océan, où les courants alternatifs sont en phase avec la marée.

Mais les passes ne sont pas les seules voies de renouvellement de l'eau lagonaire. L'eau océanique accumulée par la houle sur le platier externe rentre dans les lagons par les chenaux qui séparent les îlots émergés de la couronne qui sont appelés les "hoa", nom polynésien maintenant intégré dans le vocabulaire scientifique pour désigner ce genre de chenal. Les hoa sont toujours de très faible profondeur au niveau de leur origine sur le platier externe, de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres. A partir de ces structures, un certain renouvellement de l'eau lagonaire est assuré même dans les lagons dits fermés, les courants observés dans les hoa étant exclusivement rentrants.

Si la géomorphologie peut être un critère descriptif de la typologie des atolls, le degré de confinement des eaux lagonaires peut être exprimé par le calcul du temps de résidence qui constitue un critère beaucoup plus objectif d'appréciation de l'intensité des échanges lagon-océan. Le temps de résidence est l'intervalle de temps théorique qui sépare l'entrée d'une particule d'eau océanique dans le lagon et son exportation. Ce type de calcul est basé soit sur l'estimation des débits des échanges soit sur les bilans évaporation-précipitations en tenant compte des concentrations en substances conservatives (salinité, césium 137 par exemple).

A titre d'exemple citons quelques temps de résidence calculés dans les îles polynésiennes : 6,30 heures dans un lagon d'arrière récif barrière d'île haute (Moorea), 100 à 230 jours dans un lagon ouvert (Tikehau) et 4 à 5 ans dans un lagon fermé (Takapoto).

Cette notion de confinement est très importante pour la nature des peuplements lagonaires. La diversité et l'abondance des espèces planctoniques et benthiques évoluant selon l'intensité des échanges, les structures des peuplements se modifient aux plans taxonomique, démographique et trophique.

Dans un lagon ouvert comme Tikehau, la diversité est maximale et on n'observe pas de dominance nette dans les peuplements. Tous les créneaux

trophiques sont remplis. La biomasse des poissons d'intérêt commercial supporte une exploitation artisanale dans de nombreux atolls ouverts. Les captures de ces pêcheries s'adressent essentiellement aux poissons carnivores. La biomasse benthique semble faible, au moins dans les sédiments.

Dans les lagons presque fermés comme Takapoto, la biomasse en poissons apparaît nettement plus faible rapportée à l'unité de surface et ne donne jamais lieu à une exploitation artisanale, alors que la biomasse benthique, même sédimentaire, devient plus importante notamment dans le compartiment des filtreurs. Cette biomasse se répartit dans une diversité spécifique faible alors que l'abondance de chaque espèce croît considérablement induisant des dominances spécifiques fortes. Parmi les filtreurs, l'huître perlière figure au rang des ressources importantes en valeur pour la Polynésie.

Dans les lagons totalement fermés comme Taiaro, la biomasse en poissons s'amointrit encore, de même que la diversité de la faune macrobenthique. Dans cette dernière ne subsistent pratiquement plus que deux espèces : un détritivore (holothurie) et un filtreur presque autotrophe (bénitier).

1. La mise en place

Le contexte scientifique institutionnel de Polynésie Française est complexe avec une dizaine d'organismes relevant soit du Territoire, soit de l'hexagone. Ce dispositif ne ménageait qu'un créneau étroit pour la mise en place d'un programme, et, pour répondre à la vocation de l'ORSTOM, les ressources et leur exploitation ont été identifiées comme étant le thème à développer. Ces ressources côtières sont presque toutes lagunaires et surtout exploitées dans les atolls d'où le choix des sites d'étude du programme.

Les motivations justifiant la mise en place du programme sont de deux ordres :

1 - Scientifiques : Le concept d'atoll oasis s'applique-t-il aux atolls polynésiens ?

L'atoll est un système simplifié (faune appauvrie, pas d'apports terrigènes) dont les dimensions modestes le rendent abordable en globalité.

2 - Economiques : Les ressources exploitées sont presque toutes lagunaires et c'est pourquoi l'étude des lagons d'atolls est un thème prioritaire. La gestion de ces ressources conditionne la vie des populations insulaires et contribue fortement à l'économie du Territoire.

La diversité typologique des atolls a conduit à sélectionner deux îles en fonction de leurs ressources exploitées :

- Un atoll ouvert où la ressource est le poisson
TIKEHAU
- Un atoll fermé où la ressource est la nacre
TAKAPOTO

Les commodités logistiques, notamment de desserte, ont largement influencé ce choix.

Cependant, le coût des opérations de terrain nettement plus élevé à Takapoto a contraint à développer l'effort de recherche principal sur Tikehau.

2. Problématique et structure

Les récifs ont été considérés comme des "oasis" situées dans un désert océanique, mais cette affirmation peut-elle être étendue aux atolls de Polynésie ?

Pour tenter de répondre à cette question, deux objectifs ont été poursuivis :

- évaluer la fertilité de l'écosystème et surtout du lagon
- estimer l'importance des ressources par rapport à la production du système.

Compte tenu de ces considérations, le programme atoll a été structuré en 8 opérations distinctes qui peuvent se regrouper en gros sur deux volets bien que ceux-ci ne soient séparés par aucun hiatus : un volet d'études "amont" destinées à mieux cerner les facteurs de base de la production du lagon et un volet "aval" s'intéressant aux ressources et à leur exploitation.

Ces 8 opérations se décomposent comme suit :

ENVAT	Environnement
MOPAT	Matière organique particulière plancionique
PROBAT	Phytobenthos et eaux interstitielles
HABAT	Habitats et peuplements
BENTAT	Benthos animal
HALIAT	Halieutique et poissons
NACRAT	Huîtres perlières et perliculture
SOCAT	Socio économie de la pêche

3. Qu'est ce qu'un atoll ?

L'atoll constitue un édifice élevé à partir du plancher océanique, bioconstruit sur un cône volcanique en subsidence, et portant à son sommet une lentille aquatique plus ou moins isolée du système océanique périphérique entièrement située dans la zone euphotique.

Le taux de renouvellement des eaux lagunaires d'atolls est conditionné par la géomorphologie de la couronne : nombre et orientation des passes et des hoas.

En toute logique, le confinement des eaux lagunaires augmente avec le degré de fermeture du lagon et les temps de résidence s'échelonnent de quelques mois dans un lagon ouvert à plusieurs années dans un lagon fermé.

La diversité spécifique diminue avec l'augmentation du degré de confinement des eaux lagunaires alors que l'abondance individuelle des espèces croît. Les chaînes trophiques tendent à se raccourcir et le stade ultime de cette évolution conduit vers l'autotrophie et vers l'utilisation des détritus.

II. L'ATOLL DE TIKEHAU

1. LE SITE

2. LE MILIEU PHYSIQUE

3. LE MILIEU VIVANT

4. LA RESSOURCE

1. LE SITE

GENERALITES

GEOMORPHOLOGIE

LE LAGON : BATHYMETRIE
ET SEDIMENTOLOGIE

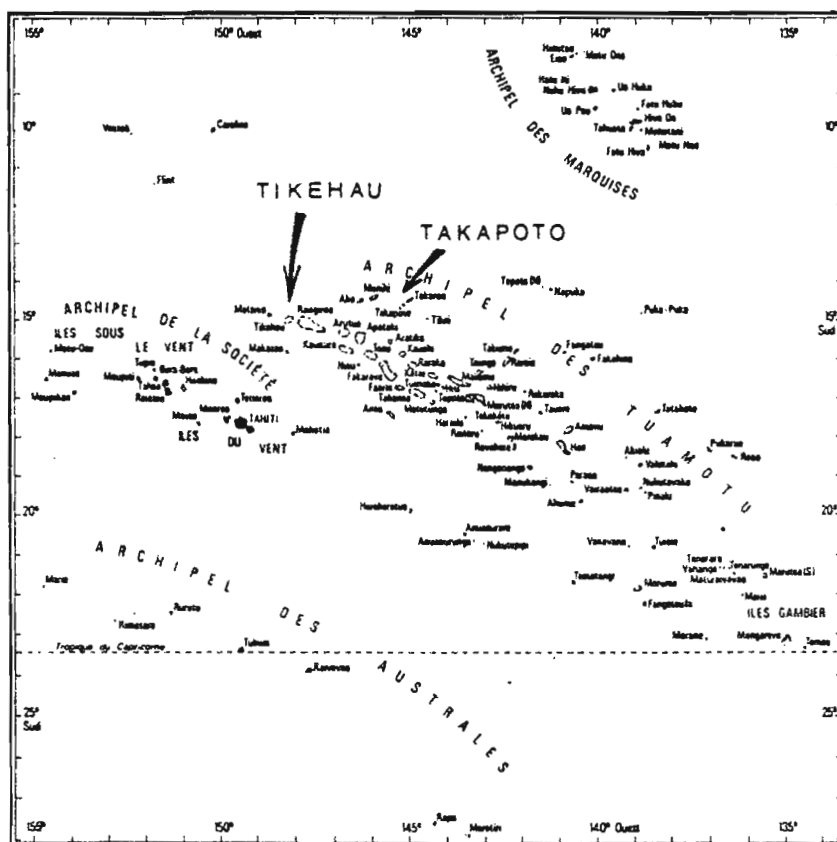
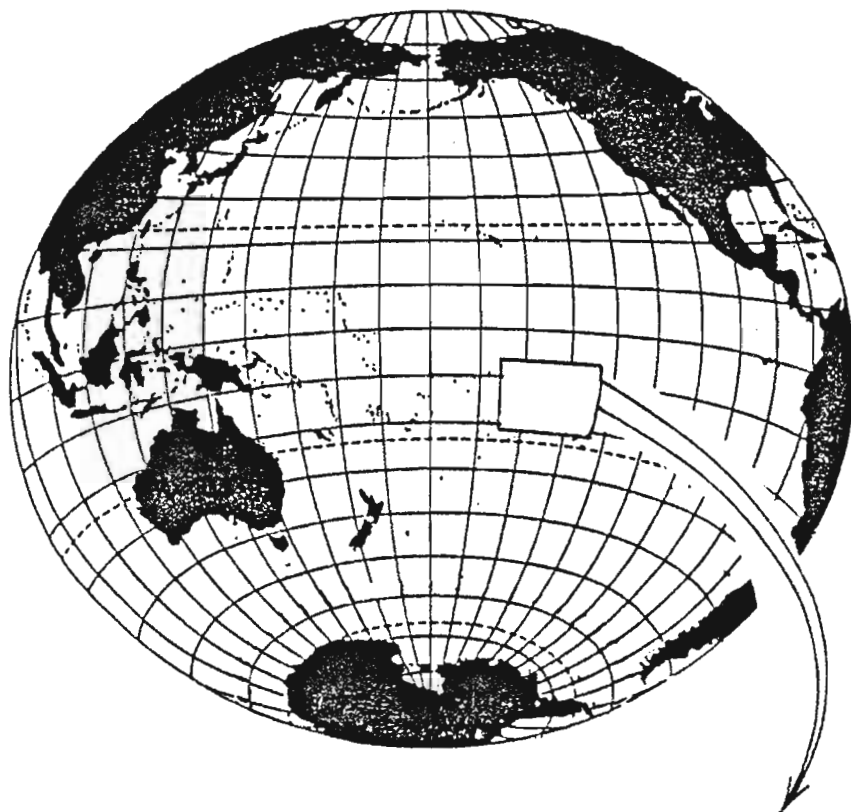


Figure II.1.1 : Situation des atolls sélectionnés par le Programme ATOLL

Les volcans des Tuamotu du Nord Ouest se sont formés près de la ride Est Pacifique entre 80 et 85 Millions d'années B.P. et la fin de leur activité peut être datée de la fin du Crétacé ou de l'Eocène. La surrection des îles de la Société a provoqué un soulèvement par phénomène de flexure-voissure de l'ordre de 10 mètres pour Tikehau comme en témoignent les reliefs karstiques des fêo.

GENERALITES

Bibliographie : 15, 47, 48, 51

Situé au Nord Ouest de l'Archipel des Tuamotu, l'atoll de Tikehau se trouve à 300 kilomètres de Tahiti. Comme tous les atolls, c'est une île basse dont les terres émergées s'élèvent tout au plus de deux ou trois mètres au dessus de l'océan.

Le climat est de type tropical humide avec deux saisons assez bien différenciées :

Une saison chaude, pluvieuse, de novembre à avril.

Une saison fraîche, moins pluvieuse, de mars à octobre.

La pluviométrie totale est de l'ordre 1,8 mètres par an.

Les écarts thermiques saisonniers sont d'environ 7°C (25°C en août et 32°C en février).

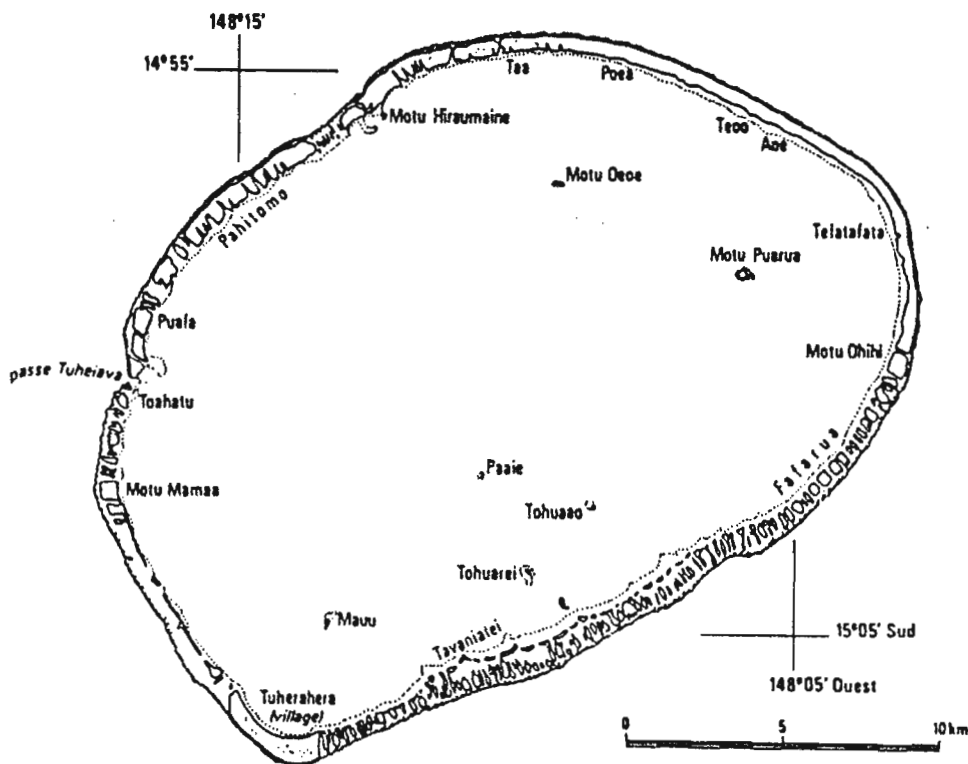


Figure II.1.2. : L'atoll de TIKEHAU

Les vents dominants sont les alizés de secteur Est. Les fréquentes dépressions tropicales évoluent accidentellement en cyclones.

La population compte environ 300 habitants permanents, groupés dans le village situé sur le motu Sud Ouest depuis 1906 (déplacement lié au cyclone de 1906). Un campement de pêcheurs installé à la passe est occupé pendant la semaine, mais ses occupants rentrent régulièrement au village pour le repos hebdomadaire et les offices religieux.

L'économie de l'île est basée sur l'exploitation du coprah et la pêche. Si beaucoup de gens pratiquent la pêche pour leur consommation personnelle, seulement douze à quinze personnes travaillent exclusivement à la pêcherie qui est à 80% rassemblée dans une entreprise familiale.

GEOMORPHOLOGIE

Tikehau est subcirculaire et son plus grand diamètre s'étire dans l'axe Sud Ouest - Nord Est sur 28 kilomètres. La couronne récifale, d'environ 78 kilomètres de circonférence, est variable en largeur, de 300 à 1300 mètres.

Elle est interrompue par des entailles :

- la passe située sous le vent, à l'Ouest de l'atoll mesure 200 mètres de large et présente une profondeur minimum de 3,7 mètres.
- des hoa séparent les îlots émergés. Ils sont particulièrement abondants sur la côte Sud.

Le lagon de Tikehau est considéré comme un lagon de dimensions moyennes : ses 400 km² de superficie le situent entre les grands atolls (Rangiroa : 1000 km²) et les petites îles de quelques kilomètres carrés (Nukutipipi, 3 km²)

Ses principales caractéristiques du lagon sont :

- Plus grand diamètre	28 km
- Profondeur moyenne	25 m
- Profondeur maximum	38 m
- Superficie	400 • 10 ⁶ m ²
- Volume moyen	10 • 10 ⁹ m ³
- Section de la passe	1000 m ²
- Profondeur du seuil	4 m

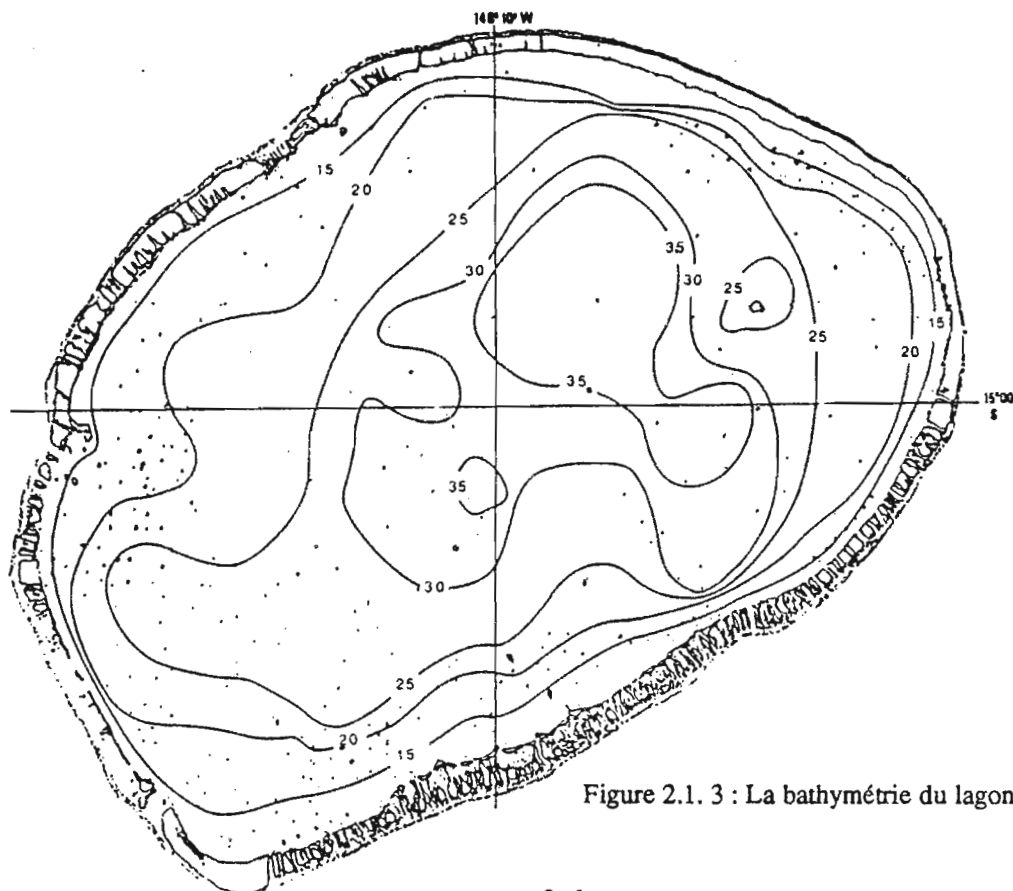


Figure 2.1. 3 : La bathymétrie du lagon

LE LAGON

LA BATHYMETRIE (Figure II.1.3)

Bibliographie : 60

La connaissance de la bathymétrie est fondamentale car elle est nécessaire à la plupart des études physiques ou biologiques, notamment pour quantifier les phénomènes à l'échelle du lagon (flux hydrodynamiques, productions, bilans).

Les données ont été acquises en parcourant des radiales à l'aide d'un échosondeur. Aucune correction des mesures n'a été envisagée car les opérations ont été conduites pendant une période de marnage très faible (0,03m) lorsque le lagon ne présentait pas d'ensachage. Ces données ont été traitées par une méthode de lissage des profils utilisant les moyennes glissantes.

Le lagon se présente comme une cuvette dont les bords sont de forte déclivité, les fonds compris entre 0 et 10 mètres représentent moins de 3% de la surface lagonaire. La profondeur moyenne calculée est de 25,26 mètres, et on retiendra donc une valeur moyenne de 25 mètres. La superficie du lagon, mesurée sur une carte IGN, avec un planimètre est évaluée à $390 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ et arrondie par commodité à 400 km^2 . Le volume du lagon est estimé à $10 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. La marge d'erreur sur ces estimations est évaluée à $\pm 5\%$.

Le traitement des données fournit également des informations précieuses sur l'extension des différentes strates bathymétriques donnée en pourcentages dans le tableau suivant :

STRATE	EXTENSION
00 - 05 m	01,04 %
05 - 10 m	01,77 %
10 - 15 m	05,70 %
15 - 20 m	14,66 %
20 - 25 m	28,74 %
25 - 30 m	19,53 %
30 - 35 m	15,68 %
35 - 40 m	12,87 %

LA SEDIMENTOLOGIE

Bibliographie : 52

Les fonds sédimentaires recouvrent l'essentiel de la cuvette lagonaire et bien que leur importance relative n'ait pas été particulièrement étudiée, ils représentent vraisemblablement 75 à 90% des fonds du lagon.

Caractéristiques des sédiments (Figure II.1. 4) : Les sédiments sont surtout des sables fins dans toute la gamme bathymétrique mais des sables très fins s'étalent sur une tache Centre-Nord entre 15 et 30 mètres, ainsi que sur une bande discontinue le long du grand motu Est. Des sables moyens se trouvent à des profondeurs inférieures à 10 mètres en taches dispersées le long des bords du lagon et aussi en bordure de la zone la plus profonde.

La plupart des prélèvements sont bien classés, mais avec un étalement dimensionnel important, ce qui traduit une certaine hétérogénéité. Cependant les sables moyens à Foraminifères sont à la fois bien classés et homogènes. La majorité des échantillons présente une bonne symétrie, c'est à dire que fraction fine et fraction grossière sont sensiblement également représentées.

Le calcul du facteur hydrodynamique montre des valeurs positives pour une grande partie des sédiments ce qui traduit une certaine instabilité. Les sables les plus mobiles se rencontrent au débouchés des hoa et au voisinage de la passe.

Composition des sédiments (Figure II.1. 5) : Tous les sédiments sont exclusivement biogènes et carbonatés.

Les articles de *Halimeda* sont présents dans presque tous les prélèvements et dominant dans la fraction grossière des sables du quart occidental du lagon. Un gradient Ouest-Est tend à se dégager et la teneur en ces éléments diminue notablement au-delà de 20 mètres de profondeur.

Les Foraminifères *Miliolidae* dominent dans les fonds inférieurs à 10 mètres de la bordure Sud et Est du lagon où ils forment des sables roses. Ils se rencontrent également en bordure de la cuvette profonde.

Les débris coquilliers ne sont jamais abondants et ne constituent jamais la fraction dominante.

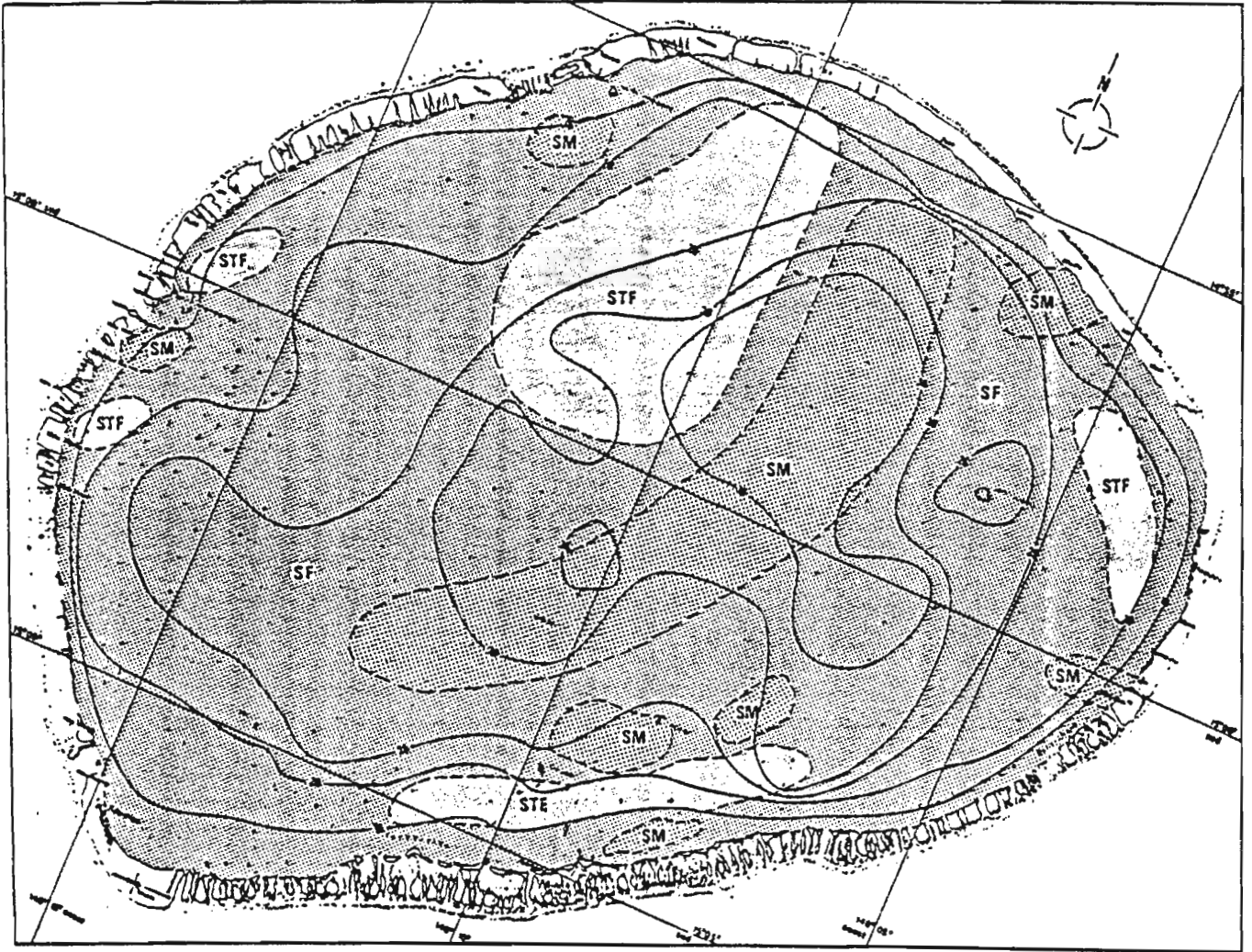


Figure II.1. 4 : Les sédiments du lagon caractérisés par la dimension moyenne de leurs éléments.

- SM = Sables moyens ($> 0,5$ mm)
- SF = Sables fins ($0,5 \text{ mm} > \text{SF} > 0,25$ mm)
- STF = Sables très fins ($< 0,25$ mm)

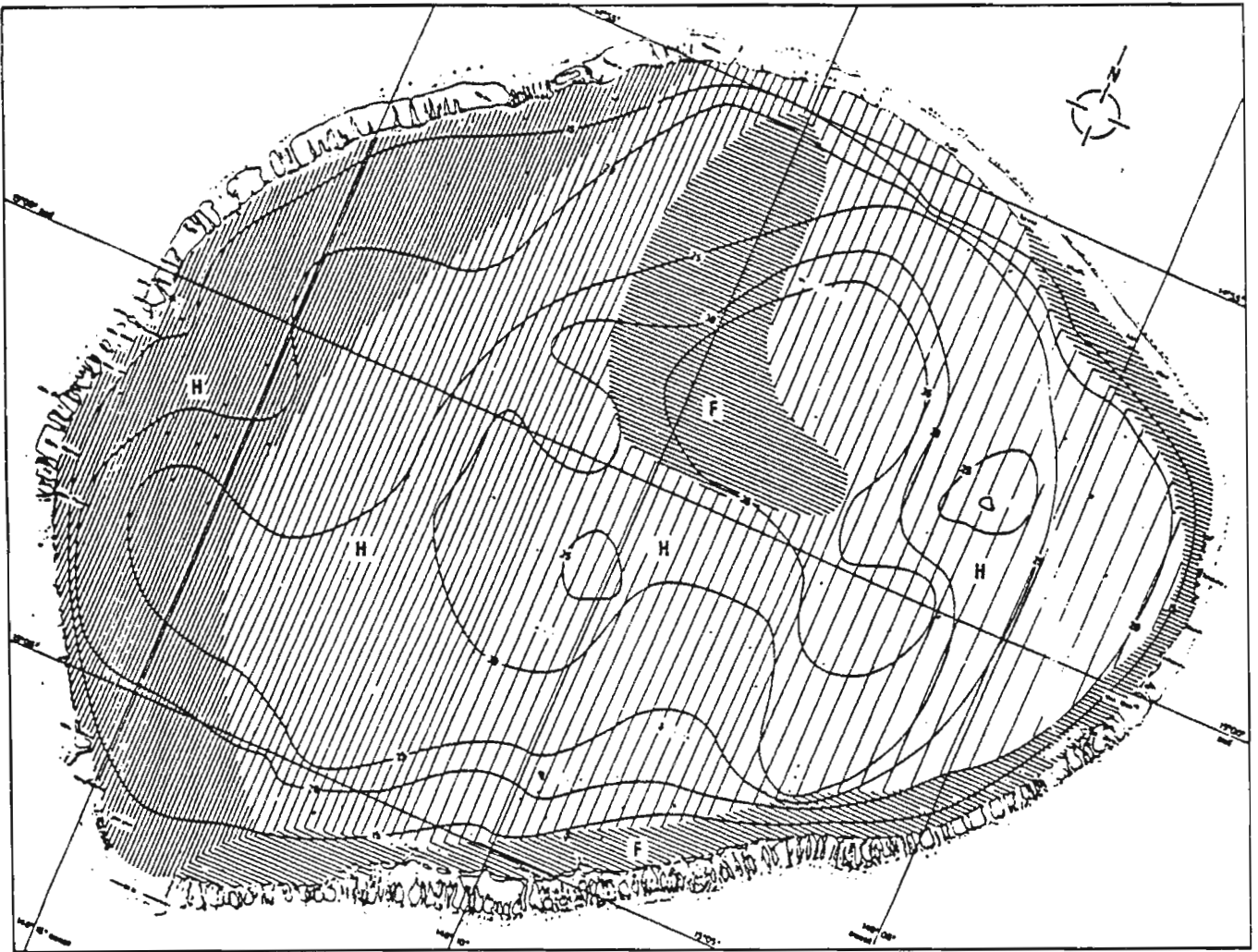


Figure II.1. 5 : Les sédiments du lagon caractérisés par la nature de leurs éléments constitutifs.

H = articles de *Halimeda*
 F = Foraminifères

GENERALITES

Le climat des Tuamotu est de type tropical humide avec deux saisons assez bien marquées :

Une saison chaude et pluvieuse (novembre à avril)

Une saison fraîche moins pluvieuse (mars à octobre)

Les écarts thermiques saisonniers sont de l'ordre de 7°C. Les alizés sont les vents dominants, de secteur Est mais les dépressions tropicales sont fréquentes. La pluviométrie totale est d'environ 1,8 mètre.

La population compte 300 habitants dont les revenus proviennent essentiellement de l'exploitation du coprah et de la pêche en ce qui concerne le secteur prima

GEOMORPHOLOGIE

Tikehau est un atoll subcirculaire dont la couronne récifale mesure environ 78 kilomètres de circonférence. Cette couronne est entaillée par une passe à l'Ouest et par de nombreux hoa sur les côtes S.O., N.O. et S.E.

Le lagon représente environ 400 kilomètres carrés de superficie pour une profondeur moyenne de 25 mètres et un volume d'environ 10 kilomètres cubes.

BATHYMETRIE

La cuvette lagonaire présente des bords assez escarpés : près de 90 % du lagon à une profondeur supérieure à 10 mètres et plus de 75 % des fonds sont supérieurs à 20 mètres. La partie la plus profonde (38 mètres au maximum) est légèrement décentrée vers le Nord - Est. L'importance relative des strates bathymétriques a été évaluée par tranches de 5 mètres.

SEDIMENTOLOGIE

Tous les sédiments sont constitués de débris organogènes calcaires d'origine animale (coraux notamment) ou végétale (articles de Halimeda).

- Les articles de Halimeda dominent dans la partie ouest de l'atoll et leur importance relative décroît selon un gradient Ouest-Est.

- Les Foraminifères dominent par faible profondeur dans le secteur Est et sur une plage centrale profonde (> 30m).

- Les débris coquilliers omniprésents ne sont jamais abondants.

- Tous les sédiments sont des sables (50 à 300 µm), mais les sables fins instables dominent nettement.

- Les hoa et leurs débouchés jouent un rôle actif dans les processus d'épandage sédimentaire et induisent la formation d'auréoles concentriques ou de bandes parallèles à la côte évoluant des sables moyens vers les sables très fins.

- Des structures semblables se rencontrent au voisinage de la passe mais avec des plages plus petites et plus dispersées d'organisation confuse.

- Les bords de la cuvette profonde centrale présentent des sédiments également rencontrés par petits fonds (sables moyens, sables à Foraminifères). Ces sédiments sont-ils les témoins d'un hydrodynamisme passé très actif ?

2. PHYSICO-CHIMIE DU MILIEU

LA PHYSIQUE

HYDROCLIMATOLOGIE

HYDRODYNAMISME

LA CHIMIE

LES EAUX LIBRES

LES EAUX INTERSTITIELLES

LES SEDIMENTS

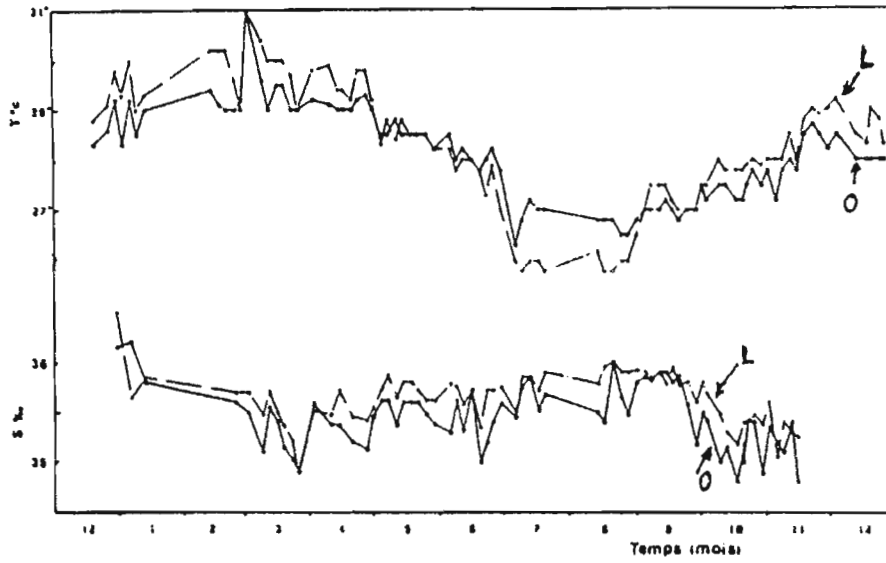


Figure II.2. 1 : Evolution de la température (T) et de la Salinité (S) dans le lagon (L) et dans l'océan (O).

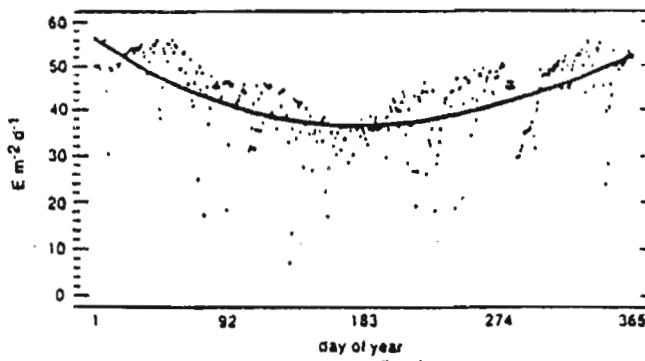


Figure II.2. 2 : Evolution annuelle de l'ensoleillement.

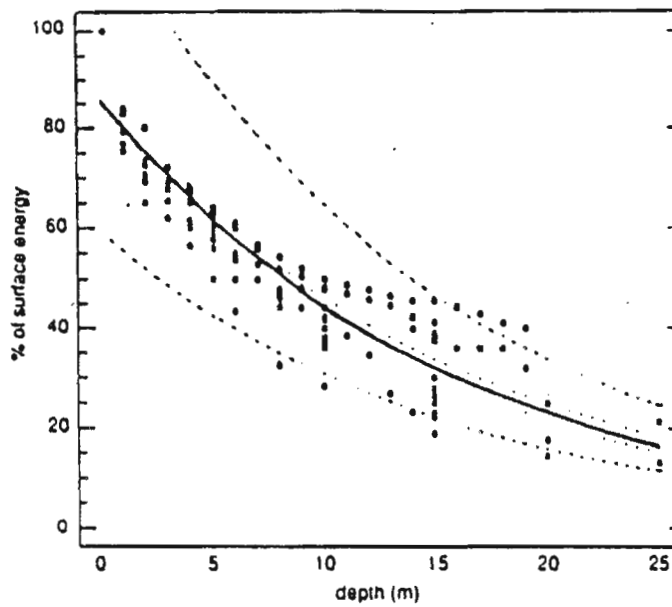


Figure II.2. 3 : Pourcentage de l'énergie lumineuse incidente en fonction de la profondeur.

HYDROCLIMATOLOGIE

Bibliographie : 4, 10

Les eaux lagunaires, comparées aux eaux océaniques avoisinantes, sont généralement plus chaudes en été et plus froides en hiver et leur salinité est légèrement plus élevée (Figure II.2. 1). Les températures sont d'environ 26°C en saison fraîche (juillet-août) et peuvent dépasser 30°C en saison chaude (février-mars).

L'ensoleillement est élevé, variant de 10 à 59 E m⁻² j⁻¹. (Figure II.2. 2). Le pourcentage de l'énergie lumineuse arrivant en surface décroît exponentiellement avec la profondeur :

$$\% \text{ énergie incidente} = e^{(4,45 - 0,066 \text{ profondeur})}$$

17 % de l'énergie incidente arrive à la profondeur moyenne du lagon (25 m) (Figure II.2. 3).

La salinité est variable et dépend de plusieurs facteurs (volume advecté, temps de résidence, évaporation, pluviométrie...). Le lagon peut être légèrement plus salé que l'océan lorsqu'il se comporte en bassin de concentration, mais il peut surtout être nettement déssalé en période de pluies intenses.

Cependant, les écarts avec l'océan atteignent rarement 0,5 ‰. Pour comparaison, l'écart de salinité dans un atoll fermé comme Takapoto atteint couramment 5 ‰.

La mesure représentative de l'évaporation à la surface d'un lagon est "l'évaporation bac classe A". Les mesures quotidiennes effectuées par la météorologie nationale donnent un total annuel de 1,8 m à Moruroa et de 1,87 m à Tahiti. La faible variabilité spatiale de cette grandeur conduit à l'extrapoler à l'ensemble de la zone.

Les précipitations offrent une plus grande variabilité et on estime la moyenne annuelle à Tikehau entre 1,5 et 1,8 m.

Le tableau suivant montre les variations spatio-temporelles des précipitations dans l' Archipel des Tuamotu.

		Précipitations (totaux annuels)
Atoll	1985	Moyenne (période d'observation)
Takaroa	1487 mm	1610 mm (1958-1985)
Ranqiroa	1979 mm	1746 mm (1972-1985)
Hao	1378 mm	1428 mm (1965-1985)
Moruroa	1913 mm	1464 mm (1971-1985)

HYDRODYNAMISME

Bibliographie : 60, 95

PHYSIQUE DE L'OCEAN ENVIRONNANT

Elle influe sur l'hydrodynamique lagonaire par trois moteurs : la houle, la marée et le niveau océanique.

Houle

Aucune étude de la houle n'ayant jamais été faite à Tikehau, les données suivantes sont celles de Tahiti. L'origine des houles est multiple : dépressions tropicales, dépressions polaires engendrant des houles très longues (période de 12 s), alizés générant des houles plus courtes. Dont la période est en général comprise entre 6 s et 9 s. On observe les amplitudes les plus fortes (4 m et plus) en été austral, les amplitudes inférieures à 1,50 m étant les plus fréquentes en hiver et printemps austral. Sur l'ensemble de l'année plus de 65 % des houles ont une amplitude inférieure à 60 cm. Cependant lors des cyclones ces amplitudes peuvent dépasser 12 m.

Marée

Aucune mesure directe n'a été faite à Tikehau ; cependant quelques observations de vérification éparses permettent de recalculer la marée par rapport à Tahiti où celle-ci est connue grâce au Service Hydrographique de la Marine.

Le retard de la marée à Tikehau est d'environ 1 h par rapport à Tahiti. Toutefois, les marées de vive-eau (superposition des 2 ondes luni-solaire M2 et S2), décalées, sont en avance de 72 heures par rapport à Tahiti. Pour avoir l'amplitude de la marée à Tikehau il suffira donc de prendre la marée du surlendemain à Tahiti ; leurs amplitudes, toujours faibles (amplitude en vive-eau moyenne : 15 cm), sont égales à 10 % près.

Niveau de l'océan

Outre les variations du niveau marin dues à la marée, il existe toute une série de causes de fluctuations :

Variations de pression barométrique : une dépression atmosphérique de 1 hPa entraîne une surélévation du niveau marin de 1 cm. Une dépression de 10 hPa, valeur moyenne pour une petite dépression, provoquera une surélévation de 10 cm du niveau marin. Cependant les dépressions tropicales et les cyclones provoquent occasionnellement des variations beaucoup plus importantes ; une onde de tempête peut entraîner une surélévation du niveau de la mer de 2 à 3 m, sous l'effet conjugué du vent et de la dépression barométrique.

Variations de la pente de l'océan : sous l'effet des alizés il y a accumulation d'eau dans la partie ouest du Pacifique, ce qui provoque une pente de la surface de la mer d'ouest en est. Cette pente est fonction du champ de vent sur l'océan (on a pu observer des fluctuations de ± 20 cm lors du premier semestre 1983, année des cyclones).

Tsunami : ils concernent peu (jusqu'à ce jour) la Polynésie. Pour mémoire rappelons qu'ils se caractérisent au large par une très grande longueur d'onde, une vitesse de propagation très élevée (150 à 200 m s⁻¹), et une amplitude n'excédant que rarement 2 m.

HYDRODYNAMIQUE DU LAGON

Niveau des eaux du lagon

Ses variations sont liées aux conditions météorologiques et aux conditions océaniques environnantes. On peut discerner quatre types de fluctuations :

Fluctuations dues aux seiches : les seiches sont des ondes stationnaires dont les caractéristiques dépendent de la morphologie du bassin. Elles sont provoquées par le vent et ont une période propre au lagon de 53 minutes suivant le grand axe de l'atoll, et de 42 minutes suivant le petit axe. Elles ne jouent toutefois qu'un rôle mineur car leur amplitude maximale observée est de 0,5 cm. Elle peuvent se prolonger sur 24 heures ou plus avant de s'amortir sensiblement. Les vitesses induites restent toujours faibles (vitesse sinusoïdale de moins de 1 cm/s au centre du lagon).

Fluctuations dues aux ensachages : en régime normal (houle faible) la houle se déverse dans le lagon par les hoa, et ce trop-plein se vide par la passe sans qu'il y ait accumulation d'eau dans le lagon ni variations du niveau lagonaire. Mais lorsque la houle est forte le lagon se remplit plus vite qu'il ne se vide. On observe alors de fortes élévations du niveau atteignant 0,70 m au-dessus du niveau moyen. Cet état dure autant que dure la puissance de la houle, généralement de 3 à 10 jours. Les ensachages mensuels moyens passent par un maximum en hiver austral (surélévation de 20 à 22 cm de juin à août) lorsque la houle vient du sud-ouest et par un minimum en été austral (surélévation de 6 à 7 cm de novembre à février). Ce phénomène d'ensachage peut être très rapide (élévation du niveau de $0,40 \text{ m j}^{-1}$), alors que les vidanges sont toujours plus lentes ($0,20 \text{ m j}^{-1}$).

Surcote et décote : Le vent installé soufflant à la surface d'une étendue d'eau accumule l'eau sur la rive située sous le vent (piling up, en océanographie), et élévation du niveau. Ce phénomène est d'autant plus marqué que la zone de fetch est plus importante. Dans le cas du lagon, c'est cette surélévation que l'on appelle la "surcote", la "décote" étant observable à la côte au vent. L'absence de mesures n'a pas permis de différencier la surcote de l'ensachage. Toutefois la théorie permet de dire qu'elle est beaucoup plus faible que celui-ci, et on estimera que la pente due à la surcote est de l'ordre de celle des seiches (inférieure à 1 cm).

Fluctuations dues à la marée intérieure : c'est la réponse du lagon à la marée océanique (marée semi-diurne), celle-ci étant filtrée et amortie par la passe ; c'est la "marée intérieure" ou "marée lagonaire".

En première approximation on peut estimer que l'amplitude de celle-ci est le cinquième de l'amplitude de la marée océanique ; en vive eau elle est de 3,5 cm, mais est trop faible pour être appréciée en morte eau. La marée lagonaire est déphasée par rapport à la marée océanique ; ce déphasage dépend de l'état du lagon. Lorsque celui-ci ne subit pas d'ensachage (niveau bas), le retard moyen est de 4 h en vive eau, et de 6 h en morte eau, et le courant dans la passe est alternativement entrant et sortant. Mais ce déphasage est réduit à 3 h en période d'ensachage, le courant dans la passe étant alors exclusivement sortant.

Echanges entre le lagon et l'océan

Ils se font horizontalement et par deux voies : les hoa et la passe.

En effet, si à l'origine l'hypothèse sur la remontée d'eaux profondes à travers le soubassement corallien de l'atoll supposait que le phénomène affectait l'ensemble de l'édifice et donc le fond du lagon, il semble que les développements les plus récents de ce concept restreignent l'hypothèse à des remontées à la périphérie de la couronne, c'est à dire au niveau superficiel de la pente externe.

Dans ce cas, et quoiqu'il en soit de l'existence réelle de ces remontées, tous les échanges sont horizontaux et se font par la passe et par les hoa.

Echanges par les hoa : les hoa ne mettent pas en communication directe l'océan et le lagon mais ils drainent vers le lagon les eaux baignant le platier externe et provenant du déferlement de la houle par dessus la crête algale. Les hoa sont disposés de façon irrégulière sur la couronne récifale ; selon l'orientation de la côte où ils se situent on peut distinguer trois groupes de hoa : hoa de la côte nord-ouest, hoa de la côte sud-ouest et hoa de la côte sud-est. Mais les rôles joués par chaque secteur dans l'ensachage sont très différents ; c'est ainsi que le secteur sud-est compte pour 60 % dans le remplissage, le secteur sud-ouest pour 31 % et le secteur nord-ouest pour 9 %.

Sauf circonstances exceptionnelles (ensachage particulièrement important dû à une forte houle de sud-est provoquant une faible vidange par les hoa du nord-ouest) le courant est exclusivement rentrant. Mais il est discontinu et très irrégulier : quasiment nul à marée basse et par mer calme, il est plus fort à marée haute, et cela d'autant plus que le coefficient de marée est élevé. Dans les périodes de houle le courant passe en permanence. Si la vitesse maximum enregistrée est de $1,2 \text{ m s}^{-1}$, elle est généralement faible et inférieure en moyenne à 30 cm s^{-1} dans tous les secteurs. C'est dans les hoa du nord-ouest que les vitesses moyennes sont les plus élevées, le débit y étant maximum de janvier à avril (été austral) ; par contre c'est en hiver que les débits sont maximum dans les hoa des autres parties de la côte (tableau II.2. 1).

Echanges par la passe et taux de renouvellement : les échanges sont difficiles à quantifier, les courants pouvant dépasser 3 m s^{-1} et étant difficilement mesurables avec les moyens disponibles. Le courant dans la passe est alternatif, en phase avec la marée océanique et modulé par celle-ci.

On peut estimer que la quantité d'eau entrante lors du flot de marée remplace en totalité la même quantité d'eau lagonaire (on définit ainsi un taux de renouvellement dû à la marée) ; toutefois lorsque le lagon est ensaché ce taux de renouvellement par la marée est évidemment nul, et il est maximum lorsque le niveau du lagon est bas et que le courant dans la passe est alternatif. On estime dans ce cas que le débit moyen du flot est voisin de $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Taux de renouvellement des eaux du lagon : deux régimes de renouvellement des eaux apparaissent dans le cycle annuel.

* en été austral le renouvellement est lent, le débit entrant total (passe et hoa) étant de l'ordre de $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et le temps de résidence des eaux dans le lagon estimé à 230 jours.

* en hiver austral le renouvellement est plus rapide avec un débit entrant total de $1100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et un temps de résidence de 105 à 125 jours, selon la méthode utilisée pour le calcul.

Sur l'ensemble de l'année on peut estimer que le débit total entrant est de $700 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et le temps de résidence de 170 jours. Il est intéressant de comparer ces données à celles d'autres lagons : dans un lagon d'île haute comme Moorea, le temps de résidence moyen annuel est estimé à 6 h 30, et dans un lagon fermé il est estimé à environ 4 à 5 ans.

Tableau II.2. 1 : Débits et temps de résidence

Mois	Hoa SE	Hoa SW	Hoa NW	Passe	Total	Temps de résidence (jours)
	(débits en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)					
janvier	270	65	15	260	600	230
février	140	75	18	180	400	
mars	-	100	14	150	-	
avril	-	200	18	250	-	
mai	800	280	7	100	1200	105
juin	1000	160	11	70	1200	
juillet	550	190	2	100	900	

CIRCULATION LAGONAIRE

Les courants sont toujours très faibles dans le lagon. On peut estimer que les courants de surface sont de l'ordre du 1/100ème de la vitesse du vent mesurée à 10 m, et sont dans le sens du vent. Par temps calme, sans vent et avec lagon ensaché, le courant superficiel est voisin de 1 cm s^{-1} dans le sens du vent, et inférieur à 1 cm s^{-1} dans les couches subsuperficielles, orienté vers la passe. Dans la partie centrale du lagon le courant est estimé inférieur à $0,5 \text{ cm s}^{-1}$ et dirigé vers la passe ; à proximité de la passe la circulation est perturbée par le courant sinusoïdal, et au flot on observe un phénomène de jet dont l'incursion est estimée à environ 2600 m, alors que l'eau qui sera éjectée lors du jusant ne s'éloigne pas de plus de 700 m de la passe.

La vitesse moyenne pendant la première moitié du flot peut dépasser 20 cm s^{-1} .

MODELISATION

L'objectif était de généraliser les résultats obtenus à un lagon quelconque. Force est de reconnaître que la complexité du problème (un lagon n'est ni un canal ni une enceinte fermée) nécessiterait un modèle numérique tridimensionnel que l'insuffisance de données ne permettent pas d'élaborer. Cependant, une loi de vidange très simple a pu être établie, donnant le débit sortant en fonction de la différence de niveaux entre l'océan (z) et le lagon (h), repérés à partir du même niveau de référence :

$$Q (\text{m}^3 \text{s}^{-1}) = \pm 3000 \cdot (|h - z|)^{1/2}$$

z et h étant en mètres

Ce débit de vidange équivaut au débit entrant et est directement utilisable pour la réalisation de bilans en chimie et en biologie. Une autre donnée utile est la notion de débit linéique, donnant le débit par unité de longueur de côte ouverte par les hoa (tableau II.2. 2).

Tableau II.2.2. : Débits linéiques ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

SAISON	Hoa SE	Hoa SW	Hoa NW
Hiver	0,030	0,015	0,001
Printemps	0,020	0,010	0,000
Automne			
Eté	0,006	0,006	0,002

Un modèle bidimensionnel horizontal à une couche a été cependant élaboré, donnant le courant moyen sur la colonne d'eau. L'effet de chacun des trois moteurs de la circulation (marée, houle et vent) a été dissocié pour évaluer leur importance respective sur la circulation globale. Le courant résiduel de marée, toujours très faible ($0,2 \text{ mm. s}^{-1}$), n'est appréciable qu'au voisinage de la passe dans un rayon maximum de 4 km ; il engendre un tourbillon cyclonique (clockwise) centré au Sud-Est de la passe, qui est stable quelque soit l'état de la marée (flot et jusant).

Les seuls courants non négligeables existent lors des cycles de marée (1 cm s^{-1}) : sinusoïdaux, ils sont alternatifs uniquement au voisinage de la passe et créent deux tourbillons de part et d'autre de celle-ci.

Les courants induits par les eaux entrant par les hoa du Sud-Est et dus à la houle, se dirigent exclusivement vers la passe. Ils sont 100 fois plus forts que le courant résiduel de la marée (1 cm s^{-1}) ; il faut noter que la partie nord du lagon n'est pas soumise à cette circulation qui, dans la moitié sud de celui-ci, joue un rôle très important dans le renouvellement des eaux du lagon.

C'est la circulation induite par le vent qui est la plus importante. Une simulation faite avec un vent d'Est, le lagon étant considéré comme fermé, fait apparaître une circulation dont le schéma ne dépend pas de la force du vent, et qui est constitué de deux tourbillons : un anticyclonique au Nord-Est, un cyclonique au Sud-Ouest. Il faut noter que dans la partie centrale du lagon, le courant est contre le vent. Les vitesses dépendent évidemment de celles du vent : avec un vent de 4 m s^{-1} le courant dans le lit du vent peut atteindre $0,5 \text{ cm s}^{-1}$, alors qu'un vent de 20 m s^{-1} engendre un courant de l'ordre de 10 cm s^{-1} . dans ce cas, la surcote à l'Ouest est de 6 cm, et la décote de -6 cm ; mais rappelons que le lagon est supposé fermé.

Les résultats de modélisation, dont il est fait état dans ce chapitre, sont issus d'un travail en cours qui tiendra lieu d'additif à la thèse soutenue par X. Lenhardt.

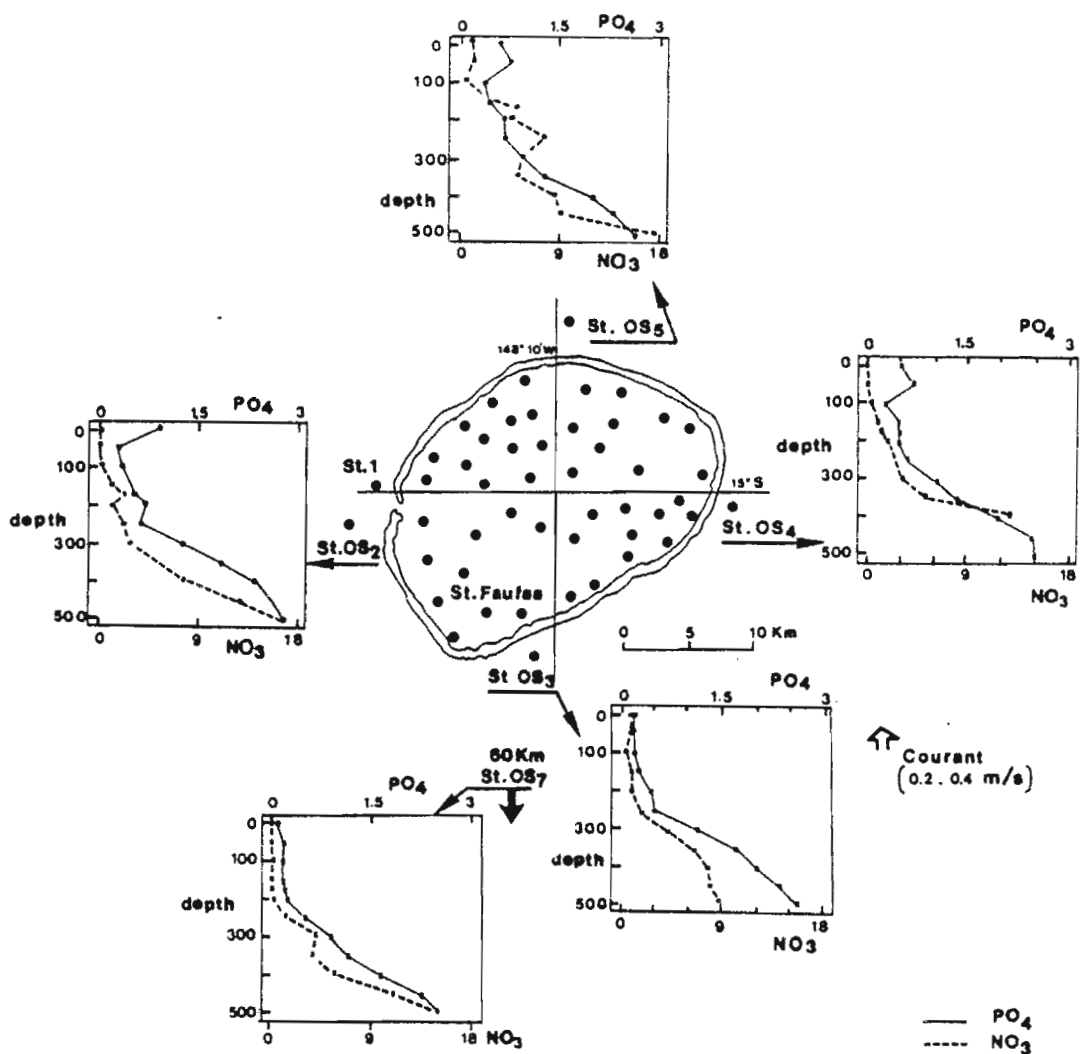


Figure II.2.4 : Localisation des stations et profils de concentration en sels nutritifs (mmol m^{-3}) au voisinage de l'atoll de Tikehau (mars 1984)

Tableau II.2.3 : Concentrations moyennes en PO_4 et NO_3 (mmol m^{-3}) dans la couche superficielle des 200 mètres des eaux océaniques en mars 1984.

STATION	OS2	OS3	OS4	OS5	OS7
PO_4	0,4	0,2	0,5	0,5	0,2
NO_3	0,9	1,0	0,9	2,5	0,15
N/P	2,1	5,0	2,0	5,1	0,9

LA CHIMIE DU MILIEU

LES EAUX LIBRES

LES ELEMENTS DISSOUS

L'étude s'est déroulée de 1984 à 1987. Quatre stations océaniques, situées aux 4 points cardinaux de l'atoll à 2 km de la barrière récifale, et une station, située à 60 km au sud de l'atoll, ont été prospectées au cours de la mission TATI (N.O. CORIOLIS) (Figure II.2.4). Les prélèvements ont été réalisés de 0 m à 500 m. L'ensemble du lagon a été prospecté 9 fois ; les prélèvements ont été effectués tous les 10 m de profondeur. Les stations de référence de l'océan (station 1) et du lagon (station Faufaa) ont été prospectées avec une fréquence plus élevée. Les paramètres étudiés et les méthodes d'analyse utilisées sont les suivants : PO_4 , NO_3 , NO_2 , NH_4 , N et P totaux dissous (ND et PD), par spectrophotométrie, N et P organiques dissous (NOD et POD), par différence entre N et P inorganiques dissous et ND et PD.

Les eaux océaniques avoisinantes

La station OS7 (60 km au sud de l'atoll) présente des profils des sels nutritifs typiques d'eaux océaniques, avec augmentation des concentrations avec la profondeur : 0,1 - 0,2 mmol m^{-3} de phosphate et nitrate jusqu'à 200 m, 2,5 mmol PO_4 et 15 $\text{mmol NO}_3 \text{ m}^{-3}$ à 500 m. Cependant, les concentrations en NO_3 et PO_4 sont nettement plus élevées dans les 200 premiers mètres des stations proches de l'atoll (Tableau II.2. 3).

Ainsi, au voisinage de l'atoll, les profils sont perturbés, présentant un enrichissement en N et P de la zone euphotique (Figure II.2.4). Ce phénomène peut être la conséquence d'un mélange vertical turbulent, dû à la présence de l'atoll ou à des ondes internes.

Les eaux lagunaires

Les concentrations en N et P des eaux lagunaires varient avec l'année et le mois de prélèvement, mais sont indépendantes du secteur prospecté (Figure II.2. 5). Les échantillons (1057 analyses) n'ayant pas été obtenus synoptiquement, les meilleures estimations de leurs moyennes pondérées se calculent par :

$$\text{moyenne} = (\sum C_{i,j}) / (i \cdot j)$$

$C_{i,j}$ étant la concentration moyenne en N ou P de l'année i et du mois j .

LA MATIERE ORGANIQUE PARTICULAIRE

Les eaux océaniques avoisinantes

Les eaux océaniques ont été étudiées lors de 4 campagnes océanographiques entre 1983 et 1985. Les stations prospectées étaient les mêmes que celles choisies pour l'étude des éléments dissous.

Les concentrations en chlorophylle-a, phéophytine-a, COP, NOP, POP et ATP ont été mesurées de 0 m à 250 m.

Les résultats apparaissent dans les Figures II.2. 6 à II.2. 8. On observe toujours un maximum profond de chlorophylle, généralement situé entre 100 et 200 m, où la concentration peut atteindre 0,24 mg m^{-3} contre 0,05 mg m^{-3} en surface.

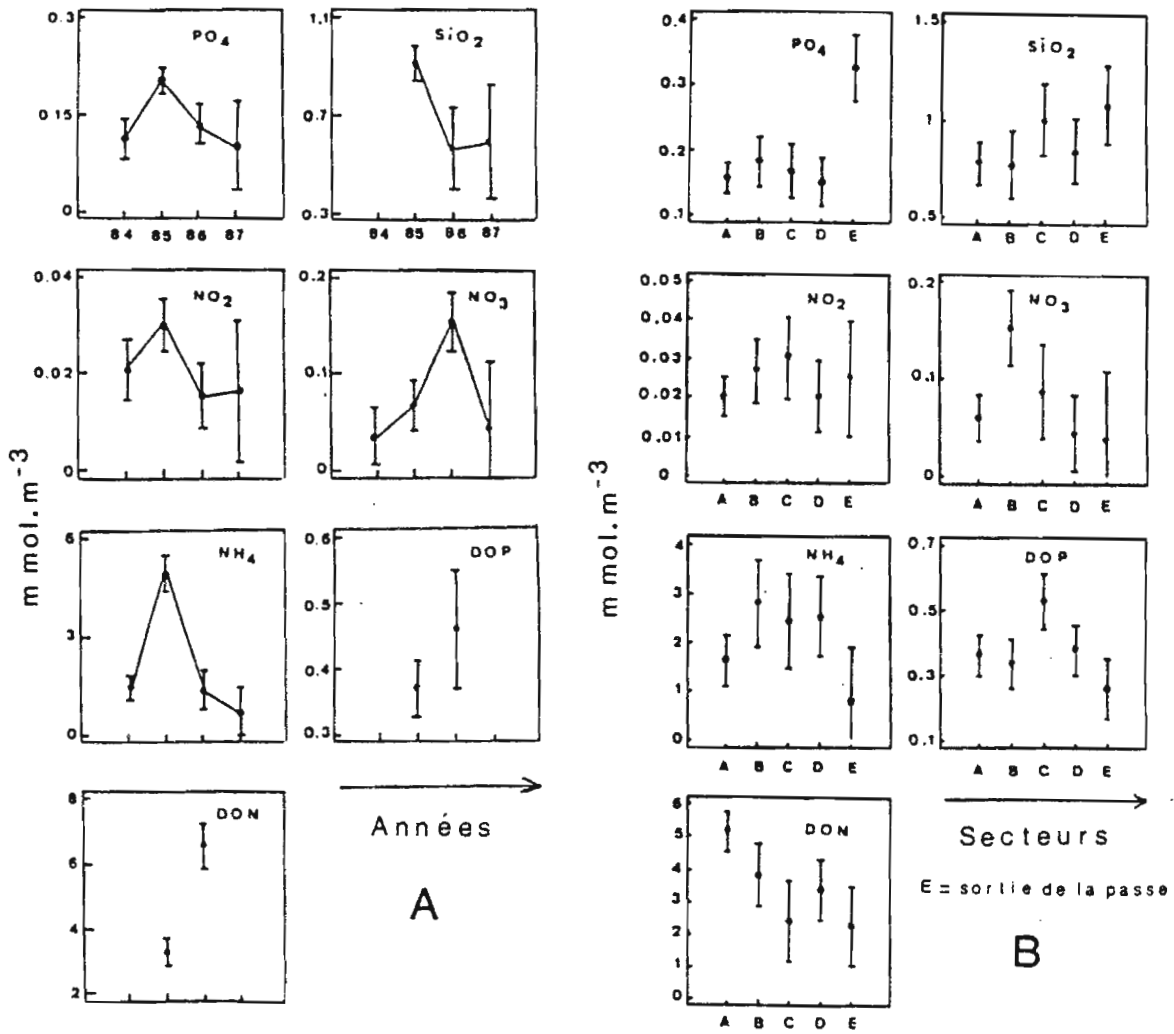


Figure II.2.5 : Moyennes et intervalles de confiance des concentrations en sels nutritifs.
 - selon les années (A)
 - selon les secteurs du lagon (B)

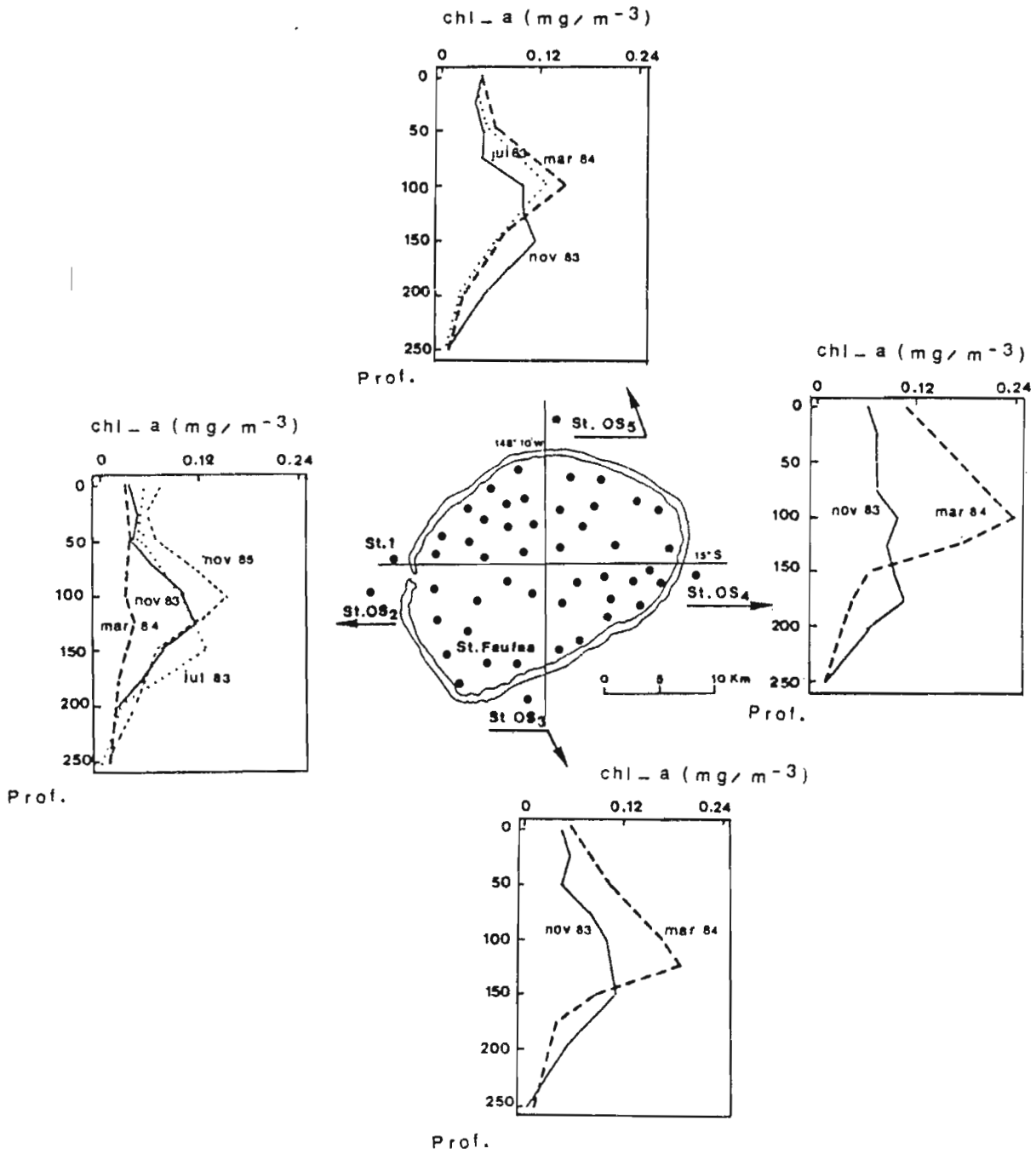


Figure II.2.6 : Concentrations en chlorophylle au voisinage de l'atoll de Tikehau

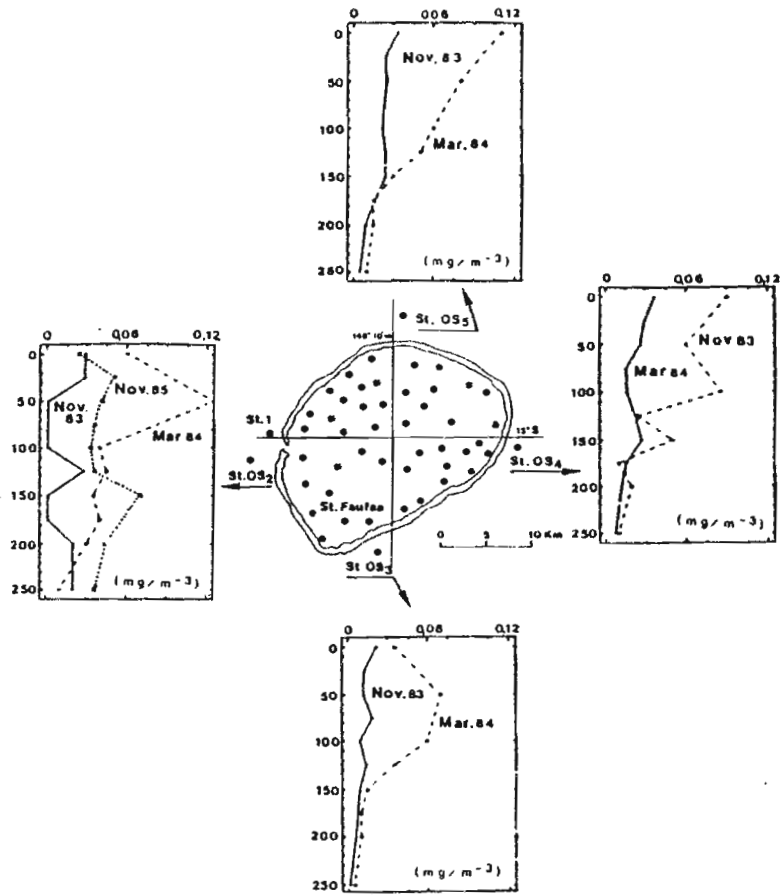


Figure II.2.7 : Concentrations en A.T.P. au voisinage de l'atoll de Tikehau

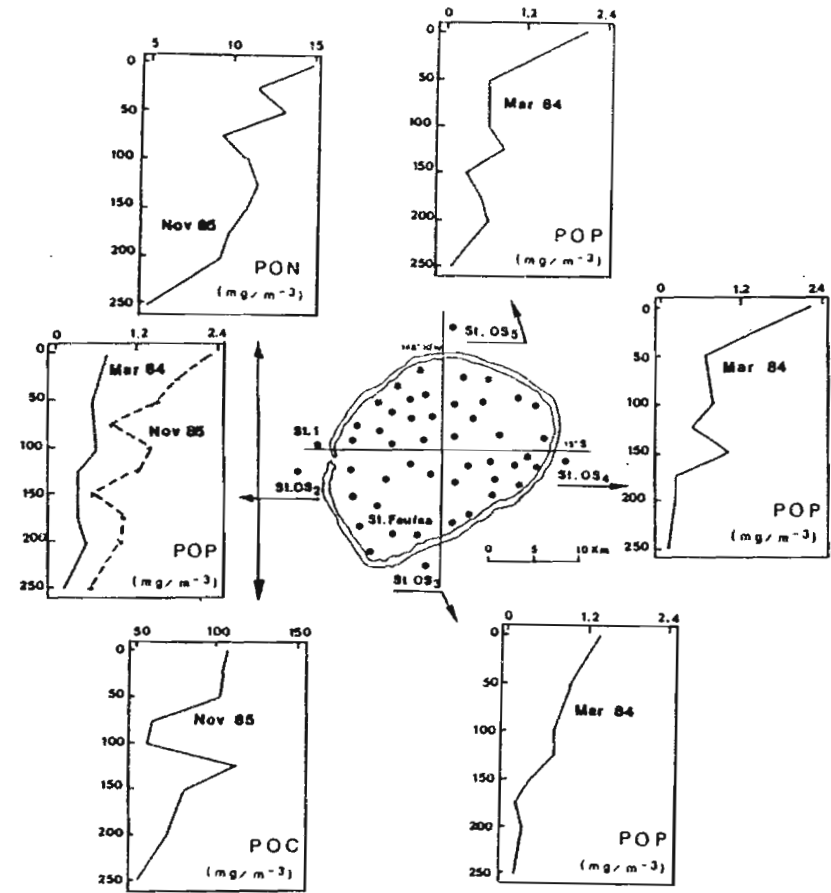


Figure II.2.8 : Concentrations sous forme organique particulaire en carbone (POC), en azote (PON) et phosphore (POP) au voisinage de l'atoll de Tikehau

Les concentrations en ATP sont maximum dans les premiers 100 m. Les teneurs en MOP de la couche de mélange sont nettement plus élevées au voisinage de l'atoll (100 mg C m⁻³, 12 mg N m⁻³ et 0,7 mg P m⁻³) qu'à 60 km au sud de l'atoll.

Les eaux lagunaires

L'ensemble du lagon a été prospecté 11 fois entre 1983 et 1985 sur 46 stations.

Les concentrations en MOP des eaux lagunaires varient selon le mois et l'année de prélèvement (Figures II.2. 9 et 10). En 1983, on observe une nette augmentation des concentrations en COP, NOP et POP, que nous avons attribuée à l'effet des cyclones qui ont ravagé les Tuamotu au début de l'année 1983. On observe peu de différence selon la station de prélèvement.

En revanche, les échantillons collectés au voisinage du fond contiennent environ 40 % plus de MOP que ceux de la colonne d'eau (Figure II.2. 11).

Les moyennes des éléments et molécules de la MOP ont été calculées sans les données de 1983 et sans celles des échantillons collectés au voisinage du fond par l'équation :

$$\text{moyenne} = (\sum C_i) / i$$

Ci étant la concentration moyenne en MOP du mois i.

Les moyennes des éléments et molécules de la MOP apparaissent dans le Tableau II.2. 4.

Tableau II.2. 4 : Moyennes des concentrations de la matière organique particulaire (mg m⁻³) dans les eaux lagunaires et les eaux océaniques superficielles

	chl-a	pha-a	ATP	POC	PON	POP	DW	C/N
Océan								
moyenne.	0,06	0,03	0,02	52	6	0,7	300	8,7
St.Err.	0,004	0,003	0,004	3	0,5	0,1	21	0,4
valeurs	58	58	13	31	31	41	12	31
Lagon								
moyenne	0,18	0,07	0,11	192	21	2,7	1417	9,1
St.Err.	0,003	0,002	0,005	5	1	0,1	76	0,2
valeurs	409	409	162	290	289	224	35	289

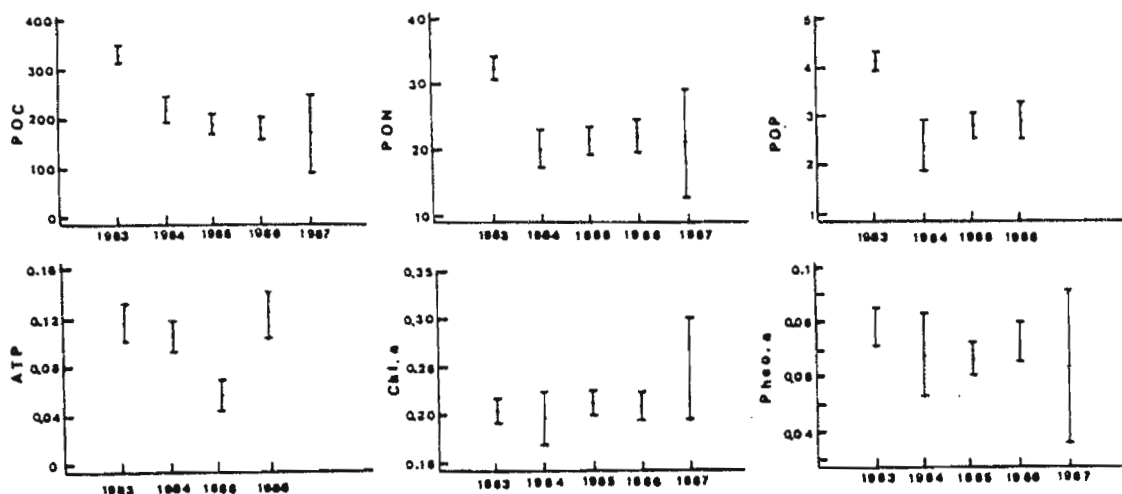


Figure II.2. 9 : Moyennes annuelles et intervalles de confiance des concentrations en matière organique particulaire (MOP) dans le lagon de Tikehau

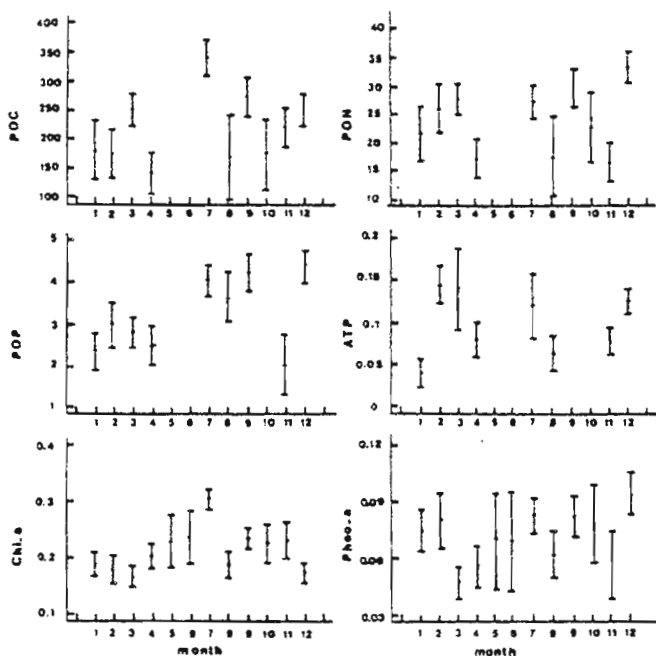


Figure II.2.10 : Moyennes mensuelles et intervalles de confiance des concentrations en matière organique particulaire (MOP) dans le lagon de Tikehau

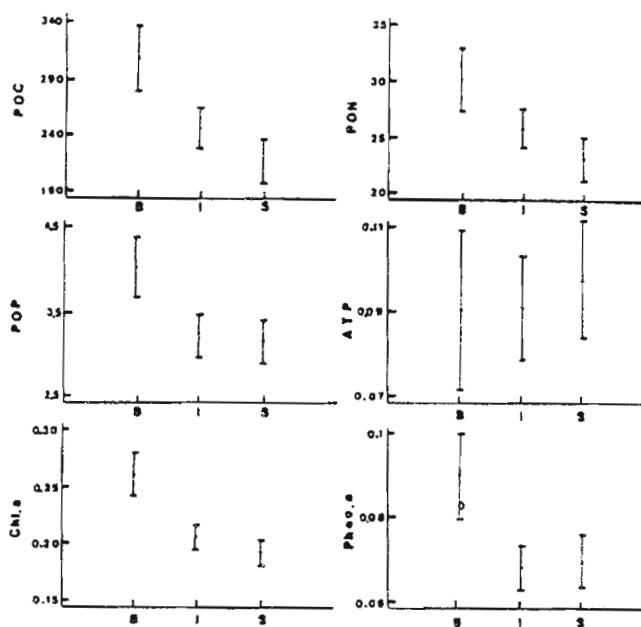


Figure II.2.11 : Moyennes et intervalles de confiance des concentrations en matière organique particulaire (MOP) en fonction du type d'eau
 B = près de la surface
 S = surface
 I = colonne

BILANS DE L'AZOTE ET DU PHOSPHORE

Bibliographie : 37, 38, 39, 10, 4, 6

Les moyennes des concentrations des eaux océaniques de surface sont obtenues à partir des 108 données de la station de référence. Les flux de sels nutritifs des eaux océaniques vers le lagon ont été calculés à partir de l'équation :

$$\text{flux (mmol m}^{-2} \text{ j}^{-1}) = F (C_L - C_O) / S_L$$

F est le débit moyen qui franchit la passe et les hoas, il est égal à $6 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$; S_L est la surface du lagon, égale à $4 \cdot 10^8 \text{ m}^2$; C_L et C_O sont les concentrations (mmol m^{-3}) en azote ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4 + \text{NOD} + \text{NOP}$) ou phosphore ($\text{PO}_4 + \text{DOP} + \text{POP}$), qui sont indiquées dans le Tableau II.2. 5.

Azote

La concentration totale en azote est de $3,8 \text{ mmol m}^{-3}$ dans l'océan et de $8,0 \text{ mmol m}^{-3}$ dans le lagon. Durant leur passage sur la couronne récifale et leur résidence dans le lagon, les eaux sont appauvries en NO_2 et NO_3 et enrichies en NH_4 . Le taux d'augmentation de N est de $0,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. L'augmentation des eaux en N durant leur transit sur le récif a été observée sur d'autres écosystèmes coralliens et serait essentiellement due à la fixation d'azote atmosphérique par les cyanobactéries, organismes très bien représentés dans ce type d'écosystème. Le taux de fixation de $0,6 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ que ces résultats ont conduit à estimer est compatible avec celui de $0,16$ à $0,31$ mentionné dans les mêmes unités pour la Grande Barrière de Corail. A Tikehau, les cyanobactéries pélagiques atteignent $150.000 \text{ cellules ml}^{-1}$ dans la colonne d'eau. Leur production, associée à celle des cyanophycées benthiques est estimée à $0,7 \text{ g C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$; les $9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ d'azote nécessairement assimilés proviennent vraisemblablement de l'azote dissous.

Phosphore

Durant leur transit sur le récif et leur temps de résidence dans le lagon les eaux océaniques s'appauvrissent en PO_4 et s'enrichissent en P organique. Le bilan de P est équilibré entre les eaux extérieures ($0,66 \text{ mmol P m}^{-3}$) et le lagon ($0,65 \text{ mmol P m}^{-3}$).

CONCLUSION

La présence de l'atoll perturbe, à sa proximité, les profils de sels nutritifs des eaux oligotrophes océaniques qui l'entourent. Il en résulte à ce niveau un enrichissement de la zone euphotique en NO_3 et PO_4 .

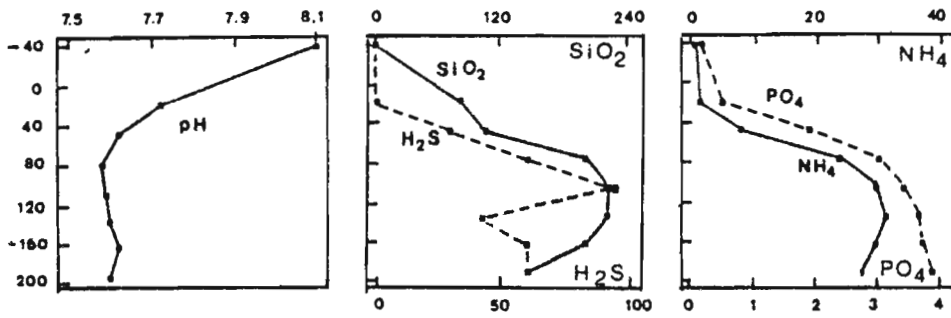
Le bilan du phosphore entre les eaux océaniques superficielles et les eaux lagunaires est équilibré grâce à l'assimilation de ce P minéral et à l'exportation du P organique produit par la couronne récifale et dans le lagon. Compte tenu de l'importante exportation, par le lagon, de N dissous, le budget de l'azote ne peut être équilibré que s'il y a fixation d'azote gazeux. Le taux de fixation nécessaire à cet équilibre est compatible avec ceux relevés dans la littérature pour les zones coralliennes.

Donc l'atoll, par sa présence physique (vraisemblablement sa masse) et le métabolisme des organismes qui se développent sur sa couronne récifale et dans son lagon, est responsable d'un enrichissement des eaux océaniques superficielles. Il est une source d'azote pour ces eaux.

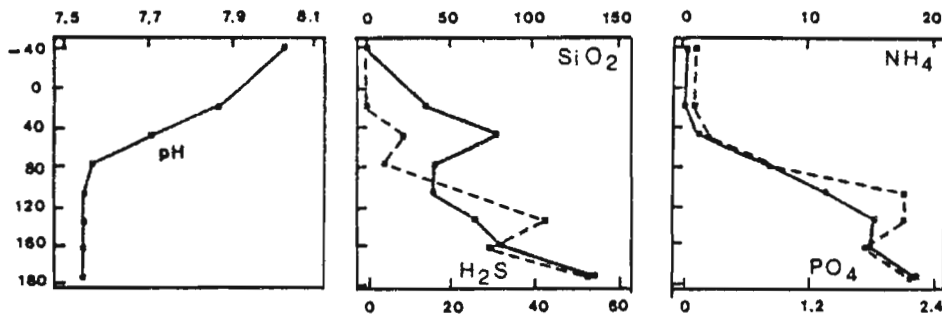
Tableau II.2. 5 : Valeurs moyennes et intervalles de confiance (P = 95%) des concentrations en phosphore et azote (mmol m^{-3}) dans les eaux océaniques avoisinantes (0 - 30 m) et les eaux lagunaires.

	OCEAN	LAGON
NO2	0,04	0,02
NO3	0,30	0,09
NH4	0,80	1,90
NOD	2,30	4,60
NOP	0,40	1,40
ΣN	$3,8 \pm 1,3$	$8,0 \pm 0,9$
PO4	0,38	0,16
DOP	0,26	0,39
POP	0,02	0,10
ΣP	$0,66 \pm 0,12$	$0,65 \pm 0,06$

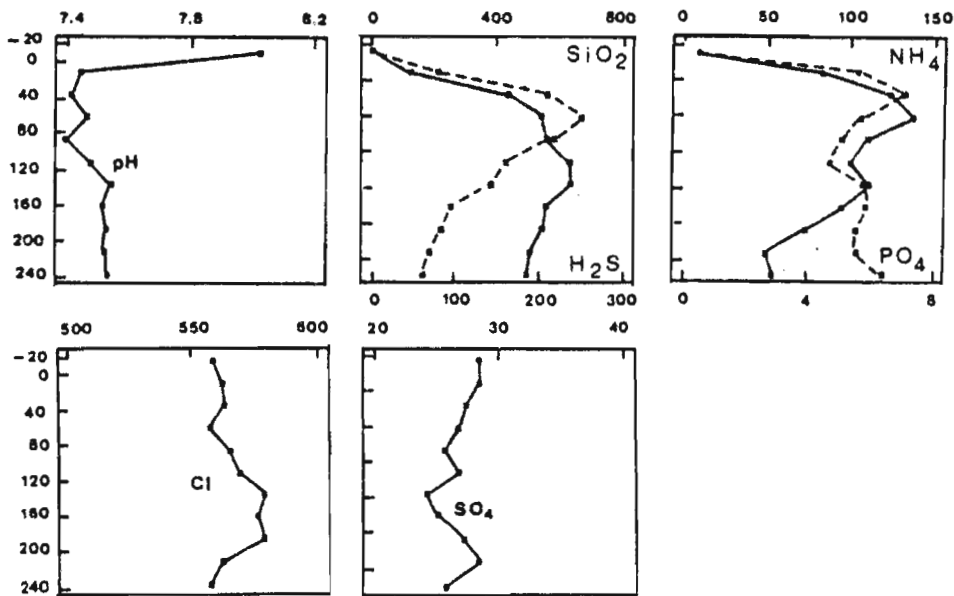
ATOLL DE TIKEHAU



Station G1



Station P1



Station Ds

Figure II.2.12. : Profils des concentrations en nutriments, du Ph et du H₂S dans les sédiments de Tikehau

LES EAUX INTERSTITIELLES

Bibliographie : 125, 126

Les fonds de lagons sont constitués de sédiments meubles. A l'interface eau-sédiment (IES) et dans les sédiments, la matière organique morte provenant de la sédimentation et celle produite à même le fond sont minéralisées. Dans la diagénèse précoce, c'est-à-dire celle qui se produit au sein des sédiments imbibés d'eau, l'action des bactéries est prépondérante. Ces processus de reminéralisation peuvent se faire sous diverses conditions :

1) aérobie, par la respiration qui se produit à l'IES ou dans les sédiments oxygénés. Cette respiration entraîne une production de CO_2 qui va entraîner une acidification des eaux interstitielles et sera donc responsable de la dissolution partielle de la phase carbonatée des sédiments. Son importance peut être évaluée à partir des études des pH et alcalinité

2) anaérobie, voie généralement prépondérante, les sédiments devenant anoxiques dès les premiers millimètres. La disparition de l'oxygène favorise le développement de souches anaérobies : bactéries sulfato-réductrices ou méthanogènes, qui seront responsables de la minéralisation.

Les substances issues de la minéralisation sont relâchées sous formes dissoutes dans les eaux interstitielles. Le retour de ces métabolites dans les solutions crée des gradients de concentration qui seront responsables de la migration des éléments à travers l'IES. Les échanges au sein du sédiment ou entre ce dernier et l'eau surnageante peuvent être considérablement modifiés suivant le degré de stabilité des sédiments, sur lequel influent l'agitation des eaux et la bioturbation. Cette dernière semble très importante dans le lagon de Tikehau.

La quantité de nutriments au sein des sédiments et leur migration vers la colonne d'eau ont été étudiées. Les profils de sels nutritifs dosés dans le sédiment apparaissent sur la Figure II.2. 12.

L'acidification des eaux interstitielles vers le bas de la colonne sédimentaire reflète à chaque station l'augmentation du CO_2 dissous en relation avec les processus de reminéralisation. Au sommet de la colonne sédimentaire, l' O_2 est le principal accepteur d'électron. En dessous, il est relayé par les sulfates et H_2S apparaît dans les profils à cause de l'activité bactérienne qui réduit SO_4 .

A une profondeur plus importante, la diminution de la concentration en H_2S est probablement liée à un contrôle chimique par précipitation de FeS .

La présence de gradient positif près de l'IES permet une diffusion moléculaire à partir des eaux interstitielles vers les eaux surnageantes.

Les concentrations en sels nutritifs sont faibles si on les compare avec celles constatées dans d'autres environnements côtiers. La même tendance est observée pour H_2S : la concentration maximale mesurée est de $251 \mu\text{M}$ à la station DS alors que des concentrations de l'ordre du mM sont communément observées : en utilisant un modèle diagénétique, nous avons montré que le COD provenant de la reminéralisation était très faible : $0,5 \text{ mg C g}^{-1}$ de sédiment sec.

Calcul des flux à partir des profils de concentrations :

L'équation générale du flux est :

$$F = \phi \cdot Ds' \cdot \text{grad C}$$

où: ϕ est la porosité interconnectée

Ds' est le coefficient de diffusion in situ ($\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$)

grad C ($\text{mole m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) est le gradient de concentration (c.a.d. la limite de dC/dz quand z tend vers 0.

La porosité est la même à toutes les stations $70 \pm 0,01 \%$.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau II.2. 6 : Flux de nutriments calculés à partir des gradients de concentration exprimés en $\mu\text{mol cm}^{-2} \text{ an}^{-1}$.

STATION	NH_4	PO_4	SiO_2
DS	$0,70 \pm 0,30$	$0,170 \pm 0,068$	16 ± 6
G2	$0,16 \pm 0,06$	$0,007 \pm 0,003$	$6 \pm 2,5$
P1	0	0	$2,5 \pm 1$

Des mesures directes ont été faites à l'interface eau-sédiment dans des chambres dont l'une était asphyxiée et l'autre oxygénée. Les résultats de ces mesures sont donnés sur la Figure II.2. 13.

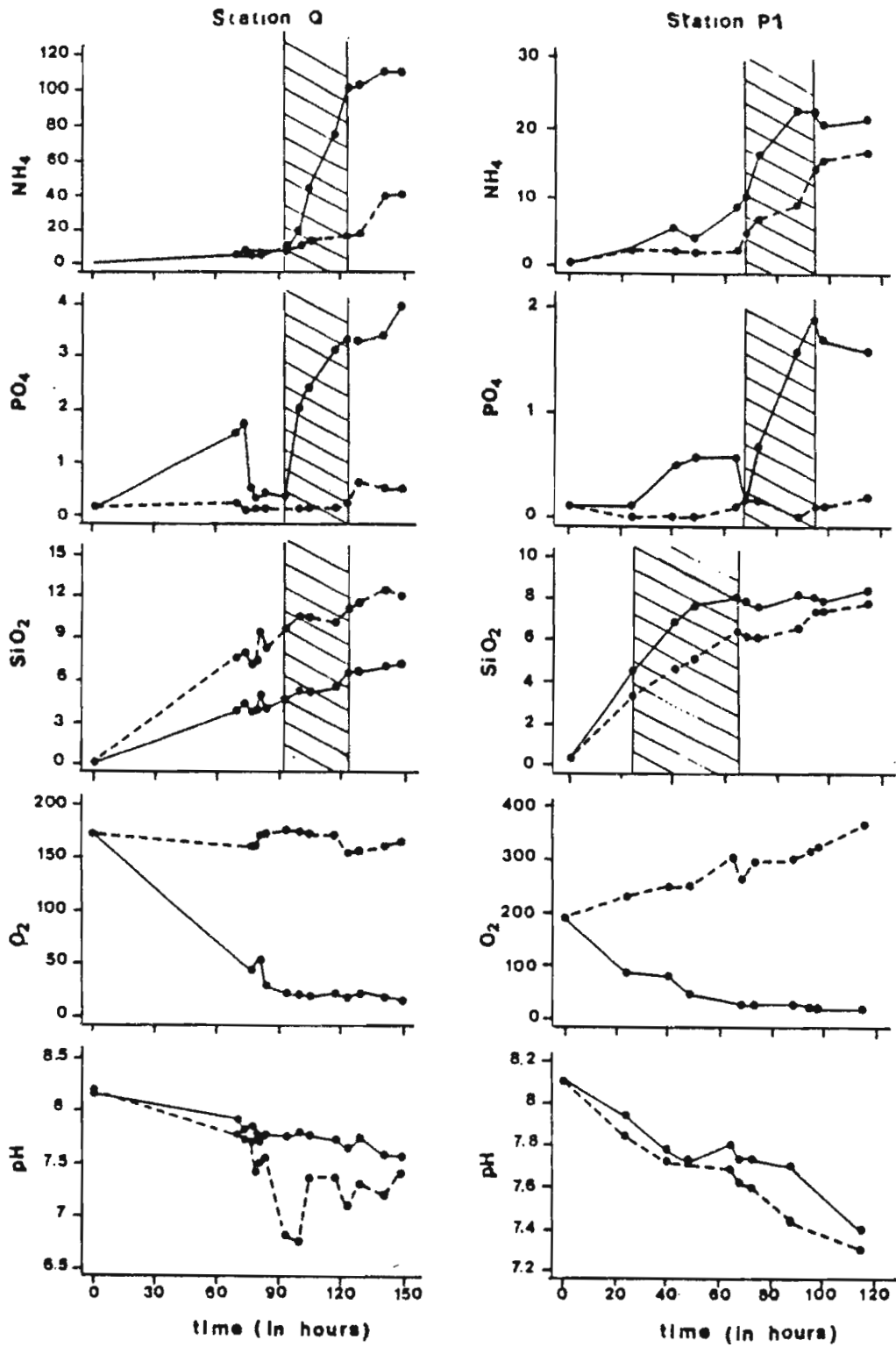


Figure II.2. 13 : Evolution des concentrations en nutriments, du Ph et de l'oxygène en milieu asphyxié (-) et oxygéné (---).

Les flux calculés à partir des augmentations de concentrations dans les chambres benthiques apparaissent dans le Tableau II.2. 7.

Les différences observées entre les 2 stations dans les flux de PO₄ peuvent être dûes à la microhétérogénéité qui est de règle à l'IES.

Les flux de N et P sont plus faibles dans le milieu oxygéné, ce qui démontrerait une assimilation de ces éléments par des organismes aérobies non photoautotrophes. En revanche, les flux de silicate sont égaux dans les deux types de milieux incubés.

La comparaison entre les flux calculés à partir des gradients de concentration et ceux mesurés à l'IES montre que les flux de NH₄ et PO₄ mesurés sont beaucoup plus élevés que ceux calculés. Donc les processus de diffusion à l'IES ne peuvent expliquer les flux réels. La bioturbation est sans doute à l'origine de l'accélération des flux. Dans ce type d'environnement, il semble plus réaliste de définir un coefficient de "dispersion" plutôt que de diffusion. On peut le calculer pour les silicates: $5,7 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$.

Tableau II.2. 7 : Flux calculés à partir des mesures directes en $\mu\text{mol cm}^{-2} \text{ an}^{-1}$

	NH ₄		PO ₄		N/P		SiO ₂	
st.	asph. oxy.		asph. oxy.		asph. oxy.		asph. oxy.	
Q	610	43	19	1,4	32	31	12	10
P1	92	69	13	0	7	-	23	15

Par ailleurs, il était intéressant, bien que les données sur les sédiments soient encore peu nombreuses, de comparer les flux mesurés à l'IES (FB) avec d'autres flux de N et P du lagon.

Ainsi, les taux de sédimentation de N et P ont été mesurés à différentes périodes ; ils apparaissent dans le tableau II.2. 8.

On en déduit que :

1) Les FB de la chambre asphyxiée (qui représentent la quantité totale de nutriments) sont, globalement pour les deux stations prospectées, du même ordre de grandeur en ce qui concerne les flux verticaux de N (qui, exprimés dans une unité comparable, sont compris entre 33 et 296 $\mu\text{mol N cm}^{-2} \text{ an}^{-1}$) mais supérieurs à ceux de P (compris entre 0,6 et 9,3 $\mu\text{mol P cm}^{-2} \text{ an}^{-1}$).

2) Les FB de la chambre oxygénée (qui représentent la quantité de nutriments utilisables par les producteurs primaires planctoniques et benthiques du lagon) peuvent être comparés aux besoins en N et P de la production primaire (calculés à partir de la valeur moyenne de production primaire égale à 0,7 g C $\text{m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ et des rapports d'assimilation C/N et C/P): le flux de NH₄ satisfait 18 à 29% des besoins en N et celui de PO₄ 0 à 6% des besoins en phosphore. Notons que l'excrétion du zooplancton (micro + meso) fournit respectivement 18 % et 10 % des besoins en N et P de la production primaire totale.

Tableau II.2. 8 : Taux de sédimentation (TR) de la chlorophylle, Phéophytine, POP, COP, NOP et poids sec du seston (DW) en $\text{mg m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ et vitesse de sédimentation (SV) en m j^{-1} dans le lagon
Coef. Var. : coefficient de variation (%)

date	Chl-a		Pha-a		POP		COP		NOP		DW	
	TR	VS	TR	VS	TR	VS	TR	VS	TR	VS	TR	VS
07/01/86	0.09	0.6	0.14	1.2	3.6	2.0	254	1.4	19	1.0	-	-
08/01/86	0.07	0.5	0.14	1.2	5.0	2.7	456	2.6	58	3.2	-	-
12/01/86	0.06	0.4	0.05	0.6	7.2	6.6	941	8.2	79	5.4	-	-
16/01/86	0.24	1.7	0.08	0.7	7.9	3.3	1032	9.0	113	7.5	-	-
25/02/86	0.06	0.5	0.06	1.3	0.7	0.1	266	1.7	22	1.2	-	-
17/12/86	0.21	1.2	0.11	2.7	3.8	1.2	130	1.0	12	0.9	-	-
18/12/86	0.15	0.6	0.14	2.3	3.4	1.1	122	1.2	12	1.0	-	-
20/12/86	0.15	0.6	0.19	3.9	6.2	3.0	146	0.6	14	0.6	-	-
22/12/86	0.14	0.6	0.13	1.7	4.6	1.5	221	1.4	24	1.8	-	-
09/02/87	0.18	0.6	0.31	0.2	2.4	1.7	-	-	-	-	365	0.2
10/02/87	0.19	0.7	0.22	2.0	1.4	1.2	-	-	-	-	394	0.3
12/02/87	0.20	0.8	0.26	2.4	1.4	1.2	-	-	-	-	480	0.3
26/05/87	0.05	0.3	0.08	1.4	0.5	0.2	-	-	-	-	252	0.1
27/05/87	0.00	0.0	0.00	0.0	0.5	0.1	-	-	-	-	710	0.4
14/07/87	0.03	0.1	0.11	1.1	1.2	0.7	108	0.7	12	0.6	-	-
17/07/87	0.01	0.1	0.01	0.1	0.7	0.1	175	0.9	22	0.8	-	-
moyenne	0.11	0.6	0.12	1.4	3.2	1.7	350	2.6	36	2.2	439	0.3
Coef. Var	66	72	67	74	78	25	94	116	97	104	39	39

LES SEDIMENTS

Bibliographie : 102

BIOGEOCHIMIE

La bonne oxygénation de toute la colonne d'eau, due à la fois à la présence de vent qui souffle presque toute l'année et à la faible profondeur du lagon, fait que le milieu sédimentaire est faiblement réducteur. De ce fait, on n'observe pas d'accumulation de débris planctoniques dans le sédiment.

La matière organique sédimentaire est répartie en deux compartiments, l'un incluant des acides aminés et comprenant les grains de carbonate associés à des matières protéiques qui se dégradent lentement, l'autre comprenant une matière organique inter-granulaire d'origine phytoplanctonique, à décomposition plus rapide. Les acides gras algaires du sédiment proviendraient plutôt des algues benthiques que du phytoplancton, ce qui suggérerait a priori une séparation des compartiments benthique et planctonique. Or il n'en est rien. En effet, des flux importants d'acides aminés ont été mesurés; il est alors vraisemblable que les matières organiques d'origine planctonique sont consommées par la faune benthique à la surface du sédiment avant de pouvoir être enfouies, circuit nutritif qui a été observé dans le cas des holothuries.

La séparation des compartiments planctonique et benthique n'est donc qu'apparente ; ceux-ci sont en fait étroitement couplés, le recyclage des débris planctoniques étant extrêmement rapide à l'interface eau-sédiment.

Les sédiments contenant peu de matière organique, les bactéries anaérobies n'ont donc qu'un rôle secondaire dans le recyclage de celle-ci (sauf à la rigueur dans les sédiments les plus fins).

LA PHYSIQUE DU MILIEU

HYDROCLIMATOLOGIE

L'hydroclimatologie lagonaire est caractérisée par des saisons plus contrastées (températures, salinités) que celles sévissant sur l'océan.

Un ensoleillement fort touche le lagon toute l'année et 17 % de l'énergie incidente atteint la profondeur moyenne du lagon à 25 mètres.

Dans une première approximation, le bilan évaporation-précipitation est sensiblement équilibré.

HYDRODYNAMISME

L'hydrodynamique lagonaire est modulée par plusieurs facteurs jouant un rôle de moteur dans l'entraînement des masses d'eau. Ce sont les houles océaniques générées par le vent local, par les dépressions tropicales, ou propagées à travers l'océan depuis les régions polaires. C'est également la marée océanique bien qu'elle soit de faible amplitude en Polynésie (0,15 m). Ce sont enfin les facteurs qui influent sur le niveau océanique de manière plus ou moins aléatoire ou accidentelle, comme les variations barométriques, la pente de l'océan, les cyclones, ou les tsunamis.

Le niveau du lagon est sujet à des variations engendrées par les fortes houles qui entraînent un ensachage du bassin et par suite une élévation de niveau de 0,70 m ; cette surélévation peut être très rapide ($0,40 \text{ m.j}^{-1}$) alors que la vidange est deux fois plus lente. La marée océanique est filtrée par la passe et se traduit par une marée intérieure dont l'amplitude, faible (3,5 cm en période de vive eau) est cinq fois moindre qu'à l'extérieur. Les variations de niveau dues aux seiches, surcote et décote sont toujours faibles et inférieures à 1 cm ; ces phénomènes n'induisent pas de mouvement significatif des masses d'eau.

Les échanges entre le lagon et l'océan sont exclusivement horizontaux. Le renouvellement de l'eau du lagon est assuré par les entrées d'eau océanique arrivant par les hoa d'une part et par la passe d'autre part. Par contre la passe est l'unique voie de sortie des eaux lagonaire. Le renouvellement des eaux est deux fois et demie plus rapide en hiver austral qu'en été, avec des temps de résidence respectivement de 105 jours et de 230 jours. Le temps de résidence moyen annuel est de 170 jours, soit près de 6 mois.

Le courant de surface s'établit dans le lit du vent avec une vitesse proportionnelle à la vitesse de celui-ci, la masse d'eau se déplaçant lentement (à moins de 1 cm.s^{-1}) vers la passe lorsque le lagon est ensaché.

La loi de vidange établie pour le lagon de Tikehau, faisant intervenir la différence de niveaux entre l'océan et le lagon permet de calculer les débits entrant et sortant.

Un modèle bidimensionnel horizontal à une couche permet de montrer que les deux moteurs principaux des courants sont d'une part, le vent et d'autre part le flux des eaux entrant par les hoa du Sud-Est. Le modèle de circulation dépend donc de l'intensité des deux facteurs ; le caractère général de la circulation et l'existence d'un flux orienté vers la passe et de deux tourbillons dans le Sud-Ouest et le Nord-Est du lagon, ce schéma très général étant éminemment variable.

LA CHIMIE DU MILIEU

LES EAUX LIBRES

La présence de l'atoll perturbe les profils des sels nutritifs : la couche superficielle des eaux océaniques est enrichie, autour de l'atoll, en azote minéral et en phosphate.

Les concentrations en sels nutritifs du lagon varient avec le mois et l'année. Excepté pour NH_4 , les sels nutritifs sont moins abondants dans le lagon que dans les eaux océaniques de surface.

Dans les eaux océaniques, un maximum profond de chlorophylle est toujours observé entre 100 et 200 m, pouvant atteindre $0,24 \text{ mg m}^{-3}$. Le carbone vivant se trouve essentiellement dans les 100 premiers mètres et représente 6 à 15 % du COP. Au niveau du maximum profond de chlorophylle, le phytoplancton représente 93 % du carbone vivant.

Le passage de deux cyclones sur l'atoll en 1983 a provoqué une augmentation de la charge en seston du lagon. Pour l'ensemble des années considérées (1983 - 1987), la concentration en COP est maximum au mois de juillet alors que le temps de résidence des eaux océaniques dans le lagon est minimum (100 jours).

Les stations situées à proximité des hoa présentent les charges sestoniques les plus faibles.

Pour l'ensemble du lagon, on observe au voisinage du fond une augmentation de 30 à 40 % de la MOP.

75 % du seston est constitué de particules inorganiques. 50 % des particules organiques ont une taille inférieure à 5 μm et seul 14 % du POC est constitué de carbone vivant.

Les bilans de l'azote et du phosphore ont été calculés à partir de la différence des concentrations entre les eaux lagunaires et océaniques superficielles et du flux d'eau par la passe et les chenaux de communication. Le bilan du phosphore, établi à partir de l'apport (sous forme minérale) et de l'exportation (sous forme organique particulaire) de cet élément, est équilibré. L'azote est exporté sous forme organique et de NH_4 . L'apport de NO_3 , dû à l'enrichissement des eaux océaniques, et la fixation d'azote moléculaire dissous équilibrent cette exportation.

On peut donc conclure que l'atoll, par sa présence physique (masse) et par ses métabolismes récifal et lagunaire, est une source d'azote pour les eaux océaniques avoisinantes.

LES EAUX INTERSTITIELLES ET LES SEDIMENTS

Les sédiments deviennent anoxiques dès les premiers centimètres. La disparition d' O_2 favorise le développement de souches de bactéries sulfatoréductrices : on observe ainsi une augmentation de l' H_2S . Cependant, en utilisant un modèle diagénétique, nous avons montré que le COD provenant de la reminéralisation était faible: 0,5 mg C g^{-1} de sédiment sec.

Les concentrations des nutriments présentent, globalement, une augmentation en fonction de la profondeur de la station. Elles atteignent en μM , au sein des sédiments: 6 pour le PO_4 120 pour NH_4 et 600 pour SiO_2 . Ces valeurs sont faibles, si on les compare avec celles observées dans d'autres environnements côtiers. A partir des gradients de concentration, les flux de ces éléments ont été calculés. Exprimés en $\mu\text{mol cm}^{-2} \text{an}^{-1}$, ils varient de 0 à 0,2 pour les PO_4 de 0 à 0,7 pour NH_4 et 2,5 à 16 pour SiO_2 .

Les flux ont été mesurés directement (flux "réels") à l'interface eau-sédiment, en utilisant des chambres benthiques obscures oxygénées et asphyxiées, à deux stations de faible profondeur. Ceux de N et P sont plus faibles dans le milieu oxygéné, ce qui démontre une assimilation de ces éléments par des organismes aérobies non photoautotrophes. En revanche, les flux de silicate sont égaux dans les deux types de milieux incubés.

Les flux réels de NH_4 et PO_4 sont beaucoup plus élevés que ceux calculés à partir des gradients de concentration dans le sédiment. Donc les processus de diffusion à l'IES ne peuvent expliquer les flux réels. La bioturbation est peut être une cause de l'accélération des flux.

On a comparé les flux mesurés dans la chambre asphyxiée aux taux de sédimentation de N et P. Ils sont, globalement pour les deux stations prospectées, du même ordre de grandeur en ce qui concerne l'N (N sédimentant compris entre 33 et 296 $\mu\text{mol N cm}^{-2} \text{an}^{-1}$) mais supérieurs à ceux de P (P sédimentant compris entre 0,6 et 9,3 $\mu\text{mol P cm}^{-2} \text{an}^{-1}$).

Les flux utilisables (chambre oxygénée) de NH_4 et PO_4 satisfont respectivement 18 à 29% et 0 à 6 % des besoins en azote et en phosphore de la production primaire totale (plancton + benthos).

3. LE MILIEU VIVANT

LE MILIEU VIVANT < 2 mm

PRODUCTION
PHYTOPLANCTONIQUE

PRODUCTION PHYTOBENTHIQUE

MODELE ENERGIE LUMINEUSE -
PRODUCTION PRIMAIRE

LES HETEROTROPHES

LA CHAINE TROPHIQUE

LE MILIEU VIVANT > 2 mm

LES HABITATS

LE BENTHOS

Cette considération est due surtout au fait que la majorité des études en milieu corallien ont été réalisées sur des écosystèmes récifaux de faible profondeur. Le rapport surface du récif (surface du récif+surface du lagon) est généralement faible dans les atolls ; les lagons représentent donc un type particulier d'écosystème corallien, souvent considéré comme une annexe du système récifal, dans lequel le plancton peut jouer un rôle prépondérant.

3. LE MILIEU VIVANT

Bibliographie : 2, 7, 9, 11, 39, 40, 41, 42

LE MILIEU VIVANT < 2 m

PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE

Le phytoplancton dans les écosystèmes coralliens a été souvent considéré comme un producteur de peu d'importance par rapport aux autres producteurs primaires.

Les stations prospectées sont réparties surtout dans la partie sud du lagon, à proximité du laboratoire. Les mesures de production phytoplanctonique ont porté sur la période 1983-1987.

L'estimation de la biomasse, effectuée à partir du dosage des pigments, a été complétée en avril 86 par des déterminations et des comptages cellulaires en épifluorescence.

Le Tableau II.3. 1 rend compte des moyennes du taux d'incorporation du carbone (AC) par profondeur.

On observe que le taux d'incorporation moyen est très nettement plus élevé en surface qu'aux autres profondeurs.

Tableau II.3.1 : Moyennes et intervalles de confiance du taux d'assimilation du carbone (AC) et du rapport AC/chlorophylle (AN) en fonction de la profondeur.

PROFONDEUR (m)	n	AC (mgC mg ⁻¹ chl-a h ⁻¹)	AN (mgC mg ⁻¹ chl-a h ⁻¹)
0 - 2	52	3,92 ± 1,02	21,1 ± 7,5
2 - 5	22	2,27 ± 0,67	13,0 ± 5,1
5 - 10	42	2,68 ± 1,33	13,5 ± 4,9
10 - 15	21	2,00 ± 0,72	11,2 ± 5,6
15 - 20	7	1,17 ± 1,15	4,7 ± 3,5
20 - 24	2	0,54	4,2

La figure II.3.1. représente la production phytoplanctonique intégrée jusqu'à 15 m, en fonction du mois de l'année. On observe qu'elle diminue nettement en hiver austral. Cette décroissance est probablement due à la diminution saisonnière de l'énergie lumineuse. La biomasse phytoplanctonique est faible (0,18 mg chl-a m⁻³ en moyenne) mais cette valeur est typique des eaux coralliennes. Elle est contrairement à la production, plus élevée en hiver.

La production phytoplanctonique journalière du lagon, calculée à partir des tranches bathymétriques, est de 0,44 g C m⁻² j⁻¹, valeur relativement importante compte tenu de la faible biomasse. Le nombre d'assimilation est élevé. Estimé à partir de la production horaire moyenne (44 mg C m⁻² h⁻¹) et de la chlorophylle moyenne intégrée sur 25 m (4,86 mg m⁻²) il est égal à 9 mg C mg⁻¹ chl-a h⁻¹, valeur caractéristique d'un phytoplancton de petite taille. En effet une importante partie du phytoplancton du lagon de Tikehau est constitué de cellules dont la taille est inférieure à 5 µm, avec une dominance de cyanobactéries.

Le Tableau II.3. 2 permet de comparer la production phytoplanctonique des eaux préfiltrées sur NUCLEPORE 5µm (AC < 5) avec celle des eaux non préfiltrées (CAt).

On constate que le pourcentage de la production totale due au phytoplancton de taille inférieure à 5 µm varie entre 13 et 90% avec une moyenne de 38 ± 10% , alors que le pourcentage d'organismes chlorophylliens de taille inférieure à 5 µm est de 61 ± 12% en moyenne dans les eaux incubées non filtrées. La corrélation est significative entre CAt et le pourcentage de chlorophylle passant à travers un filtre de 5 µm de taille de pore (%Chlo<5) : R = 0,51**). La préfiltration sur 5 µm aurait donc un effet négatif sur l'efficacité du phytoplancton, probablement par traumatisme lors de la préfiltration.

La production phytoplanctonique est corrélée avec l'énergie lumineuse (R = 0.67** n = 69). La production journalière (PP) peut être estimée à partir de l'équation :

$$PP \text{ (mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}\text{)} = e^{0,254} \cdot Eh^{0,39} \text{ (E m}^{-2} \text{ h}^{-1}\text{)}$$

où Eh est l'énergie lumineuse reçue.

En avril 1986 on observait en moyenne 151 000 cyanobactéries et 2 100 algues unicellulaires par millilitre. Leur biomasse a été estimée à partir de leur volume en utilisant les relations 0,18 pg C par µm³ pour les cyanobactéries et 0,64 pg C par µm³ pour les algues.

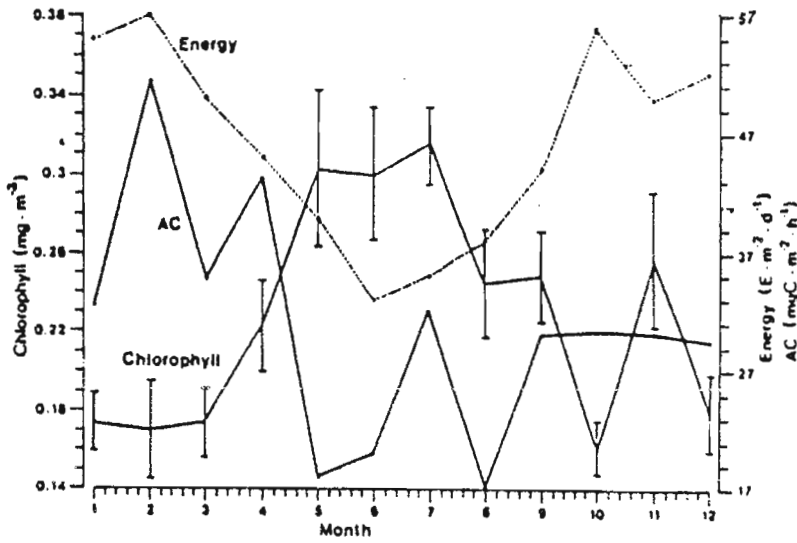


Figure II.3.1 : Evolution annuelle de la production phytoplanctonique intégrée jusqu'à 15 m dans le lagon de Tikehau

Tableau II.3.2.: Assimilation de carbone (Ac : mg C m⁻² h⁻¹) dans les échantillons préfiltrés sur 5 µm (AC<5) et sans préfiltration (ACt) ; AN : nombre d'assimilation (mg C mg⁻¹ chl a h⁻¹) ; % AC < 5 (100/ACt) ; % Chlo : pourcentage de Chla < 5 µm

date	st.	depth	ACt	AC<5	%AC	ANt	AN<5	% chl-a
17/24/83	2	0	4.9	2.3	47	13.3	7.3	86
		5	2.8	2.3	82	7.4	6.4	95
		10	3.2	1.8	56	9.0	4.9	99
17/26/83	9	0	4.0	2.6	65	14.7	14.0	68
		5	3.1	2.8	90	10.0	12.4	73
		10	3.7	2.0	53	11.8	8.6	74
11/25/84	6	0	5.6	2.5	44	18.7	12.4	67
11/24/84	6	0	2.6	1.5	58	11.7	8.3	81
		2	2.5	1.3	51	12.4	7.2	90
		10	3.6	1.5	42	17.2	8.3	86
		15	2.5	1.1	44	13.2	6.1	95
		4	0.5	0.2	45	5.1	1.4	89
10	2.4	0.3	13	19.5	2.6	94		
01/27/85	6	0	2.2	0.4	18	10.0	3.9	47
07/12/85	6	0	4.5	0.6	14	15.4	3.8	54
08/13/85	6	0	2.1	0.3	14	10.2	4.9	50
		2	1.4	0.2	14	5.5	4.5	17
		4	1.5	0.3	20	7.9	5.7	28
		6	1.4	0.2	15	8.2	4.5	26
		8	1.1	0.2	18	7.0	4.1	51
		10	0.9	0.2	28	4.7	5.7	18
15	0.7	0.1	18	5.5	2.6	18		
08/14/85	6	0	1.2	0.3	25	5.5	3.1	44
moienne					38			61

**PRODUCTION
MICROPHYTOBENTHIQUE**

Afin d'observer l'influence de l'énergie lumineuse sur la production nette d'oxygène dans les enceintes transparentes, des mesures de bilans d'O₂ ont été réalisées en continu, à faible profondeur. On observe en regroupant l'ensemble des expériences, une corrélation très hautement significative (R = 0,7*** n = 91) entre l'énergie et la production nette (Fig. II.3. 2).

Cinquante incubations de courtes durées (2 à 4 heures) ont été réalisées à différentes stations et époques; le facteur expliquant le plus de variance est la profondeur de la station avec 15% suivi de l'énergie lumineuse avec 11%. Production journalière (PBJ) et profondeur sont liées par la relation :

$$PBJ = -25,5 (\pm 2,5) \cdot \text{Profondeur} + 1005 (\pm 28,6)$$

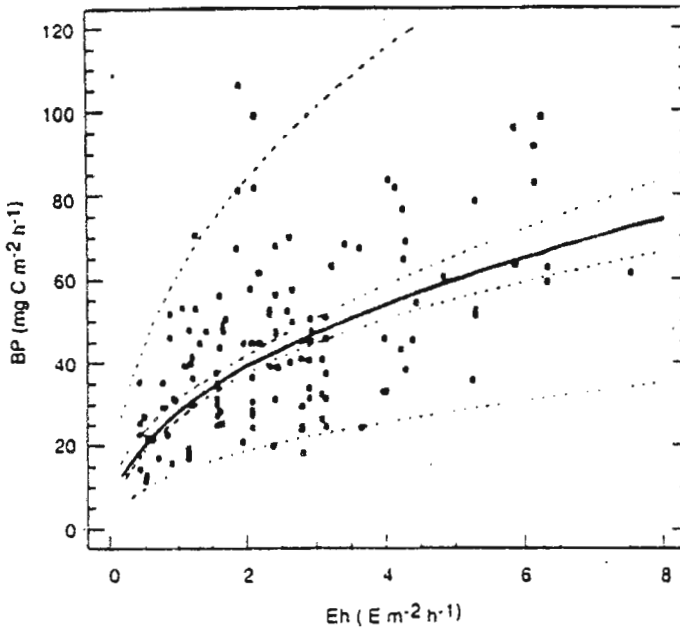


Figure II.3. 2 : La production microphytobenthique en fonction de l'énergie lumineuse dans le lagon de Tikehau.

Cette très forte corrélation linéaire permet d'estimer la production journalière (PBJ), à partir d'incubations de courte durée, par l'équation :

$$PBJ (\text{mg O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ j}^{-1}) = P_{t-t0} \cdot E_j \cdot E_{t-t0}^{-1}$$

avec :

P_{t-t0} = Production nette pendant le temps d'incubation t-t0 (mgO₂ m⁻²).

E_j = Energie journalière incidente (E m⁻² j⁻¹).

E_{t-t0} = Energie incidente reçue pendant le temps d'incubation (E m⁻²).

La production d'O₂ a été transformée en production brute de carbone (la respiration moyenne horaire mesurée dans les enceintes obscures est de 31 ± 7 mg O₂ m⁻² ; les coefficients respiratoire et photosynthétique ont été choisis égaux à 1). En utilisant les productions calculées pour les différentes tranches bathymétriques, on obtient une production brute journalière moyenne de carbone 0,25 mg C m⁻² j⁻¹, valeur qui est du même ordre de grandeur que celles données dans la littérature pour des fonds meubles tropicaux.

La production phytobenthique carbonée (BP) est liée à l'énergie lumineuse (Figure II.3. 2) par la relation :

$$BP (\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}) = e^{3,36} \cdot E_h^{0,454}$$

La production microphytobenthique est 25 fois plus élevée que la production phytoplanctonique si l'on considère les premiers mètres de profondeur. En revanche, pour l'ensemble du lagon, c'est cette dernière qui l'emporte avec un facteur 1,8. La production primaire totale reste constante quelle que soit la profondeur considérée (Figure II.3. 3)

La biomasse du microphytobenthos a été mesurée sur 185 échantillons, à différentes stations et époques. On observe une forte hétérogénéité intrastation : les coefficients de variation de la chlorophylle totale et active calculés sur 34 prélèvements réalisés à une même station sont respectivement égaux à 41% et 73%. Les moyennes générales sont : $19,7 \pm 1,6 \text{ mg m}^{-2}$ pour la chlorophylle totale et $9,6 \pm 1,4 \text{ mg m}^{-2}$ pour la chlorophylle active. La biomasse est significativement plus élevée aux stations situées entre 0 et 3 m de profondeur qu'aux autres niveaux prospectés (Fig. II.3. 4).

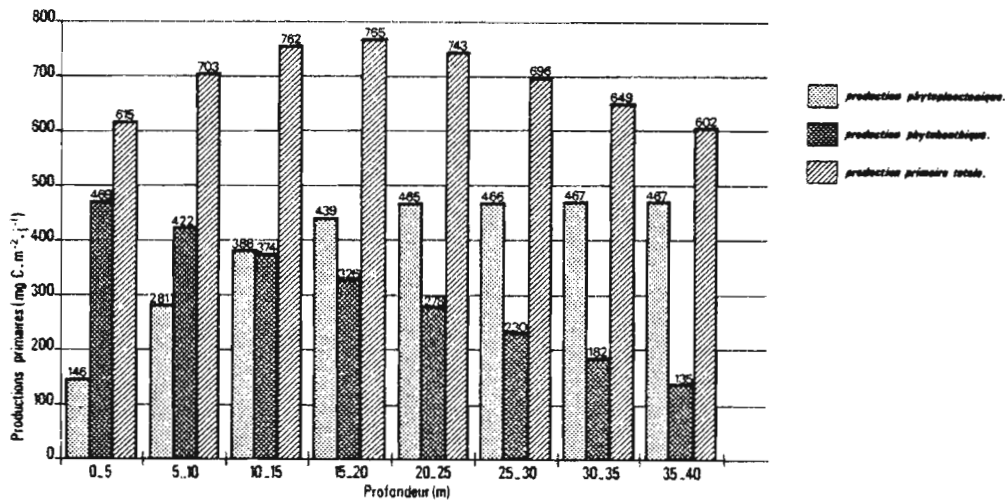


Figure II.3. 3 : Production primaire benthique, planctonique et totale calculées pour chaque tranche bathymétrique.

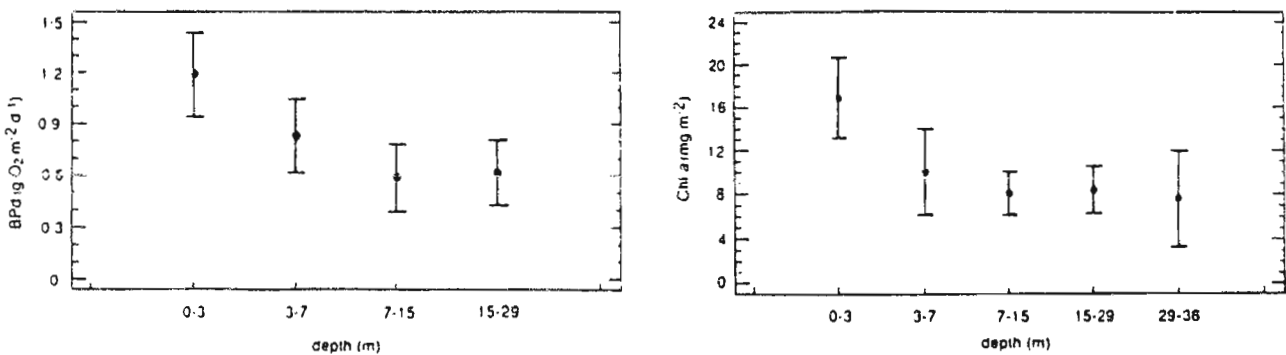


Figure II.3. 4 : Moyennes de la biomasse microphytobenthique et de la production oxygénée quotidienne en fonction de la profondeur dans le lagon de Tikehau.

**MODELE ENERGIE LUMINEUSE -
PRODUCTION PRIMAIRE**

La production phytoplanctonique par m³ peut être transformée en production par m² par l'équation :

$$PPd = \int_{z=0}^{z=d} PPz$$

avec :

PPd (mg C m⁻² h⁻¹) = production à la profondeur d

PPz (mg C m⁻³ h⁻¹) = production à la profondeur z

$$Pd = \int_{z=0}^{z=d} e^{0,254z} \cdot (e^{(4,45-0,06z)} \cdot Ehs / 100)^{0,39}$$

Ehs est l'énergie horaire reçue en surface.

La production benthique peut être calculée pour des profondeurs comprises entre 0 et 36 mètres par l'équation :

$$BPd = e^{3,366} \cdot (e^{(4,45-0,06d)} \cdot Ehs / 100)^{0,454}$$

Sur la figure II.3. 5 les productions planctoniques et benthiques sont représentées pour des énergies incidentes entre 1 et 8 E m⁻² h⁻¹.

On constate que la production phytoplanctonique dépasse la production phyto-benthique dans les 18 premiers mètres. La production totale (PT) est à peu près constante quelque soit la profondeur ; elle est corrélée avec Ehs (R = 0.99, n = 8) et peut se calculer par l'équation :

$$PT = 6,5 \cdot Ehs + 31,5$$

Donc, la production journalière (PTdly) peut se calculer (pour 10 h d'ensoleillement) par l'équation :

$$PTdly (mg C m^{-2} j^{-1}) = 6,5 \cdot Eds + 315$$

Eds = Energie incidente journalière.

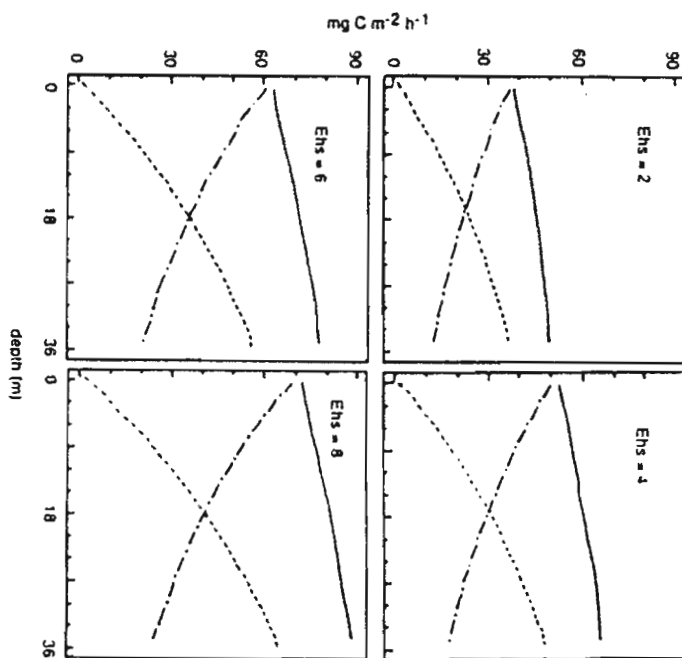


Figure II.3. 5 : Productions théoriques prédites par le modèle en fonction de l'énergie incidente en surface et en profondeur.

- .-.- microphytobenthos
- phytoplankton
- totale

On peut ainsi calculer les productions primaires journalières du lagon en utilisant les données d'énergie incidente de 1986 et cette dernière équation. Les moyennes mensuelles et les intervalles de confiance sont représentés sur la figure II.3. 6.

On peut estimer l'efficacité photosynthétique des producteurs primaires du lagon par les relations suivantes :

1 mg de chl-a produit 4,2 mg de carbone par heure

1 Einstein arrivant à la surface du lagon entraîne la production de 14 mg de carbone.

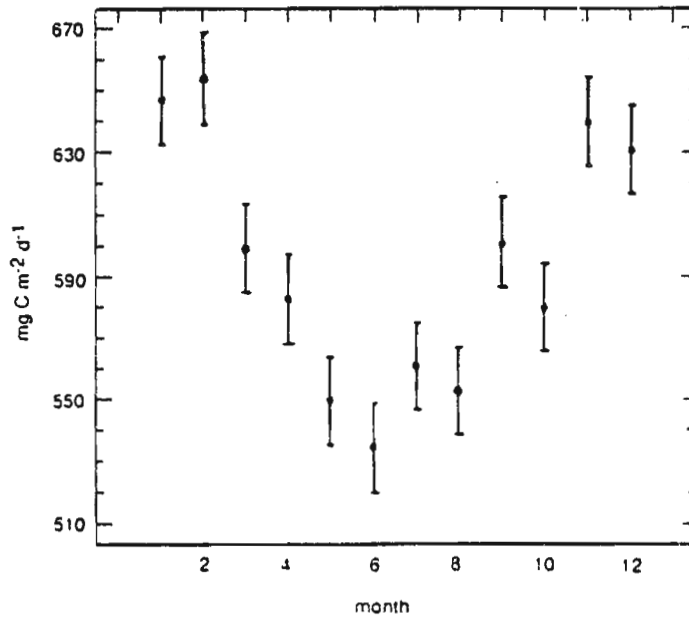


Figure II.3. 6 : Moyennes mensuelles et intervalles de confiance des productions primaires obtenues par le modèle établi pour le lagon de Tikehau.

Tableau II.3. 3 : Abondance du microplankton (nb/m³) en avril 1986 pour deux classes de taille A (35-100 µm) B (100-200 µm). Les pourcentages sont donnés entre parenthèses.

Microzooplankton components	6 April		8 April		9 April		11 April		12 April		15 April		17 April	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Tintinnids	11 424 (67.75)	3 634 (26.78)	5 150 (76.95)	909 (28.56)	11 163 (75.27)	12 300 (47.14)	13 569 (73.72)	16 680 (41.06)	3 830 (61.04)	1 267 (12.02)	6 510 (54.04)	183 (3.05)	15 943 (68.09)	575 (3.65)
Naked ciliates	475 (2.79)	104 (0.77)	510 (7.62)	85 (2.67)	502 (3.38)	223 (0.85)	732 (3.98)	752 (1.80)	471 (7.5)	289 (2.74)	569 (4.13)	13 (0.65)	489 (2.09)	196 (1.24)
Foraminifers	79 (0.47)	26 (0.19)	66 (0.98)	26 (0.82)	131 (0.88)	13 (0.05)	157 (0.85)	157 (0.39)	-	-	15 (0.12)	-	-	-
Radiolarians	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19 (0.16)	-	-	13 (0.08)
Naupliar copepods	3 059 (18.14)	7 896 (58.19)	510 (7.62)	1 418 (44.56)	1 608 (10.84)	11 4123 (43.73)	2 474 (14.91)	17 621 (43.37)	1 202 (19.16)	5 929 (56.24)	2 585 (21.46)	2 719 (45.32)	5 485 (23.43)	5 987 (38.01)
Post-naupliar copepods	-	1 281 (9.44)	-	431 (13.55)	-	1 346 (5.16)	26 (0.14)	2 876 (7.08)	-	2 107 (19.98)	117 (0.97)	2 457 (40.96)	57 (0.24)	7 382 (48.13)
Bivalve larvae	1 595 (9.46)	497 (3.66)	366 (5.47)	202 (6.36)	1 321 (8.91)	185 (0.71)	1 020 (5.54)	1 935 (4.76)	550 (8.76)	662 (6.28)	1 725 (14.32)	366 (6.10)	1 036 (4.43)	667 (4.23)
Gastropods	104 (0.62)	79 (0.58)	-	19 (0.60)	13 (0.09)	170 (0.65)	26 (0.14)	157 (0.39)	26 (0.41)	85 (0.81)	431 (3.58)	117 (1.96)	129 (0.55)	183 (1.16)
Eggs	131 (0.77)	53 (0.39)	91 (1.37)	85 (2.67)	53 (0.36)	366 (1.40)	104 (0.57)	471 (1.16)	196 (3.12)	85 (0.81)	75 (0.62)	-	255 (1.09)	91 (0.58)
Annelids	-	-	-	6 (0.19)	-	40 (0.15)	-	-	-	119 (1.13)	-	66 (1.10)	-	66 (0.41)
Larvaceans	-	-	-	-	46 (0.27)	40 (0.15)	26 (0.14)	-	-	-	-	53 (0.87)	14 (0.06)	340 (2.16)
Total	16 867	13 570	6 693	3 181	14 831	26 095	18 407	40 629	6 275	10 543	12 046	5 974	23 412	15 700

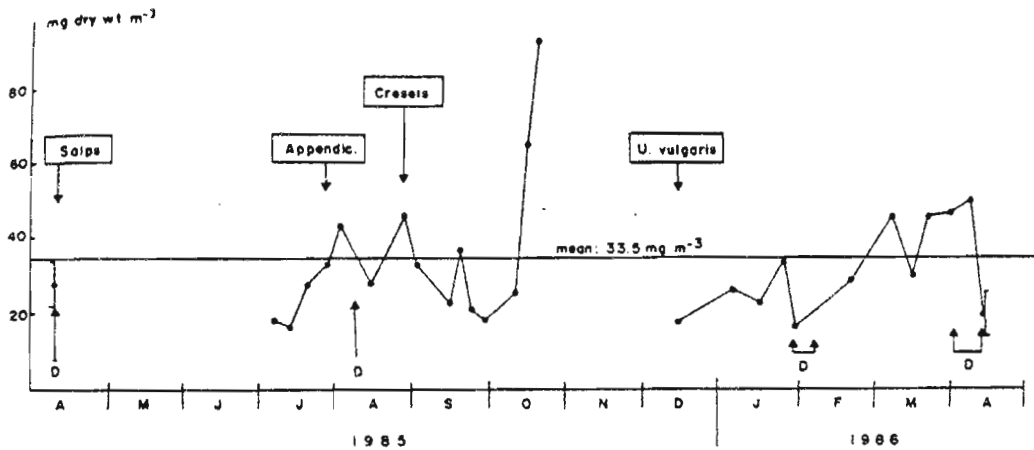


Figure II.3. 7 : Variations temporelles du poids sec du Mesozooplankton entre avril 1985 et avril 1986. Les blooms spécifiques sont encadrés.

Tableau II.3. 4 : variations de l'abondance du mésoplankton (nb/m³) en avril 1986. Les pourcentages sont donnés entre parenthèses

TAXA	6 avril		8 avril		11 avril		12 avril		14 avril		17 avril	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Copépodes > 2 mm	35	1.99	71	6.76	59	4.60	32	4.41	82	6.97	22	5.10
Copépodes < 2 mm	1040	59.2	616	58.67	870	67.81	368	5.76	715	60.80	326	75.63
Décapodes	15	0.85	3	0.29	19	1.48	37	5.10	21	1.79	7	1.62
Ostracodes	4	0.23	2	0.19	5	0.40	3	0.41	6	0.51	1	0.23
Foraminifères	4	0.23	2	0.19	3	0.23	-	-	-	-	-	-
Ptérotopodes	43	2.44	66	6.29	43	3.35	56	7.72	29	2.47	7	1.62
Gastéropodes + larves	332	18.84	48	4.57	45	3.51	12	1.66	23	1.96	17	3.94
Poissons (larves)	3	0.17	1	0.09	2	0.16	2	0.28	1	0.09	1	0.23
Plutei	42	2.38	-	-	7	0.55	-	-	-	-	-	-
Chaégnathes	79	4.48	77	7.33	81	6.31	40	5.52	45	3.83	21	4.87
Ocúls	1	0.06	-	-	1	0.08	-	-	-	-	1	0.23
Larves	159	9.02	157	14.95	164	12.8	170	23.44	252	21.43	27	6.26
Amnélides	5	0.28	7	0.66	4	0.31	5	0.69	2	0.17	1	0.23
TOTAL	1762		1050		1283		725		1176		431	

LES HETEROTROPHES

Bibliographie : 2, 21, 22, 58, 59

BIOMASSE

Le nanozooplankton

Le nanozooplankton a été étudié en avril 1986 par comptage au microscope. Les biomasses des hétéroflagellés et des ciliés ont été calculées à partir de leur volume et de la relation 0,08 pg C par μm^3 . Les valeurs des biomasses observées (en moyenne : 0,5 mg C m^{-3} d'hétéroflagellés et 1,3 mg C m^{-3} de ciliés) sont communément rencontrées dans la littérature.

Le microplankton

L'abondance du microplankton pendant le mois d'avril 1986 apparaît dans le Tableau II.3. 3.

Le microplankton est constitué de 43% d'organismes de taille < 100 μm dont 73% sont des protozoaires. Dans cette classe de taille, les foraminifères et les radiolaires sont très peu représentés (< 1%). Les métazoaires représentent seulement 27%. Le taxon des nauplii de copépodes est à la seconde place par ordre d'importance avec 18% ; la troisième place étant occupée par les larves de bivalves (8%). Dans la classe de taille des organismes > 100 μm , les protozoaires représentent 33% dont 23% de tintinides. Les métazoaires (67%) sont dominés par les nauplii de copépodes (41%). Les larves de bivalves ne dépassent pas 7%.

Le mésoplankton

Le mésozooplankton (200 - 2000 μm) a été collecté aussi régulièrement que possible (fréquence moyenne hebdomadaire) entre avril 1985 et avril 1986.

On observe un maximum de mésoplankton en octobre 1985 avec 65 à 92 mg poids sec par m^{-3} (Figure II.3. 7). La moyenne annuelle est de 33,5 mg m^{-3} . On observe 4 fois plus de zooplankton dans le lagon que dans les eaux océaniques proches de l'atoll.

L'abondance du mésoplankton pendant le mois d'avril 1986 apparaît dans le Tableau II.3. 4.

La biomasse des animaux > 200 μm représente 50 % de la biomasse des organismes 35 - 2000 μm . Le zooplankton est caractérisé par des blooms successifs de copépodes, larves, ptéropodes et salpes.

En avril 1986, les copépodes représentaient 67%, les chaetognathes 5% et les larves 13% du mésoplankton total. Les organismes microphages représentaient 83 à 93% de la biomasse et les prédateurs 7 à 17%.

La contribution des différentes classes de taille du zooplankton total apparaît dans le Tableau II.3. 5 et celle des taxa dans le Tableau II.3. 6

Les bactéries

Le carbone des bactéries hétérotrophes a été estimé en avril 1986 par différence entre le carbone vivant < 3 μm estimé à partir de l'ATP < 3 μm et le carbone phytoplanctonique < 3 μm . Il est de 17,1 mg C m^{-3} .

Distribution globale de la biomasse

La distribution du Carbone organique par classe de taille observée en avril 1986 est représentée sur la Figure II.3. 8.

Tableau II.3. 5 : Contributions relatives (%) des classes de taille au poids sec total (DW), au poids de cendres (AFDW), au carbone (C), à l'azote (N) et au phosphore (P) du zooplankton total.

Size class	April 1985					April 1986				
	DW	AFDW	C	N	P	DW	AFDW	C	N	P
Microzooplankton 35 - 200 μm	11.0	3.7	8.0	5.3	29.0	48.7	23.9	35.7	25.5	35.0
Mesozooplankton 200 - 500 μm	15.8	55.5	66.5	64.7	45.6	27.7	76.1	35.5	41.8	37.6
500 - 2 000 μm	42.3					23.7				
Macrozooplankton > 2 000 μm	31.4	40.8	25.5	30.0	25.4	0	0	0	0	0
Total wt (mg m^{-3})	46.4	23.3	8.35	1.70	0.217	30.6	15.4	10.82	2.26	0.242

Tableau II.3. 6 : Contributions relatives (%) des principaux taxa au zooplancton total.

Size class	Taxa	% total biomass	% detritus
April 1985			
Microzooplankton 35-200 (μm)	nauplii	39.2	70
	copepods	30.6	
	bivalve larvae	19.8	
	polychaete larvae	10.4	
Mesozooplankton 500-2 000 (μm)	copepods	68.4	14
	chaetognaths	19.3	
	salpids	8.8	
Macrozooplankton > 2 000 (μm)	salpids	63.2	0
	copepods	22.8	
	chaetognaths	1.8	
April 1986			
Mesozooplankton 200-2 000 (μm)	copepods	73.8	3, 10, 49*
	larvaceans	5.0	
	brachyuran larvae	8.7	
	chaetognaths	5.6	

Les bactéries

Le carbone des bactéries hétérotrophes a été estimé en avril 1986 par différence entre le carbone vivant < 3 μm estimé à partir de l'ATP < 3 μm et le carbone phytoplanctonique < 3 μm . Il est de 17,1 mg C m⁻³.

Distribution globale de la biomasse

La distribution du Carbone organique par classe de taille observée en avril 1986 est représentée sur la Figure II.3. 8.

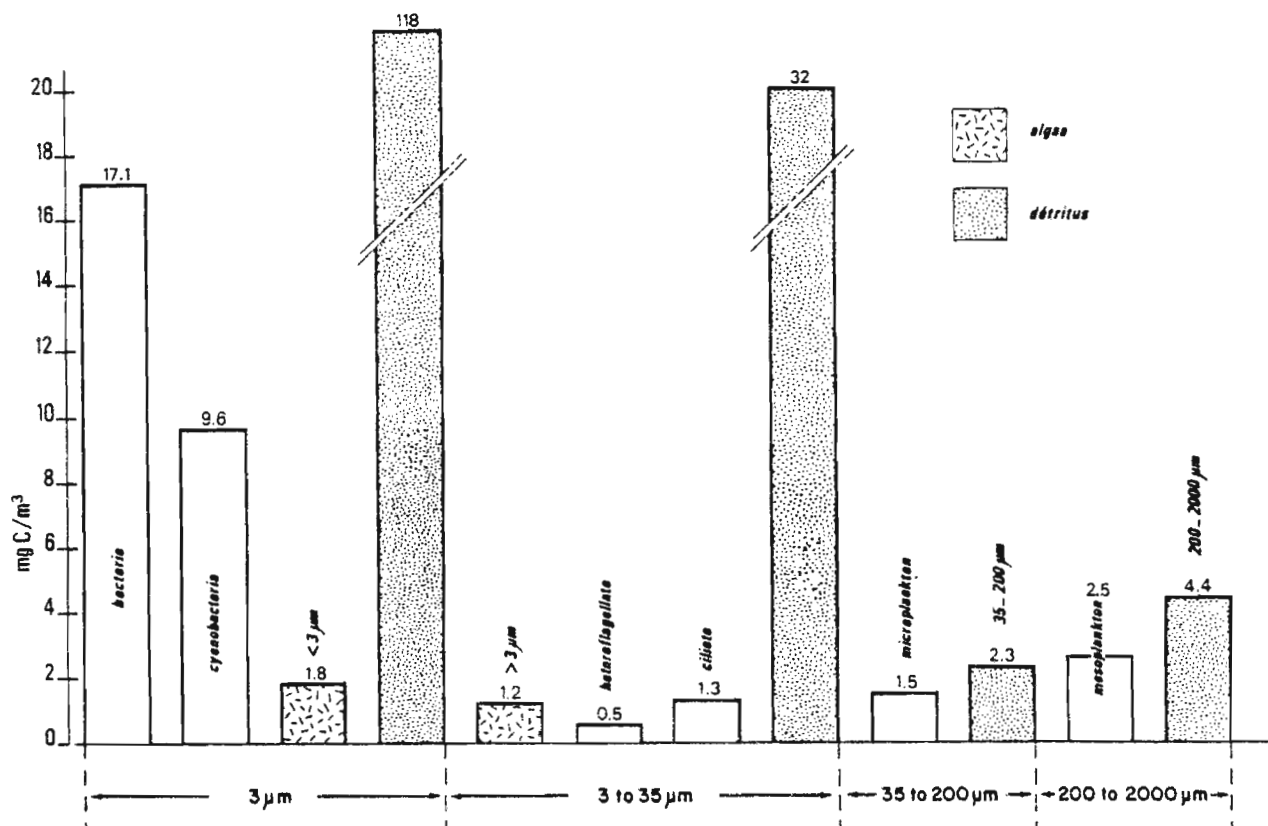


Figure II.3. 8 : Distribution du Carbone organique par classe de taille (avril 1986)

METABOLISME

La respiration et l'excrétion du zooplancton ont été mesurées sur 3 classes de tailles d'organismes et sur les espèces *Undinula vulgaris* (copépodes) et *Thalia democratica* (Thaliacées), abondantes dans le lagon. Les résultats des rapports entre respiration, excrétion d'azote et excrétion de phosphore apparaissent sur le Tableau II.3.7 ; ceux du rendement sur le Tableau II.3.8 et, enfin, les valeurs du coefficient d'assimilation, rapport entre l'assimilation et l'ingestion, sur le Tableau II.3.9. Les modes de calcul de ces rendements sont indiqués sur les légendes des tableaux. Les taux observés pour le microplankton sont plus élevés que pour le mésoplankton. L'azote et le phosphore excrétés sont essentiellement sous forme organique.

Les coefficients d'efficacité d'assimilation ont été calculés à partir des rapports de constitution des particules et des organismes. Ils apparaissent dans le Tableau II.3.9. Ils sont du même ordre que les valeurs rencontrées dans la littérature pour les espèces étudiées.

La production a pu être calculée. Tous les rapports P/B du Tableau II.3.10 sont supérieurs à 34 %, ce qui est équivalent à un "turn over time" de 3 jours ; pour le mélange de mésoplankton, il est de 1 jour.

L'assimilation est la somme production + excrétion ; l'ingestion est calculée à partir de l'assimilation et de son efficacité. Les résultats apparaissent dans le Tableau II.3.11.

Tableau II.3. 7 : Rapports métaboliques et contribution de l'excrétion inorganique à l'excrétion totale (%); O : O₂ respiré ; NH₄, N_t, PO₄, P_t : ammoniacque, azote total, phosphate et phosphore total excrétés.

Size class species	O:NH ₄	O:N _t	O:PO ₄	O:P _t	NH ₄ :PO ₄	N _t :P _t	NH ₄ :N _t	PO ₄ :P _t
April 1985								
Microzooplankton	7.2	6.9	144	104	12.1	11.1	85.4	74.4
Mesozooplankton	10.8	10.8	119	92	11.4	8.6	100.0	76.5
<i>Undinula vulgaris</i>	18.4	13.2	132	100	7.9	7.9	48.2	43.1
<i>Thalia democratica</i>	15.5	8.1	103	56	7.4	6.9	58.3	54.3
April 1986								
Microzooplankton	nd	7.7	124	96	nd	12.5	nd	77.5
Mesozooplankton	nd	7.1	144	110	nd	8.4	nd	76.3

Tableau II.3. 8 : Efficacité de croissance (K₂) en terme d'azote et de phosphore calculée à partir des rapports N/P des particules (a₁), de l'excrétion (a₂) et des constituants (a₃).

Size class/species	a ₁	a ₂	a ₃	K _{2,N}	K _{2,P}
1985					
Mesozooplankton (9-10 Apr.)	13.9 (25)	8.6 (4)	15.0 (2)	0.894	0.828
<i>Undinula vulgaris</i>	13.9 (25)	7.9 (2)	25.7 (2)	0.623	0.337
<i>Thalia democratica</i>	13.9 (25)	6.9 (12)	20.4 (2)	0.761	0.519
1986					
Mesozooplankton (7-9 Apr.)	18.2 (4)	10.8 (2)	26.0 (1)	0.695	0.487
(10-12 Apr.)	16.3 (4)	6.1 (2)	20.5 (1)	0.891	0.708
(13-16 Apr.)	13.9 (4)	9.2 (2)	20.5 (1)	0.613	0.416
\bar{x}	16.1	8.4	23.3	0.748	0.517
Mixed copepods	16.1 (12)	8.4	37.6 (1)	0.616	0.264
Microzooplankton	16.1 (12)	12.5 (6)	16.7 (5)	0.889	0.857

Tableau II.3. 9 : Efficacité d'assimilation (D) des copépodes en terme de C, N, P et leurs rapports ($a_4 = D_N : D_p$; $a'_4 = D_C : D_N$).

Species	Faeces (e')			Food (f')			D (%)			a_4	a'_4
	C	N	P	C	N	P	C	N	P		
1985											
<i>Undinula vulgaris</i>	0.395	0.100	0.048	2.36	0.25	0.081	83.6	60.1	38.3	1.57	1.39
1986											
Small copepods	0.59	0.17	0.0254	15.48	1.86	0.258	96.8	91.0	90.2	1.01	1.06
	0.62	0.09	-	5.37	0.85	0.139	89.0	89.5	nd	nd	0.99

Tableau II.3. 10 : Taux de production en terme de C, N, P ($\mu\text{g mg}^{-1} \text{DW j}^{-1}$) et P/B quotidiens.

Size class, species	Production rates			Body constituents			P:B (%)
	C	N	P	C	N	P	
April 1985							
Mesozooplankton	164	44.65	3.565	20.7	4.12	0.37	102.0
<i>Undinula vulgaris</i>	108	29.97	2.604	31.4	8.73	0.76	34.3
<i>Thalia democratica</i>	190	42.88	5.859	1.91	0.43	0.0725	816.0
April 1986							
Mesozooplankton	331	73.64	7.061	38.4	8.50	0.81	86.4
Mixed copepods	147	39.80	2.346	27.1	7.31	0.43	54.4

Tableau II.3. 11: Taux d'assimilation et d'ingestion du zooplancton ($\mu\text{g C, N, P, mg}^{-1} \text{DW j}^{-1}$).

Size class/species	Assimilation			Ingestion		
	C	N	P	C	N	P
April 1985						
Mesozooplankton	656	71.7	10.57	785	102	15.1
<i>Undinula vulgaris</i>	515	48.3	7.75	616	80	20.2
<i>Thalia democratica</i>		56.4	11.28	617	81	16.1
April 1986						
Mesozooplankton	724	98.4	13.54	804	109	15.0
mixed copepods	473	64.6	4.67	526	72	5.2

LA CHAÎNE TROPHIQUE

Bibliographie : 8

En utilisant les résultats obtenus sur les productions primaires planctonique et benthique ainsi que ceux concernant le zooplancton, nous avons pu établir une chaîne trophique pour le lagon de Tikehau. Certaines biomasses et flux qui n'ont pu être mesurés ont été estimés.

Biomasse bactérienne :

La biomasse des bactéries libres (BBL) a pu être estimée par l'équation :

$$\begin{aligned} \text{BBL} &= \text{C vivant} < 5 \mu\text{m} - \text{C phyto} < 5 \mu\text{m} \\ \text{avec : } \text{C vivant} < 5 \mu\text{m} &= \text{ATP} < 5 \mu\text{m} \cdot 250 \\ \text{et } \text{C phyto} < 5 \mu\text{m} &= \text{chl-a} < 5 \mu\text{m} \cdot 50 \\ \text{BBL} &= 8.2 \text{ mg C m}^{-3} \end{aligned}$$

La biomasse des bactéries adsorbées sur des particules (BBA) par l'équation :

$$\text{BBA} = \text{C vivant } 5\text{-}35 \mu\text{m} - (\text{C phyto} > 5 \mu\text{m} + \text{C hetero } 5\text{-}35 \mu\text{m})$$

avec : C hetero 5-35 μm = biomasse des ciliés et des hétéroflagellés mesurée en avril 1986.

$$\text{BBA} = 8,6 \text{ mg C m}^{-3}$$

La biomasse totale des bactéries (16.8 mg C m^{-3}) est 2 fois plus élevée que celle du phytoplancton et reste du même ordre que les valeurs rencontrées dans la littérature pour les écosystèmes coralliens : $1,2$ à 170 mg C m^{-3} .

La dominance de la biomasse bactérienne sur celle du phytoplancton a été observée dans d'autres écosystèmes. Elle serait due à l'existence d'un "microbial loop" : les bactéries utiliseraient comme substrat la matière organique excrétée par le phytoplancton. Cette excrétion n'a pas été mesurée à Tikehau. Selon les données existant dans la littérature, elle représenterait entre 10 et 75 % de la production soit $1,7$ à $7 \text{ mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. L'excrétion de COD par le zooplancton a pu être estimée à $50 \text{ mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$.

L'émission de mucus par les coraux du lagon ainsi que l'apparition de MOD par des réactions photochimiques peuvent être une source importante de substrat pour les bactéries.

La chaîne trophique du lagon est schématisée figure II.3. 9.

Les détritits représentent le plus important stock de COP du lagon. Leur élimination de la colonne d'eau est due à la sédimentation ($350 \text{ mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$) et à l'exportation ($29 \text{ mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$). Leur origine peut avoir diverses sources : la production phytoplanctonique, la production des pinacles du lagon, ou celle de la couronne récifale. Cette dernière est généralement élevée : KINSEY (1983) donne une valeur standard de production de $7 \pm 1 \text{ g C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. Une partie de cette production peut être exportée sous forme de détritits (20 à 60%) mais cette exportation se fait essentiellement vers les eaux océaniques. Nous avons estimé le pourcentage du flux océanique qui pénètre dans le lagon en nous basant sur les courants de surface à l'extérieur de l'atoll et le flux d'eau qui ressort de l'atoll : on observe que 0,3 % du flux océanique rentre dans le lagon. En utilisant la surface de la couronne récifale, la valeur standard de production et la fourchette des pourcentages d'exportation de détritits, on obtient une entrée de détritits dans le lagon de 42 à $126 \cdot 10^6 \text{ mg C j}^{-1}$. Cette valeur représente 0,1 à 0,3 $\text{mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ ce qui est négligeable par rapport à la production phytoplanctonique. Donc, les détritits proviennent des productions primaires lagonaires.

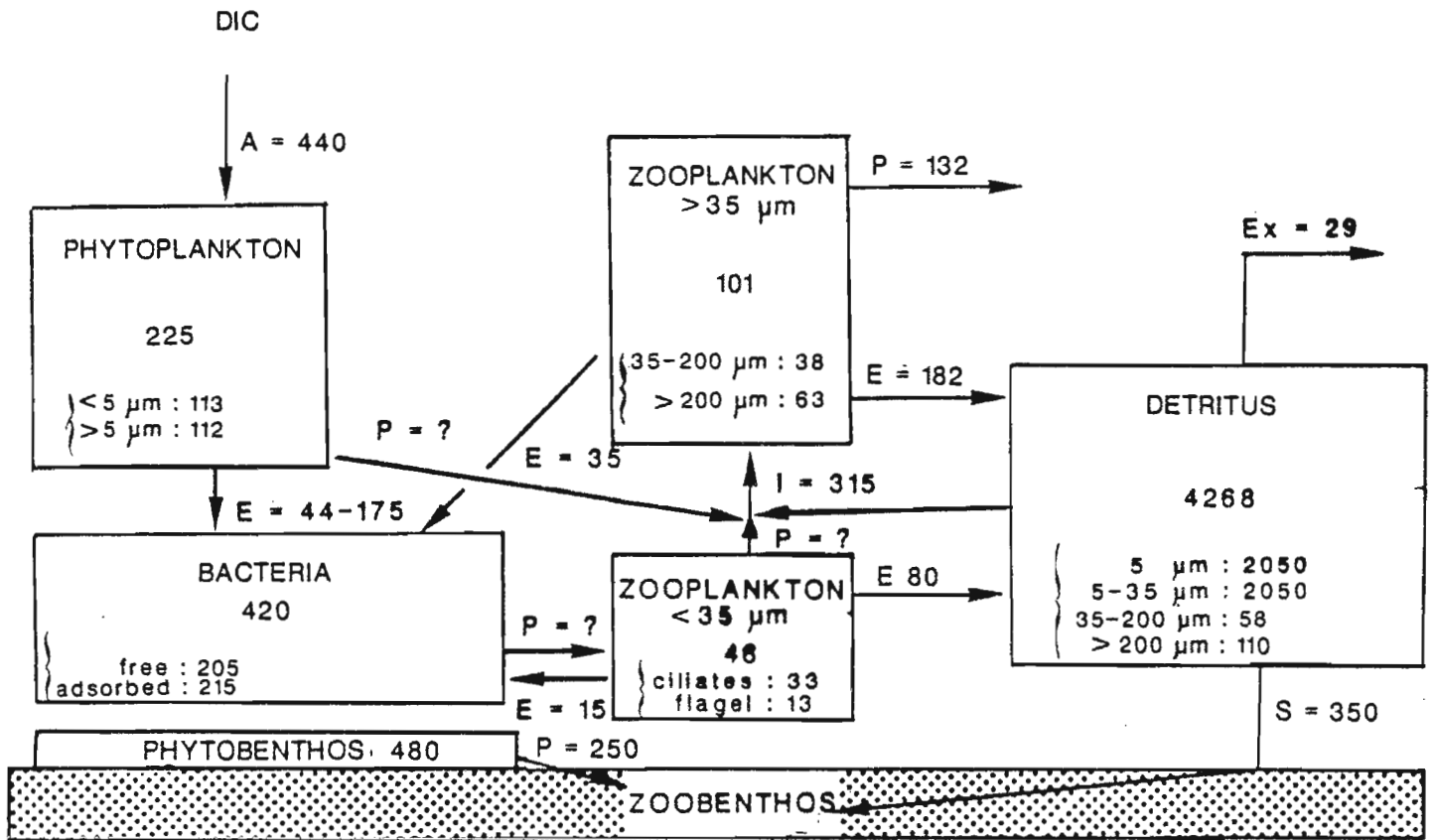


Figure II.3. 9 : Schéma de la chaîne trophique du lagon de Tikehau.

LE MILIEU VIVANT > 2 mm

Bibliographie : 44, 45

LES "HABITATS"

Trois principaux types d'unités récifales se distinguent :

- Les compartiments définis sur des bases physiographiques
- Les zones délimitées sur des bases morphologiques
- Les biotopes définis sur des bases bionomiques

Selon la terminologie récifale généralement admise, trois grands compartiments peuvent être individualisés à Tikehau :

La pente externe
Les platiers
Le lagon

A ces trois entités, il convient d'ajouter les zones de discontinuité constituées par la passe et les hoas.

Le Tableau II.3. 12 énumère les unités retenues à Tikehau et la Figure II.3. 10 les situe sur une coupe schématique.

Reprenons les différents compartiments avec les biotopes qu'ils renferment pour les décrire rapidement :

La pente externe

Trois zones se différencient par la déclivité de leur pente.

La plate forme : La plate forme est rainurée par des éperons sillons jusqu'à une profondeur de l'ordre de 4 mètres. La pente de cet ensemble est toujours très faible de 2 à 4°. Le peuplement est soumis à une forte concurrence entre les algues et les coraux et le taux de recouvrement de ces derniers, localisés sur les parois des éperons, varie de 5 à 25%. Les poissons sont surtout représentés par des herbivores (Acanthuridae) et quelques prédateurs.

Entre 4 et 10 mètres, la plate forme est peu accidentée, les coraux deviennent plus abondants et leur diversité augmente : ils couvrent de 40 à 60% du substrat.

La rupture de pente : Deux biotopes se développent sur des terrasses, où les peuplements coralliens sont les plus remarquables par la taille et l'abondance des colonies. De 10 à 15 mètres, la couverture corallienne est d'environ 60% sur une terrasse peu inclinée.

De 15 à 25 mètres, l'inclinaison augmente et *P. lobata* tend à devenir dominant.

C'est dans cette zone que le peuplement de poissons est le plus riche avec une diversité maximum et la plus grande abondance (plus de 100 espèces). Les principales familles représentées sont les Holocentridae, Lutjanidae, Acanthuridae, Serranidae, Chaetodontidae, Scaridae. On peut observer des rassemblements importants, notamment en octobre et novembre d'espèces rencontrées également dans le lagon sans qu'on puisse affirmer pour le moment qu'il s'agit de migrations de populations.

Le tombant : La pente devient abrupte (45°) et peu accidentée. C'est la zone à *P. speciosa*.

L'horizon supérieur, entre 25 et 35 mètres, constitue un relais entre les espèces photophiles et les hémisciaphiles. Le peuplement est mixte avec apparition progressive de *P. speciosa* et son taux de recouvrement est de l'ordre de 50%.

L'horizon moyen, de 35 à 70 mètres, présente des taux de couverture corallienne du même ordre, mais les espèces *P. speciosa* et *P. lobata* à larges colonies foliacées deviennent nettement dominantes.

L'horizon inférieur s'étend au delà de 70 mètres. Le taux de recouvrement atteint 75% et la dominance de *Leptoseris* augmente encore, mais on note l'apparition de *Stylaster sanguineus*. Cet horizon se prolonge au delà de la zone accessible en plongée autonome et sa limite inférieure ne peut être précisée.

Sur ce tombant, les algues continuent à proliférer comme les *Caulerpa*, *Halimeda*, *Microdictyon* qui sont des algues vertes, mais on rencontre aussi dans la zone la plus profonde des algues brunes qui restent à déterminer.

Tableau II.3. 12 : Les unités d'habitats de l'atoll de Tikehau

Biotoxes	Zones	Compartiments
1) Horizon inférieur > 60-70 m	Tombant (pente externe profonde 25-75 m)	Pente externe
2) Horizon moyen 35-60 m		
3) Horizon supérieur 25-35 m		
4) Horizon inférieur 15-25 m	Rupture de pente 10-25 m	Pente externe
5) Horizon supérieur 10-15 m		
6) Plate-forme rainurée 0-4 m	Plate-forme 0-10 m	Structures du Platier
7) Plate-forme non rainurée 4-10 m		
8) Crête algale	Platier externe	Structures du Platier
9) Dalle du platier		
10) Platier de raccordement	Platier interne	Structures du lagon
11) Tombant interne	Pente interne	
12) Pâtes de bas de pentes		
13) Champs de constructions coralliennes	Buissons et pâtes peu profonds	Structures du lagon
14) Horizon supérieur 0-2 m	Pinacles	
15) Horizon moyen 2-6 m		
16) Horizon inférieur 6-15 m		
17) Passe	Passe et Hoa	Discontinuités morphologiques
18) Hoa		

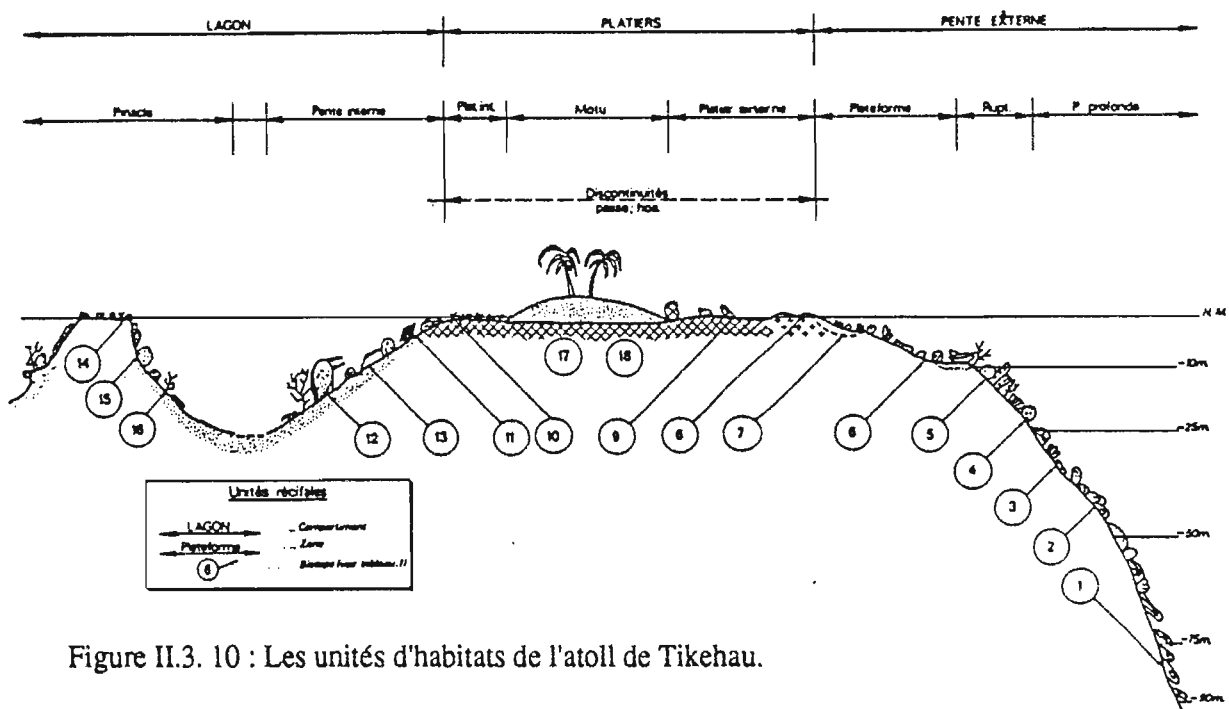


Figure II.3. 10 : Les unités d'habitats de l'atoll de Tikehau.

C'est sur le tombant que les spongiaires sont le plus diversifiés avec au moins une vingtaine d'espèces.

Le peuplement des poissons est moins diversifié que dans la zone précédente et l'abondance y est moindre. On assiste à un renouvellement d'espèces et une tendance générale à la présence de gros animaux, soit des espèces (Serranidae), soit des individus (*Lutjanus bohar* par ex.).

Les platiers

Le platier externe débute par la crête algale du côté du large. Les coraux sont rares dans cette zone et les taux de couverture sont inférieurs à 10%, parfois de 1 à 2%. Le platier externe proprement dit est de largeur variable, de 40 à 200 mètres. Le substrat est constitué par le conglomérat ancien et on observe la présence de "Féo", témoins d'un ancien niveau marin datant sans doute du pléistocène. Le peuplement corallien est très pauvre et deux espèces ne couvrent que 1 à 2% du substrat. L'ichtyofaune est peu variée et consiste essentiellement en petites espèces corallicoles.

Le platier interne est également de largeur variable, de 10 à 30 mètres et la partie sommitale est toujours fortement nécrosée. Seule la partie périphérique est vivante avec des taux de couverture corallienne d'environ 25%. Les espèces herbivores dominent parmi les poissons (*Stegastes nigricans*) et on rencontre beaucoup de juvéniles d'Acanthuridae et de Scaridae.

Le lagon

La pente interne est toujours très détritique et on y rencontre peu de coraux, moins de 10% de la surface est colonisée, mais aussi peu d'algues. Des holothuries se rassemblent sur les fonds sédimentaires (*H. atra*). La diversité des poissons est très faible et on observe une concentration des individus autour des massifs coralliens.

Les massifs coralliens se présentent sous deux formes : les buissons paucispécifiques où les *Acropora* dominent et les pâtés polygéniques où les colonies massives et encroûtantes dominent.

Les pinacles sont souvent de grande taille, les plus grands sont d'ordre hectométrique. Au sommet, jusqu'à 2 mètres de profondeur, les peuplements sont conditionnés par l'hydrodynamisme induit par les vents dominants. Les mollusques filtreurs peuvent être abondants (*Arca*, *Spondylus*) ainsi que les algues.

L'horizon moyen, jusqu'à 6 mètres, est caractérisé par une forte concurrence entre les algues (*Halimeda* et *Caulerpa*) et les coraux.

Enfin, l'horizon inférieur ne présente plus que de petits pâtés coralliens dispersés et au delà de 15 mètres, la structure s'ennoie dans le sédiment. Les spongiaires se maintiennent jusqu'au contact avec le sédiment.

Les poissons sont essentiellement présents dans les deux horizons supérieurs et leur faune est variée avec plus de 100 espèces. La distribution du peuplement est très hétérogène. Les principales familles sont les Chaetodontidae, Acanthuridae, Scaridae et Lutjanidae.

Les fonds meubles de la cuvette lagonaire sont pauvres en gros invertébrés de surface. Le remaniement constant du sédiment démontré par la présence de tumuli très nombreux suggère l'existence d'une faune endosédimentaire profonde, représentée peut être par des callianasses ou des entéropeustes. Des algues s'installent sur les débris les plus importants (*Halimeda*, *Caulerpa*) ou sur le sable (Cyanophycées). Sur les fonds entre 15 et 25 mètres se développent des taches réduites d'herbier à *Halophila ovalis*. L'ichtyofaune est représentée par des espèces sédentaires de petite taille comme les Gobiidae à terriers et ces fonds sédimentaires sont le domaine des bancs erratiques de benthophages comme les Lethrinidae (*L. miniatus*).

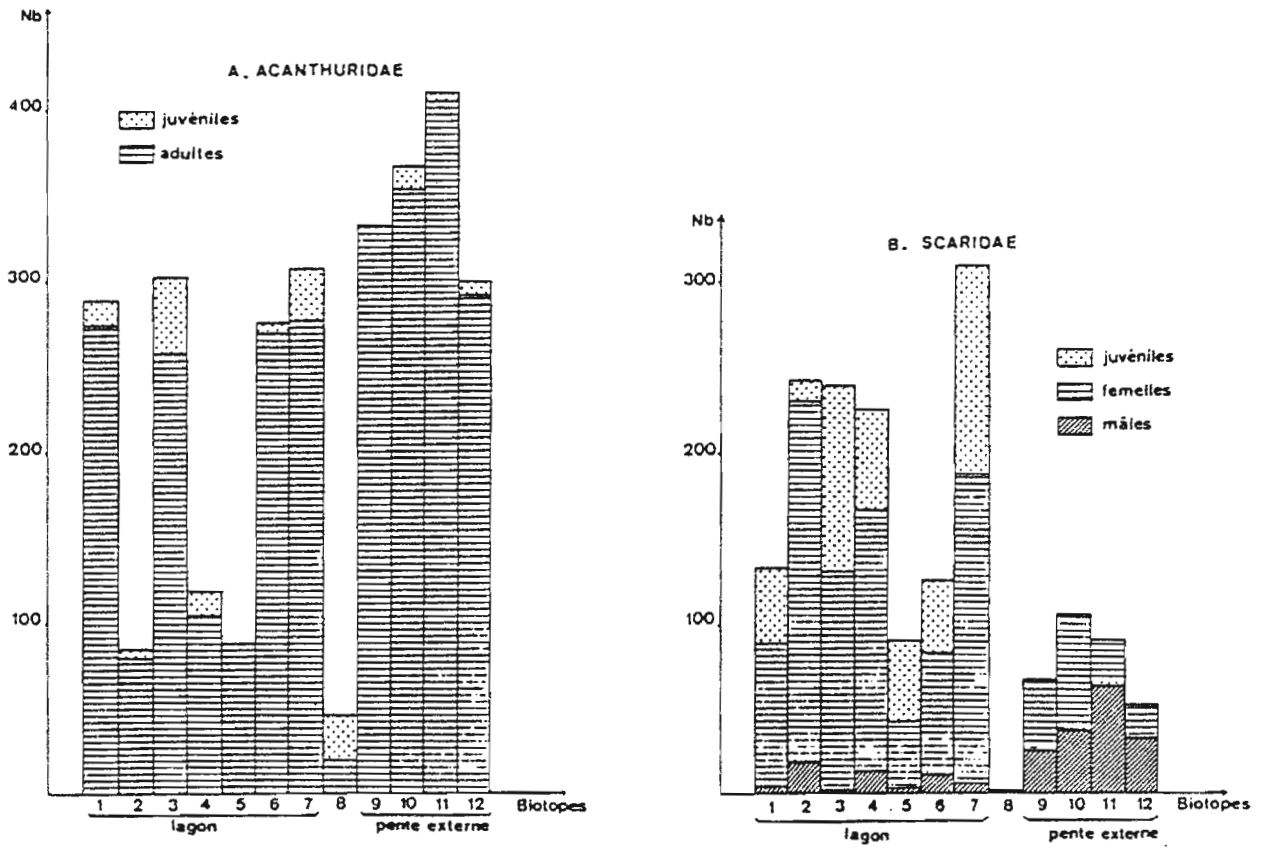


Figure II.3.11 : Densité des poissons herbivores de l'atoll de Tikehau : nombre d'individus/1000 m² et importances relatives des juvéniles et des mâles adultes pour les Scaridae et les Acanthuridae, dans chaque biotope (A = Acanthuridae, B = Scaridae)

Les discontinuités

La passe : Des échinés bioconstruites s'orientent parallèlement au grand axe de la passe et supportent un peuplement corallien prospère dans lequel le genre *Pocillopora* domine avec des colonies au développement extraordinaire. Le taux de recouvrement atteint 80% sur ces échinés. Au total, peu d'invertébrés colonisent les fonds de la passe mais les poissons sont abondants avec des espèces sédentaires ou des espèces en déplacement. En général, les déplacements affectent une part importante de la population, sinon la majeure partie et rassemblent des milliers d'individus. La pêche artisanale de l'atoll est basée sur l'utilisation de pièges qui capturent les espèces lors de leurs déplacements et c'est pourquoi l'essentiel de l'activité halieutique se développe au niveau de la passe. Des bancs importants de poissons s'observent aux abords extérieurs de la passe avec notamment beaucoup de prédateurs. Les principales familles représentées sont les Lutjanidae, Acanthuridae, Carangidae, Thunnidae, Sphyraenidae, Lethrinidae.

Les hoas : La faune corallienne y est réduite qualitativement et quantitativement et les colonies sont limitées à la partie la plus profonde côté lagon. C'est dans ces chenaux que certains filtreurs comme les ascidies sont les plus abondants. L'ichtyofaune est aussi une faune lagonaire appauvrie, plus riche du côté du lagon, et concentrée autour des coraux.

En conclusion, deux grandes biocénoses sont rencontrées à Tikehau :

La biocénose récifale photophile localisée à l'étage infralittoral. Elle regroupe pratiquement tous les biotopes décrits sauf la pente profonde. Son extension bathymétrique est étonnante puisqu'elle s'étend jusqu'aux environs de 70 mètres et ceci est lié à la transparence des eaux océaniques.

Les platiers sont particulièrement pauvres, que ce soit en nombre d'espèces ou en nombre d'individus. Si la compétition interspécifique peut être invoquée au niveau de la crête algale, c'est l'histoire géologique de l'atoll qui constitue le meilleur facteur explicatif pour le reste de la structure. Le platier est une plateforme d'abrasion où l'hydrodynamisme limite le recrutement et interdit pratiquement l'installation durable des colonies.

Le remaniement constant, lié à l'hydrodynamisme est vraisemblablement lié à un ajustement en cours entre le niveau marin actuel et l'élévation de ce platier qui se traduit par une érosion permanente.

La faune du lagon est relativement riche avec plus de 20 genres recensés, mais il faut souligner que cette faune ne colonise que les fonds inférieurs à 15 mètres.

La biocénose subrécifale circalittorale : On n'observe pas de discontinuité entre les deux biocénoses et la transition s'effectue par des peuplements mixtes. Cette biocénose est caractérisée à Tikehau par des peuplements d'accompagnement peu importants (Gorgones, Antipathaires, Spongiaires).

L'effet critique de la baisse de l'énergie lumineuse incidente se fait sentir au delà de 90 mètres alors que dans la plupart des régions, il apparaît entre 25 et 60 mètres.

En général, les peuplements benthiques et ichtyologiques sont riches et variés sans qu'on observe de dominance particulière. Les peuplements lagonaux présentent une forte affinité avec ceux de la pente externe. Pour de nombreux groupes zoologiques, la richesse spécifique, la diversité et la biomasse sont maxima dans les petits fonds (inférieurs à 5 m dans le lagon). Sur la pente externe, les peuplements sont les plus florissants entre 15 et 30 mètres.

La Figure II.3. 11 synthétise les observations réalisées sur la répartition des poissons herbivores.

LE BENTHOS

Bibliographie : 28, 64, 124

La cryptofaune mobile

Il s'agit de la faune des petites cavités des substrats durs ou de la faune foreuse et endolithe qui joue un rôle important dans la dégradation des formations récifales et qui constitue vraisemblablement un réservoir trophique dont l'importance reste à déterminer pour les poissons benthophages.

L'étude réalisée par Mireille Peyrot-Clausade porte essentiellement sur une radiale située à l'Ouest de l'atoll et qui recoupe le haut de la pente externe jusqu'au lagon.

La biomasse totale varie le long de la radiale et on observe deux minima :

- Au niveau de l'arrière platier récifal extérieur
- Au niveau du fond des hoa

Dans ces deux cas, le substrat est particulièrement compact.

Les abondances maxima sont observées dans les substrats cavitaires rencontrés au niveau de la zone supérieure des éperons ainsi que sur le rebord des hoa.

De manière générale, la biomasse est plus importante dans les formations dures du lagon que dans les formations récifales externes. Les Polychètes dominent sur les récifs externes et les Mollusques dominent dans les formations lagonaires. Les Crustacés sont plus abondants sur les récifs externes.

Finalement, la richesse en cryptofaune mobile est conditionnée par la compacité du substrat et les biomasses seront d'autant plus élevées que les cavités seront abondantes. Cependant, les formations lagonaires sont généralement plus riches que les formations externes et ceci est lié à une dominance des organismes foreurs sur les patés coralliens et au fond des hoa.

La Figure II.3 12 synthétise les résultats obtenus en termes de biomasse.

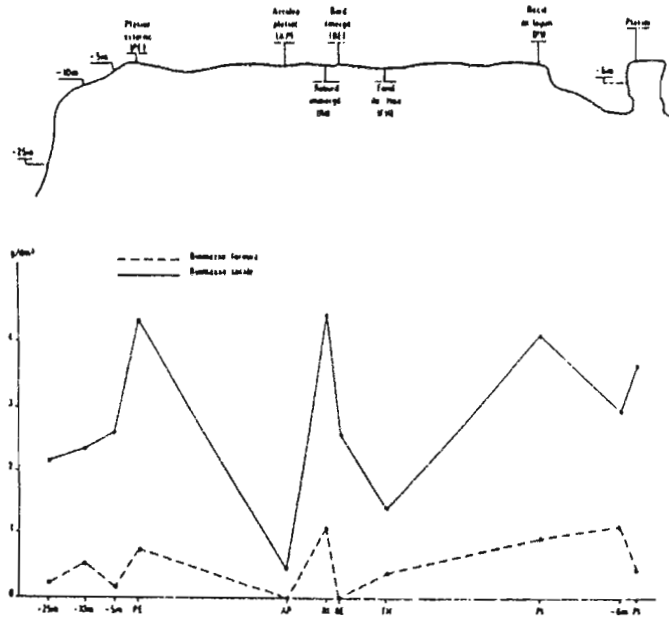


Figure II.3. 12 : Biomasse de la cryptofaune le long de la radiale prospectée à Tikehau.

Le méiobenthos des fonds sédimentaires

Une première approche de la composition et de la biomasse de cette fraction de la faune benthique endogée a été entreprise à travers un accord formalisé par une convention avec le SMCB. L'interprétation des données est en cours et les résultats ne sont pas disponibles.

Le macrobenthos des fonds sédimentaires

Une vingtaine de stations réparties sur l'ensemble des fonds sédimentaires du lagon ont permis d'évaluer les biomasses en organismes macrobenthiques endogés (double tamisage sur 2 et 1mm de maille).

Au plan qualitatif, moins d'une centaine d'espèces ont été recensées. Les Polychètes et les Mollusques sont les mieux représentés, puis viennent les Crustacés. Les Echinodermes sont remarquablement rares ce qui peut paraître exceptionnel dans un milieu corallien où ce groupe est généralement abondant. Les Sipuncles, et notamment des espèces conchyliophiles sont presque systématiquement présents. Enfin, des Céphalochordés, du genre *Amphioxus* sans doute, se rencontrent dans les sables les plus grossiers.

Au plan quantitatif, les résultats des biomasses sont exposés dans le tableau suivant en terme de poids en matière organique par mètre carré (somme des tamis de 1 et 2 mm) :

Ces chiffres montrent une forte hétérogénéité entre les stations que la granulométrie ou la profondeur ne semblent pas pouvoir expliquer.

Des différences importantes peuvent être mises au compte de l'hydrodynamisme et c'est ainsi qu'au débouché des hoas, la biomasse est parmi les plus élevées constatées. L'épaisseur de la couche sédimentaire est également un facteur déterminant : dans certaines stations, cette couche n'atteint que quelques centimètres et les biomasses sont très faibles. Les stations les plus profondes, notamment au delà de 30 mètres renferment les biomasses les plus élevées sans que cette affirmation soit généralisable à tous les prélèvements : on peut voir là un effet de la bioturbation par les grands crustacés endogés, mais aussi sans doute une compétition interspécifique moins forte en particulier liée à une abondance de poissons nettement plus faible que dans les eaux plus superficielles.

Si on compare ces résultats bruts aux données disponibles pour d'autres régions, on constate que ces sédiments sont dix à vingt fois plus pauvres que ceux de mers tempérées comme Long Island, la baie de Morlaix, ou les Pays Bas. Ils sont également presque dix fois plus pauvres que les sables blancs de Nouvelle Calédonie (eux mêmes étant les moins peuplés dans ce lagon).

Par contre, ils se tiennent dans le même ordre de grandeur que les sédiments du Costa Rica, du Malabar ou de certaines zones de l'Afrique de l'Ouest et sont nettement plus riches que les sables de la Jamaïque. Ces comparaisons sont à prendre avec précaution car les méthodes d'analyse diffèrent selon les auteurs et elles ne peuvent être effectuées qu'au prix de conversions entre les différents paramètres exprimés.

Globalement, on retiendra dans une première approche les ordres de grandeur suivants :

Poids sec moyen	10 gm ⁻²
Matière organique	1 gm ⁻²
Carbone	0,4 g m ⁻²
Kilocalories	4,5 kcal m ⁻²

Tableau II.3 13 : Biomasse macrobenthique par m²

STATION	M0	C	Kcal.	STATION	M0	C	Kcal.
1	1,612	0,640	7,29	10	0,103	0,041	0,47
2	1,123	0,449	5,12	11	0,038	0,015	0,17
3	0,602	0,240	2,74	12	0,102	0,041	0,47
4	0,130	0,052	0,59	13	0,009	0,003	0,03
5	3,146	1,258	14,34	14	0,702	0,280	3,19
6	2,951	1,180	13,45	15	2,370	0,948	10,81
7	0,282	0,113	1,29	16	0,856	0,342	3,90
8	1,578	0,631	7,19	17	0,725	0,290	3,31
9	1,489	0,595	6,78	18	0,334	0,133	1,52

LE MILIEU VIVANT < 2 mm**PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE**

La biomasse et la production phytoplanctonique ont été étudiées de 1982 à 1987 sur l'ensemble du lagon et dans les eaux océaniques avoisinantes.

Les résultats ont montré que :

La biomasse du phytoplancton dans le lagon est, en moyenne, de $0,18 \pm 0,01 \text{ mg chl-a m}^{-3}$. Elle augmente notablement pendant l'hiver austral. Elle est trois fois plus abondante que dans les eaux océaniques superficielles.

La proportion de phytoplancton de taille supérieure à $5 \mu\text{m}$ augmente avec la température de l'eau.

Le rapport C/Chlorophylle, mesuré expérimentalement, est égal à 50 en poids.

La production moyenne, estimée à partir du ^{14}C et du ^{32}P est de $0,44 \text{ g C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$, soit $0,012 \text{ g P m}^{-2} \text{ j}^{-1}$.

Le nombre d'assimilation est particulièrement élevé en surface ($21 \text{ mg C mg}^{-1} \text{ Chl-a h}^{-1}$) ; Il est en moyenne pour l'ensemble du lagon égal à $9,8 \text{ mg C mg}^{-1} \text{ Chl-a h}^{-1}$)

Le taux de croissance a été calculé égal à 0,26 doublement / heure.

Les pertes de biomasse par sédimentation et exportation hors du lagon représentent respectivement 1,4 % et 0,2 % de la production journalière.

PRODUCTION PHYTOBENTHIQUE

L'ensemble du lagon a été prospecté, de 1985 à 1987.

La méthode des bilans d'oxygène utilisée a permis des estimations fiables et reproductibles de la production primaire des fonds meubles.

Les évolutions respectives des productions nettes horaires et de l'énergie lumineuse sont très fortement corréliées et aucune photoinhibition n'est apparue ; la production journalière (PJ) peut donc être estimée à partir d'incubations de courte durée et de mesures d'énergie incidente. Une relation énergie-production a pu être établie, qui permet d'estimer les productions

phytobenthiques des différentes tranches bathymétriques du lagon. La quasi-totalité des fonds a une productivité > 0 .

La production phytobenthique l'emporte sur la production phytoplanctonique jusqu'à la profondeur de 10 m, alors que la production moyenne phytobenthique, égale à $0,25 \text{ gC m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ est 1,8 fois plus faible que la production primaire de la colonne d'eau.

La biomasse présente de grandes variabilités intra et inter stations. Pour l'ensemble du lagon ($n = 185$), elle est, dans les cinq premiers millimètres de sédiment, égale à $19,7 \pm 1,6 \text{ mg m}^{-2}$ (estimée à partir de la chlorophylle totale) et de $9,6 \pm 1,4 \text{ mg m}^{-2}$ (si l'on considère la chlorophylle active). La biomasse est significativement plus élevée aux stations dont la profondeur est inférieure à 3 m.

MODELE ENERGIE LUMINEUSE - PRODUCTION PRIMAIRE

Les relations entre l'énergie lumineuse et les productions primaires du lagon, mesurées en utilisant les méthodes du ^{14}C et de l' O_2 , ont été étudiées.

Les corrélations entre l'énergie lumineuse et productions primaires sont fortes, spécialement pour le compartiment phytobenthique. Des modèles de régression linéaire multiplicatifs (énergie vs production), associés à un modèle linéaire exponentiel (énergie vs profondeur), peuvent permettre d'estimer les productions primaires à partir de la profondeur et de l'énergie reçue en surface.

La production primaire totale (benthique + planctonique) reste constante avec la profondeur; elle dépend uniquement de l'énergie reçue en surface. Les productions journalières de 1986 ont ainsi été calculées à partir des mesures d'énergie lumineuse.

LES HETEROTROPHES

Les biomasses du nanoplancton et du microplancton ont été mesurées par comptage en avril 1986.

On observe en moyenne, pour le nanoplancton, 71 hétéroflagellés et 7 ciliés par ml, ce qui correspond à une biomasse totale de $1,8 \text{ mg C m}^{-3}$.

Le microplancton est constitué pour 43% d'organismes de taille $< 100 \mu\text{m}$ parmi lesquels 73% sont des protozoaires, 18 % des nauplii de copépodes et 8 % des larves de bivalves. Dans la classe de taille des organismes $> 100 \mu\text{m}$, les protozoaires représentent 33%, dont 23% de tintinides. Les métazoaires (67%) sont dominés par les nauplii de copépodes (41%).

La biomasse et la composition taxonomique du zooplancton ($> 200 \mu\text{m}$) ont été étudiées dans le lagon d'avril 1985 à avril 1986.

La biomasse des animaux $> 200 \mu\text{m}$ représente 50 % de la biomasse des organismes 35 - 2000 μm . Le zooplancton est caractérisé par des blooms successifs de copépodes, larves, ptéropodes et salpes.

En avril 1986, les copépodes représentaient 67%, les chaetognathes 5% et les larves 13% du mésoplancton total. Les organismes microphages représentaient 83 à 93% de la biomasse et les prédateurs 7 à 17%.

En utilisant la méthode des rapports C:N:P, les efficacités de croissance nette (K_2) ont été calculées pour le mésozooplancton total, un mélange de copépodes et 2 espèces planctoniques (*Undinula vulgaris* et *Thalia democratica*). Combinées avec les taux d'excrétion de N et P, ces valeurs de K_2 permettent de calculer les taux de production. Ainsi, sur 24 h, les rapports P/B (%) sont voisins de 100 pour le zooplancton total et, respectivement, de 54, 34 et 800 pour le mélange de copépodes, *Undinula vulgaris* et *Thalia democratica*. Ces rapports sont 5,7 fois plus faibles que celui du phytoplancton. La forte production observée est probablement due à la grande quantité de seston, à la température élevée des eaux (29,5°C) et au type d'organismes.

LA CHAINE TROPHIQUE

La synthèse des résultats obtenus de 1982 à 1987 sur l'écosystème lagunaire a permis de bâtir, à partir des compartiments et flux étudiés (ceux n'ayant pu être mesurés, ayant été estimés) un réseau trophique basé sur le carbone (voir schéma dans le texte) :

- La concentration moyenne en COP est de : 203 mgC m^{-3} .

- Le carbone vivant, constitué de bactéries (53 %), phytoplancton $< 5 \mu\text{m}$ (14,3 %), phytoplancton $> 5 \mu\text{m}$ (14,3 %), nanozooplancton (5,7 %), microzooplancton (4,8 %) et mésozooplancton (7,9 %) totalise $31,5 \text{ mgC m}^{-3}$.

- La biomasse des microphytes est de 480 mgC m^{-2} .

- Les détritiques en suspension (86 % du COP) ne proviennent pas de la couronne récifale mais des productions primaires du lagon. Leur sédimentation est plus élevée que la production phytobenthique.

- L'utilisation de la MOD excrétée par le phytoplancton et par le zooplancton pourrait expliquer la dominance de la biomasse bactérienne.

4. LA RESSOURCE

Bibliographie : 1, 3, 26, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 68, 45, 61, 67, 91, 98, 99, 105, 114, 121, 122, 123, 130, 135

Tikehau a été sélectionné comme site principal d'étude du programme Atoll car il représente un type d'atoll ouvert dont les ressources lagunaires, les poissons dans ce cas, sont soumises à une exploitation artisanale forte en comparaison de la plupart des autres îles des Tuamotu. La pêche de Tikehau représente entre 10 et 20% des apports de l'Archipel des Tuamotu commercialisés au marché de Tahiti.

Les thèmes des études réalisées sont :

- L'étude du peuplement des poissons
- L'étude du comportement des espèces cibles de la pêche
- L'étude de la pêche (moyens, captures)
- L'étude de la biologie de quelques espèces
- L'étude de la dynamique des populations

L'ETUDE DU PEUPEMENT

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour étudier les peuplements en poissons. Le milieu corallien ne permet pas les moyens d'échantillonnage que sont les filets ou les chaluts. A Tikehau nous avons d'une part l'analyse des captures au moyen des pièges à poissons et des empoisonnements à la roténone et d'autre part les résultats d'échosondages et de comptages en plongée. Seuls ces derniers ont permis une analyse fine du peuplement.

L'échointégration

La campagne menée sur Tikehau n'a pas posé de problèmes au niveau logistique. Elle a montré que :

Dans le lagon les bancs les plus importants sont localisés à proximité des îlots et pinacles coralliens.

Les traces de poissons isolés sont plus nombreuses la nuit que le jour.

Des concentrations importantes de poissons apparaissent sur les bords externes de la passe, à proximité du fond.

En conclusion l'échosondage a montré la répartition générale des poissons au niveau de l'atoll. Elle n'a pas permis leur identification. De plus une grande partie de la biomasse échappe à l'échointégration à cause des déclivités fortes des fonds.

Les comptages en plongée

Le peuplement est qualitativement uniforme avec les mêmes familles et les mêmes espèces présentes quelle que soit la localisation dans le lagon. Par contre la structure de ce peuplement n'est pas homogène si l'on considère la répartition des biomasses autour des pinacles coralliens ou la répartition des tailles des poissons dans le lagon.

Autour des pinacles coralliens la biomasse est plus forte dans la zone située au vent que sous le vent (Tableau II.4.1). L'hydrodynamisme se révèle encore ici un des facteurs déterminants de la distribution de la faune lagunaire, soit comme facteur principal pour les planctonophages par exemple qui iraient au devant de la nourriture que leur apporte l'eau lagunaire de surface, soit comme facteur indirect pour les herbivores qui trouvent là la zone de productivité algale benthique la plus forte.

Tableau II.4.1 : Biomasses (g/5 m²) du peuplement au vent et sous le vent des pinacles étudiés.

PINACLES	AU VENT	SOUS LE VENT
1	242	122
2	631	41

Toutes espèces confondues, les animaux âgés sont plus abondants dans le secteur de la passe alors que les juvéniles sont plus nombreux sur les pinacles situés en face des hoa (Figure II.4. 1). Le facteur hydrodynamique joue ici un rôle essentiel à l'échelle de l'ensemble de l'atoll en ayant une influence prépondérante sur le renouvellement du peuplement des poissons qui s'effectuerait en suivant la voie principale de renouvellement des eaux lagonaires.

Enfin l'étude des régimes alimentaires montre que, respectivement en nombre et en biomasse, 49% et 60% des poissons observés en plongée sont des carnivores.

Conclusion

Un seul peuplement de poissons caractérise le lagon, constitué en majorité de carnivores. Le maximum de biomasse est situé à proximité des fonds durs et dans la passe. Par les chenaux entrent avec l'eau océanique des larves où des juvéniles qui se fixent ensuite sur les premiers fonds durs qu'ils rencontrent. Une étude de l'extension des fonds durs et des densités de poissons s'y trouvant permettrait donc de calculer des biomasses observées.

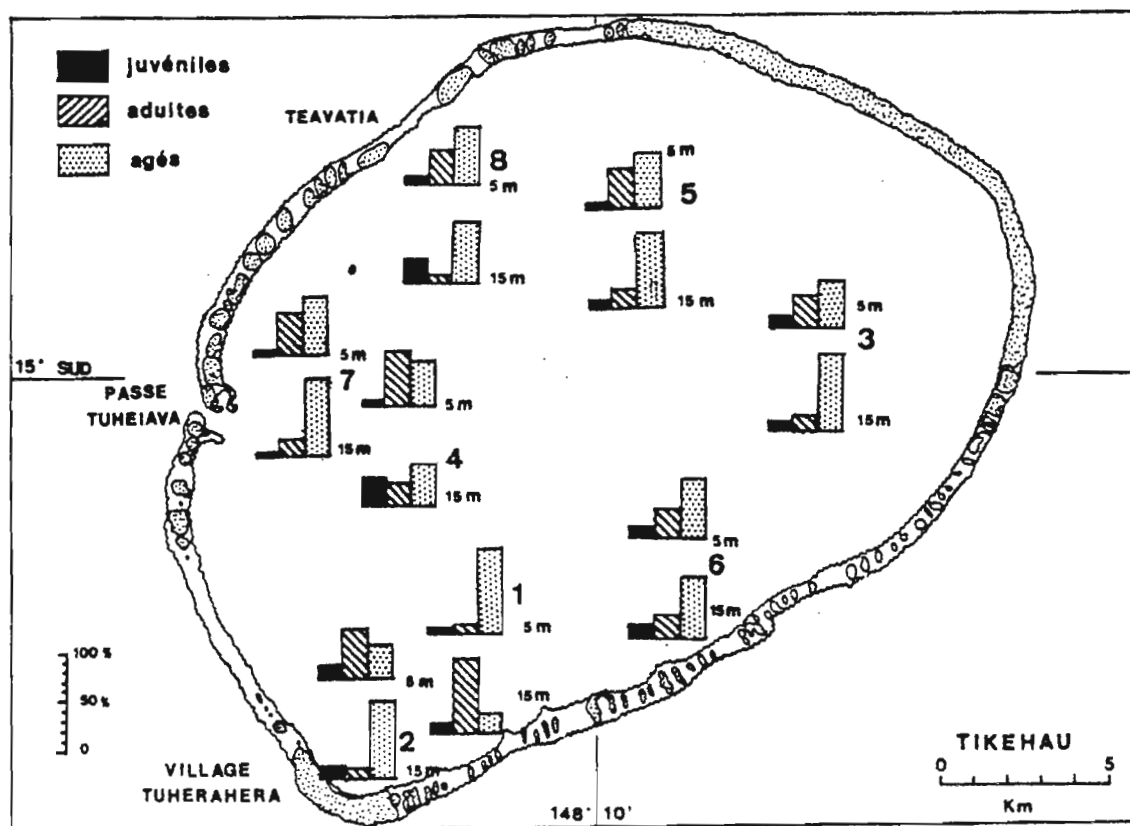


Figure II.4.1 : Importances relatives, en pourcentages de l'abondance totale, des différentes classes d'âge du peuplement ichthyologique total du lagon de Tikehau, en fonction de la profondeur et de la position des pinacles.

ETUDE DU COMPORTEMENT

L'observation de grandes concentrations de poissons, mûres sexuellement, aux abords immédiats de la passe, indique un regroupement spécifique de durée limitée et bien localisé dans l'espace. La stratégie de reproduction de ces espèces serait donc de (Figure II.4. 2) :

pondre dans la zone de la passe (1). Les oeufs sont exportés vers l'extérieur (2 et 4) où se déroule tout ou une partie du développement larvaire. La colonisation du lagon se fait à partir de l'entrée par les hoas de larves et juvéniles (3).

L'étude du comportement alimentaire n'a pu qu'être esquissée mais il apparaît que la position de nombreuses espèces doit être mieux précisée dans le réseau trophique. Le *Naso brevirostris* appartient à une famille généralement réputée herbivore (les Acanthuridae) et les observations effectuées à Tikehau ont montré que cette espèce est presque exclusivement planctonophage. Le fait de trouver une prépondérance des carnivores dans le peuplement et dans la pêcherie ne peut s'expliquer que si l'on a une bonne connaissance de la position de ces différents carnivores dans la chaîne trophique. Il faut donc compléter les études dans ce sens.

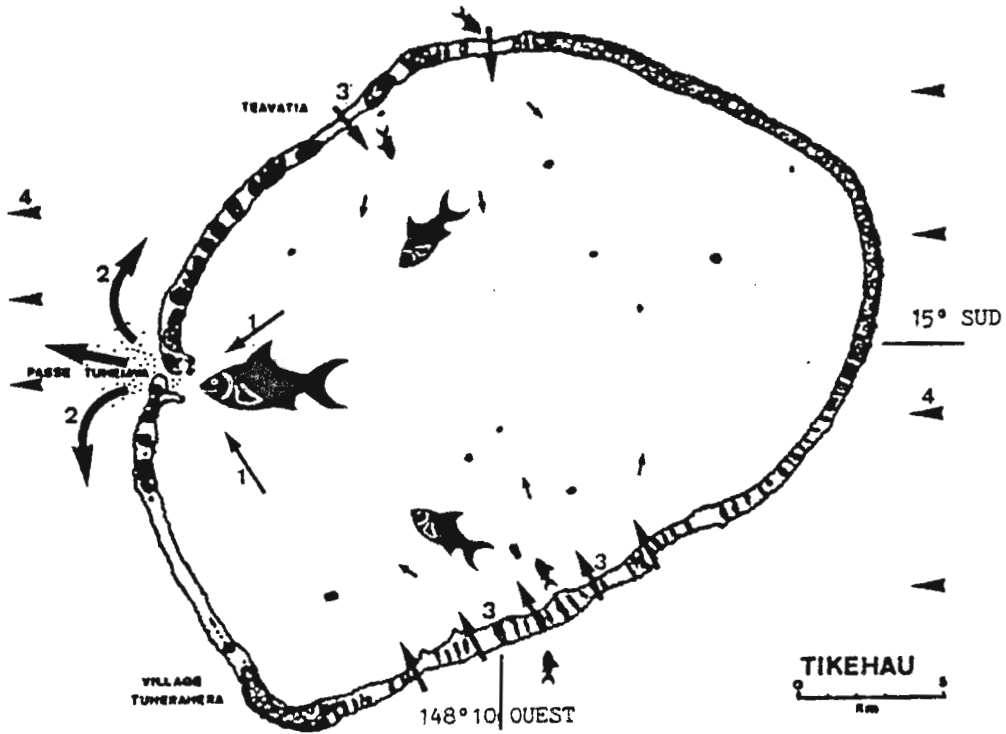


Figure II.4. 2 : Migration et stratégie de reproduction des principales espèces capturées à Tikehau

L'ETUDE DE LA PECHERIE

Sur les 279 habitants recensés en 1983 dans l'atoll de Tikehau seulement une trentaine sont des pêcheurs en activité. Parmi ceux-ci une dizaine se livrent exclusivement à la pêche, les autres y ajoutent des activités agricoles ou tertiaires. La pêche reste toujours une activité personnelle ou artisanale avec des moyens de capture traditionnels tels la ligne, l'arbalète ou le piège à poissons. Si à l'origine la pêche était destinée uniquement à l'autoconsommation sur l'île de production, elle s'est développée dans les années 1960 avec la demande suscitée par la population ouvrière de l'exploitation des phosphates de Makatea située à mi distance entre Tahiti et Tikehau. L'exportation s'est ensuite étendue au marché de Tahiti, notamment lorsque le gisement de Makatea a été épuisé.

Situation de la pêche

Tikehau est relativement bien isolé des îles les plus proches en distance horizontale (une douzaine de milles de Mataiva à l'Ouest et de Rangiroa à l'Est) ainsi que par les fonds océaniques de l'ordre de 1000 mètres qui le séparent des atolls voisins et interdisent les échanges de populations démersales. On peut considérer que le stock de poissons adultes visé par la pêche a une aire d'extension maximale limitée au système de l'atoll mais il faut souligner que les déplacements d'un compartiment à l'autre existent. Le lagon et la communauté récifale de la pente externe forment une seule unité de peuplement ichtyologique et constituent l'aire de répartition du stock de l'île.

La pêche étudiée appartient à un seul propriétaire mais elle représente l'essentiel de l'activité halieutique artisanale déployée sur Tikehau avec plus de 80% du volume de poisson capturé pour la commercialisation. Installée aux abords de la passe, elle utilise presque exclusivement le piège comme moyen de capture, même si des pêches d'appoint sont parfois réalisées à la ligne et au fusil sous-marin. Le piège, fixe, capture les espèces au cours de leurs divers déplacements. Les espèces les plus mobiles sont donc les plus vulnérables. La production commercialisée est stabilisée aux alentours de 200 tonnes depuis plusieurs années, après avoir atteint plus de 350 tonnes.

Les engins

Le parc à poissons est un piège traditionnel de la culture Paumotu. Il présente l'avantage de capturer le poisson, mais aussi de le conserver vivant un certain temps, jusqu'à deux ou trois semaines. Construit à l'origine en matériaux coralliens (blocs de corail ou de beach rock), le parc était établi dans des zones très peu profondes près de la côte ou sur certains pinacles. L'utilisation de matériaux modernes (grillage notamment) a permis de le perfectionner mais surtout d'étendre son efficacité à des zones plus profondes et plus exposées au courant et à la houle, comme les passes (Figure II.4. 3). La Figure II.4. 4 donne un exemple type de parc à poisson. L'efficacité de ces parcs peut parfois être améliorée par la mise en place d'un filet (Figure II.4. 5).

Ces parcs modernes représentent un investissement conséquent et demandent une gestion rigoureuse. On trouve en effet un rapport de 1 à 10 entre la valeur de remplacement d'un parc de plage et celle d'un parc de la passe. Le Tableau II.4. 2 donne les valeurs moyennes de remplacement des pièges en fonction de leur localisation.

Tableau II.4. 2 : Estimation du coût moyen des parcs à poissons de Tikehau selon leur localisation (d'après BLANCHET, 1984).

Site	Grillage	Poteaux	Ensemble
Plage	91000	138000	229000
Chenaux	91000	165000	255000
Tombant corallien	383000	388000	571000
Plateau corallien	95000	203000	298000
Moyenne	108000	208000	316000

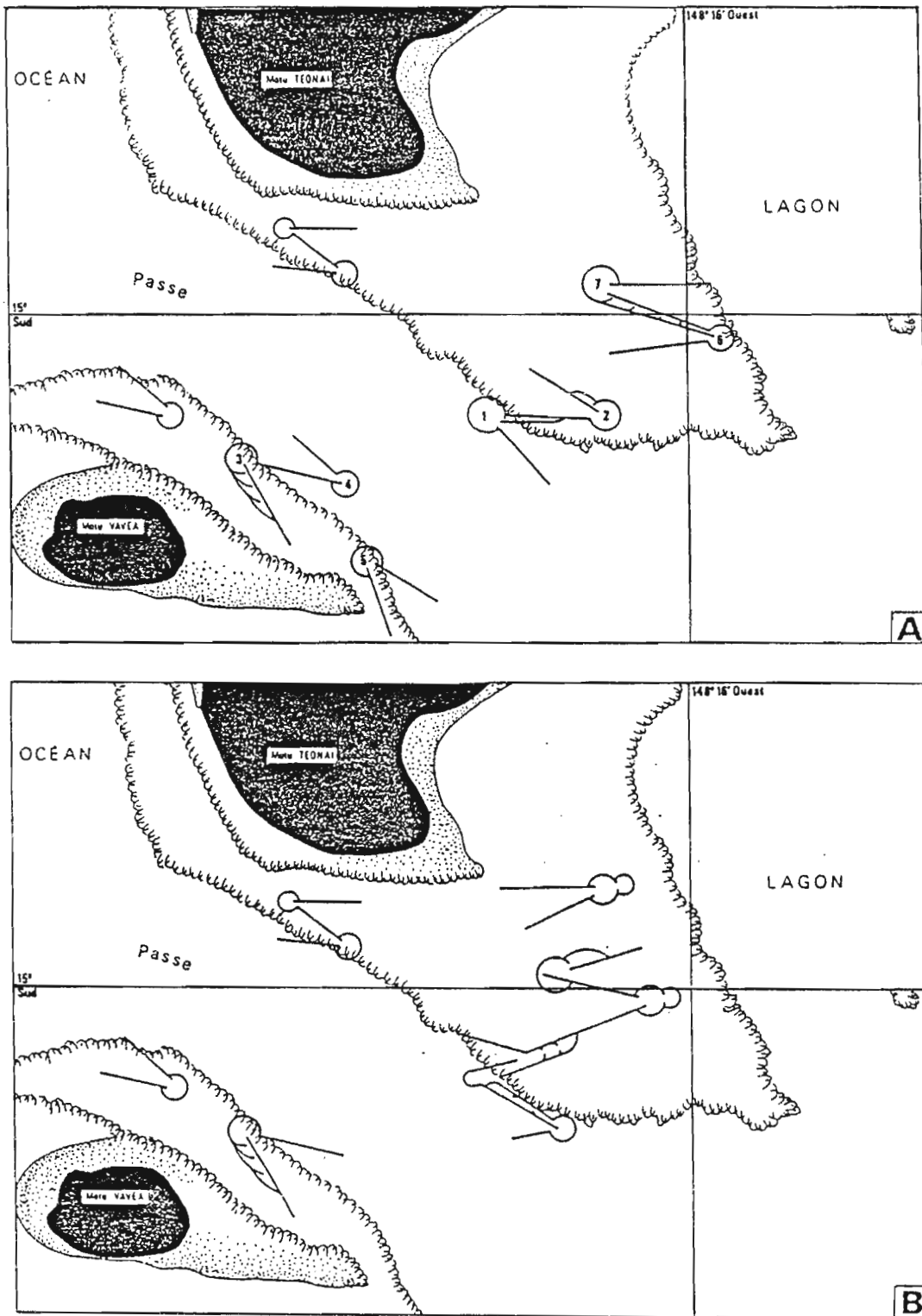


Figure II.4. 3 : Position des parcs à poissons dans la passe de Tikehau
 A : Avant les cyclones
 B : Après les cyclones

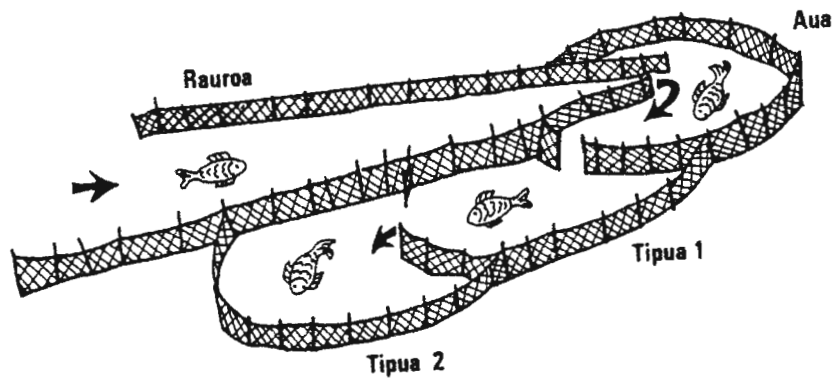


Figure II.4. 4 : Un piège (parc) type de la passe de Tikehau

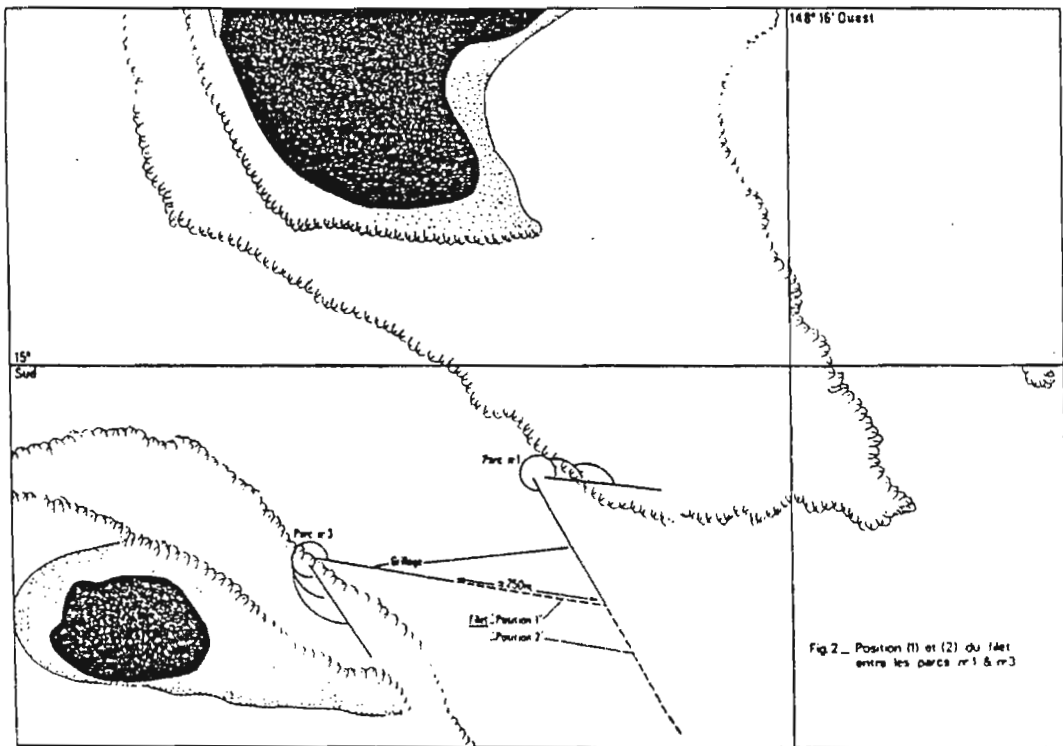


Figure II.4. 5 : Positions (1 et 2) du filet dans la passe

Organisation de la pêche

A Tikehau une seule véritable pêcherie est viable. Son chef possédait sept pièges en 1984 dans la zone de la passe. Cette pêcherie emploie six à sept pêcheurs, tous des jeunes de la famille ou de l'atoll. Les autres pêcheries, dispersées tout au long de la couronne récifale, ont un caractère beaucoup plus individuel et plus épisodique.

Le travail consiste à mettre en place les pièges et à les entretenir. La fabrication des pièges demande des efforts modulés en fonction de leur dimension et de leur emplacement : il faut tout d'abord reconnaître le site, ensuite il faut planter les piquets qui supporteront le grillage.

Un petit piège demandera quelques jours de travail alors que c'est plusieurs mois qu'il faudra consacrer au plus grand piège. Avec la modernisation des matériaux de construction, les outils de travail ont aussi progressé. De l'apnée on est passé au narghileh et maintenant les bouteilles de plongée sont communément employées, un compresseur se trouvant au village de la passe. L'organisation de la pêche mêle à la fois des règles coutumières et modernes pas toujours très bien comprises des pêcheurs. Au niveau de la propriété des parcs par exemple, la coutume veut que l'emplacement du piège revienne au premier qui l'occupe et ensuite à ses descendants. L'administration maritime française donne ici, comme ailleurs, des concessions pour les pièges suivant des normes peu adaptées aux conditions locales.

Ceci peut aviver des conflits entre pêcheurs dès qu'un problème survient comme par exemple celui de la pose du filet dans la passe par la pêcherie principale. Les autres pêcheurs, jaloux, ont voulu dénoncer la fraude au niveau du règlement sur les concessions et ont porté ce problème local devant une administration pas du tout adaptée pour résoudre de tels conflits. Heureusement les problèmes se résolvent en général d'eux-mêmes, une fois les passions tombées.

La production halieutique

Comme le ramassage des poissons capturés n'a lieu que le jour du passage de la goélette collectrice, c'est la production cumulée entre deux passages successifs de la goélette qui sera connue. Entre deux passages les poissons sont stockés dans des parcs attenants directement aux pièges.

Plus de cinquante espèces sont susceptibles de figurer plus ou moins régulièrement dans les captures des pièges mais seulement quelques unes contribuent de façon significative à la production halieutique, comme le montre le Tableau II.4. 3.

Les quatorze principales espèces représentent environ 89% des captures totales des quatre années de référence. La première espèce (*Lethrinus miniatus*) fait 20% de la production, les trois premières 40%.

Peu d'études de contenus stomacaux ont été effectuées pour préciser le régime alimentaire des espèces capturées. Cependant, les résultats obtenus et la revue de la bibliographie existant sur le sujet montrent que les carnivores représentent plus de 90 % des captures en biomasse.

L'unité d'effort de pêche choisie est le jour d'action du parc. La capture par unité d'effort, CPUE, est définie comme le rapport du poids de la vente le jour de la pêche au nombre de jours écoulés depuis la dernière pêche.

Tableau II.4. 3 : Production des 14 principales espèces et production totale en poids (kg) pour les différentes années.

	83-84	84-85	85-86	86-87	Total
<i>Lethrinus miniatus</i>	34812	29923	13961	50983	129679
<i>Lutjanus gibbus</i>	8152	11371	24374	24354	68248
<i>Caranx melampygus</i>	24357	21332	10213	11214	67116
<i>Selar crumenophthalmus</i>	8337	14201	17133	16063	55734
<i>Epinephelus microdon</i>	180	810	5183	48902	55075
<i>Lutjanus fulvus</i>	11226	15962	13050	7694	47932
<i>Naso brevirostris</i>	3036	15299	19374	2293	40002
<i>Mulloidichthis sp.</i>	9593	8506	11066	5359	34524
<i>Albula vulpes</i>	12292	7889	6391	5099	31671
<i>Upeneus vittatus</i>	9454	882	6206	1085	17627
<i>Sphyraena forsteri</i>	2835	2835	5085	2954	13709
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	2085	6229	307	1661	10282
<i>Myripristis sp.</i>	2475	1599	2931	1851	8856
<i>Decapterus pinnulatus</i>	0	1424	3580	1582	6586
Divers	15484	15974	16152	26348	73958
Total	144318	154236	155006	207442	661002

Toutes espèces confondues, les CPUE montrent de fortes variations saisonnières. Les meilleures captures, toutes espèces confondues, sont réalisées durant le printemps austral (Figure II.4. 6). Les variations sont fortes puisque l'on passe d'environ 50 kg/jour à plus de 1100 kg/jour. Par contre, en comparaison, les variations interannuelles sont faibles car elles se compensent d'une espèce à l'autre. Les CPUE spécifiques peuvent montrer des cycles saisonniers différents du schéma général et des variations encore plus marquées.

Pour *Epinephelus microdon* par exemple, les meilleures captures se situent à la fin de l'été et à l'automne austral (Figure II.4. 7). Les CPUE moyennes mensuelles minimale et maximale sont alors de 0 kg/jour à 180 kg/jour. Au niveau spécifique le cycle lunaire influence aussi les captures comme l'ont montré MORIZE (1984) et CAILLART (1988). Les variations interannuelles peuvent être importantes. C'est ainsi que les CPUE de *Lethrinus miniatus* passent de 39 kg/jour en 1985-1986 à 142 kg/jour en 1986-1987.

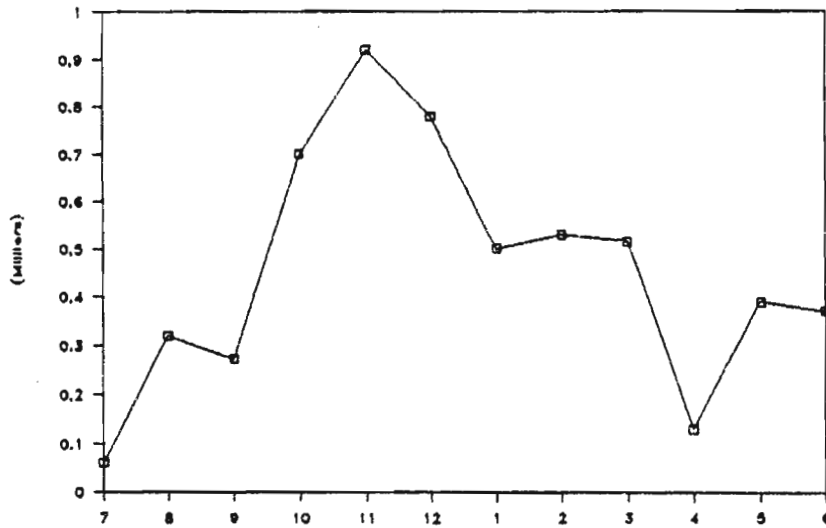


Figure II.4. 6 : CPUE toutes espèces confondues en kg/j de 1983 à 1987.

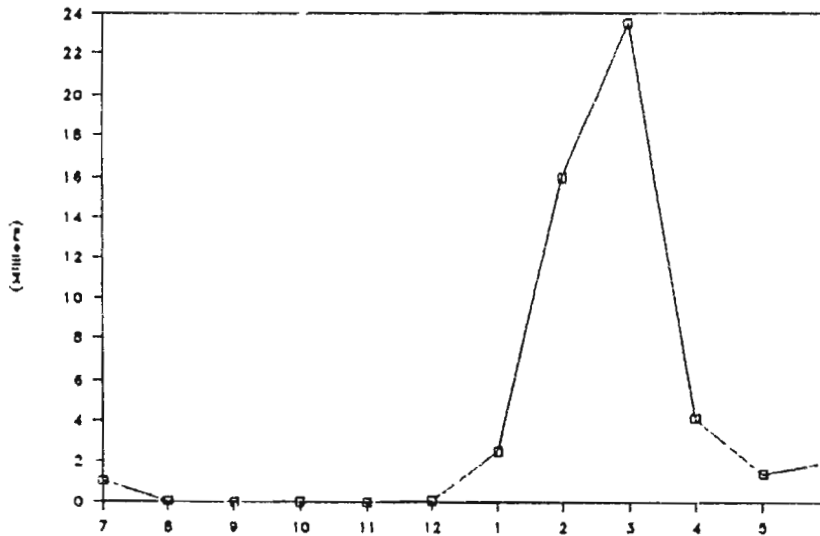


Figure II.4. 7 : CPUE *Epinephelus microdon* en kg/j en 1986-1987

La commercialisation du produit

Le produit de la pêche est conditionné très succinctement. Les poissons ne sont ni écaillés, ni vidés mais seulement reliés entre eux par une ficelle de façon à obtenir des paquets d'environ trois kilogrammes et demi. Les pêcheurs vendent leur poissons aux patrons des différents bateaux collecteurs qui passent. Il peut exister toute sorte d'accord entre le producteur et l'acheteur. Ils négocient le prix entre eux comme ils l'entendent. Certains bateaux paieront plus cher. Certaines espèces, de qualité inférieure, auront une valeur moindre. Il n'existe pas véritablement de lois régissant les prix d'achat aux producteurs. Les prix de revente au marché de Papeete sont de 4 à 8 fois supérieurs aux prix d'achat sur l'atoll. Dans un tel contexte les conditions évoluent vite. D'une année à l'autre on ne retrouve pas toujours les mêmes acheteurs. Des essais de commercialisation des espèces les plus nobles ou de filets sont régulièrement effectués à partir d'une déserte aérienne régulière. Mais les traditions demeurent et les polynésiens, principaux clients du marché, ont des habitudes bien ancrées : par exemple ils achètent le poisson non vidé et ne connaissent pas les filets. Avec le développement touristique cependant les hôtels deviennent des clients potentiels pour ces nouveaux circuits de commercialisation.

BIOLOGIE DES ESPECES CIBLES

REPRODUCTION

Tailles à la première reproduction

La taille à la première reproduction a pu être calculée à partir des structures de tailles des animaux pris dans les pièges à poissons. Le tableau II.4. 4 résume les résultats obtenus en différenciant les sexes.

Tableau II.4. 4 : Tailles (en mm) à la première reproduction des espèces cibles par sexe

Especies	Mâles	Femelles
<i>Lethrinus miniatus</i>	410	390
<i>Lutjanus gibbus</i>	230	220
<i>Caranx melampygus</i>	300	260
<i>Epinephelus microdon</i>		310
<i>Lutjanus fulvus</i>	210	210
<i>Naso brevirostris</i>	260	225
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	320	320

La taille à la première reproduction varie donc en fonction du sexe, soit que la croissance elle-même est différente suivant les sexes, soit qu'il existe des phénomènes d'inversion sexuelle. Cette dernière hypothèse a déjà été vérifiée pour *Epinephelus microdon* (protogynie) et est supposée pour *Lethrinus miniatus* (protogynie également). De plus, Caillart (1988) a montré que la croissance des mâles de *Naso brevirostris* était bien supérieure à celle des femelles.

Sex ratio

Le sex ratio des captures des espèces cibles est donné dans le tableau II.4. 5. Les animaux ont été sexés en fonction de la longueur et ce même tableau donne le sex ratio moyen pour les longueurs situées de part et d'autre de la longueur moyenne des captures.

Tableau II.4. 5 : Sex ratio (100 x nbre de mâles / nbre de femelles) pour toutes les longueurs (0), pour les longueurs < longueur moyenne (1), et > longueur moyenne (2).

Especies	0	1	2
<i>Lethrinus miniatus</i>	51	11	89
<i>Lutjanus gibbus</i>	83	60	240
<i>Caranx melampygus</i>	84	70	165
<i>Epinephelus microdon</i>			275
<i>Lutjanus fulvus</i>	169	155	187
<i>Naso brevirostris</i>	73	21	548
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	130	130	130

En moyenne, les mâles sont moins nombreux dans les captures que les femelles. Ce phénomène s'accroît pour les petites tailles alors que pour les grandes tailles il s'inverse. Les migrations, le comportement sexuel, la croissance et les possibles inversions sexuelles peuvent expliquer ces résultats.

Les saisons de ponte

Les saisons de ponte ont été déterminées par le calcul du RGS, soit $10^3 \times P \text{ gonade} / P \text{ total}$.

De façon générale, on peut dire qu'il n'y a pas, comme dans les pays tempérés, de véritables périodes de repos sexuel : le RGS garde toute l'année des valeurs significatives. Pour *Epinephelus microdon* seulement, on remarque une véritable période de repos sexuel qui s'étale sur plusieurs mois comme le montre la figure II.4. 8.

Le tableau II.4. 6 résume l'activité mensuelle de ponte des différentes espèces étudiées en tenant compte de tous les renseignements que nous apporte le suivi des RGS moyens, maxima et minima.

Tableau II.4. 6 : Saisons de reproduction maximale des espèces cibles

Especies	Saison d'activité sexuelle maximale
<i>Lethrinus miniatus</i>	octobre - novembre
<i>Lutjanus gibbus</i>	octobre - décembre
<i>Caranx melampygus</i>	octobre - février
<i>Epinephelus microdon</i>	février - juin
<i>Lutjanus fulvus</i>	novembre - février
<i>Naso brevirostris</i>	décembre - février

L'évolution du RGS moyen n'est pas toujours le meilleur indice de ponte. Il l'est d'autant moins que les pontes sont asynchrones, ce qui semble être le cas pour les poissons que nous avons étudiés sauf pour *Epinephelus microdon*.

Dans ce cas, c'est alors plus l'écart-type du RGS moyen et le suivi du RGS maximum qui sont les meilleurs indicateurs de ponte.

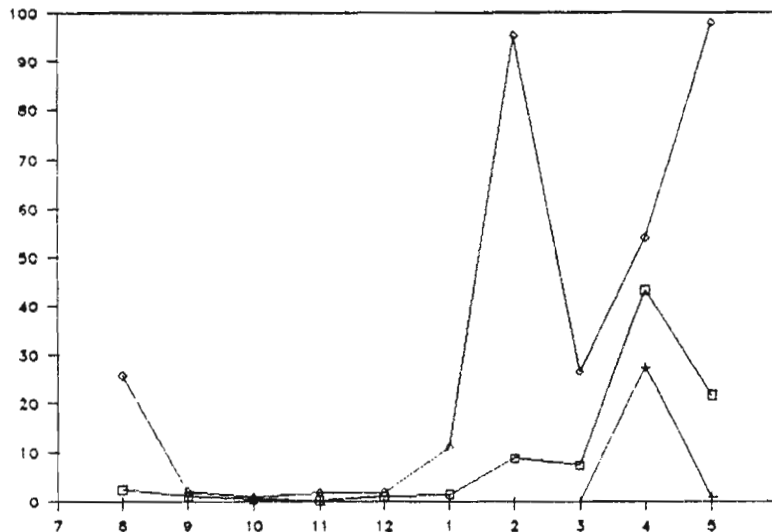


Figure II.4.8 : Evolution du rapport gonado-somatique (moyen, maximum et minimum) de *Epinephelus microdon* pour l'année 1986-1987

Excepté chez *Caranx melampygus* juillet, août et septembre semblent être les mois au cours desquels l'activité sexuelle est la plus ralentie. Chez *Caranx melampygus* 3 saisons de ponte apparaissent, en hiver, au printemps et à l'automne austral. Chez *Lethrinus miniatus*, *Lutjanus gibbus* et *Lutjanus fulvus* il y aurait deux saisons de ponte, la première au printemps austral, la seconde en automne. Chez *Epinephelus microdon*, la saison de ponte se situe à la fin de l'été et en automne austral. Enfin, la ponte de *Naso brevirostris* aurait lieu en fin d'automne début été austral.

Les espèces n'ont donc pas toutes la même activité sexuelle tout au long de l'année. Il est bien possible aussi que certaines baisses du RGS soient dues à des régressions des gonades sans émission des gamètes. Seule une étude histologique ou ichtyoplanctologique pourrait lever l'incertitude qui persiste quant à savoir exactement à quoi est due la chute du RGS.

Croissance

L'étude de la croissance de quelques espèces d'intérêt commercial s'est heurtée aux difficultés généralement rencontrées dans les milieux tropicaux : distinction difficile des cohortes, espèces peu accessibles à l'échantillonnage, stries de croissance annuelles peu visibles. C'est pourquoi plusieurs méthodes ont été essayées simultanément :

- le marquage,
- le suivi des structures démographiques,
- le comptage des microstries sur les otolithes.

Disposant de moyens de calcul adéquats et d'un logiciel performant, nous avons traité les échantillons de structures démographiques avec le logiciel MULTIFAN tout en utilisant les renseignements obtenus par le comptage des microstries sur les otolithes des jeunes poissons. Pour *Epinephelus microdon* le marquage a donné de bons résultats.

Le Tableau II.4. 7 récapitule les valeurs des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy ajustée aux données.

Tableau II.4. 7 : Paramètres L_{∞} , K, t_0 de l'équation de Von Bertalanffy et T_{max} en mm, année⁻¹ et années pour les espèces étudiées

Especies	L_{∞}	K	t_0	T
		10^{-3}	10^{-3}	max
<i>Lethrinus miniatus</i>	640	305	4	10
<i>Lutjanus gibbus</i>	330	403	5	7
<i>Caranx melampygus</i>	482	307	3	10
<i>Epinephelus microdon</i>	530	433	2	7
<i>Lutjanus fulvus</i>	278	328	4	9
<i>Naso brevirostris</i> M.	381	330	-390	9
<i>Naso brevirostris</i> F.	350	260	-800	11
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	490	305	-2	10

La formule de PAULY (1980) donne la longévité maximale en fonction de K et t_0 , à savoir :

$$T_{max} = 3/K + t_0$$

Cette longévité maximale ne dépasse jamais 10 années chez les espèces étudiées (Tableau II.4. 7).

Les indices de potentialité de croissance calculés suivant la formule de PAULY (1980) :

$$P = \log (K \times W_{\infty})$$

avec W_{∞} = Poids "infini" en grammes, donne les résultats du Tableau II.4. 8 suivant :

Tableau II.4. 8 : Indices de potentialité de croissance calculés par la formule de Pauly (1980)

Especies	W_{∞} (gr.)	P
<i>Lethrinus miniatus</i>	2447	2,87
<i>Lutjanus gibbus</i>	755	2,48
<i>Caranx melampygus</i>	2083	2,81
<i>Epinephelus microdon</i>	2610	3,42
<i>Lutjanus fulvus</i>	436	2,16
<i>Naso brevirostris</i> M.	1161	2,58
<i>Naso brevirostris</i> F.	900	2,37
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	2639	2,91

DYNAMIQUE DES POPULATIONS DES ESPECES CIBLES

CAILLART (1988) et MORIZE et CAILLART (1988) ont mis en évidence que le taux d'exploitation moyen (le rapport de la mortalité par pêche à la mortalité totale = F/Z) des principales espèces capturées est proche du maximum souhaitable, tel qu'il a été défini par GULLAND (1971), soit $F/Z = 0,5$. Le tableau II.4. 9 donne les différents taux calculés. Ceci suggère que l'exploitation des principales espèces est voisine de l'optimum et ne peut être augmentée sans risques pour les stocks.

Tableau II.4. 9 : Taux d'exploitation moyens pour quelques espèces de la pêcherie de Tikehau.

Espèces	F/Z moyens
<i>Lethrinus miniatus</i>	0.576
<i>Lutjanus gibbus</i>	0.641
<i>Epinephelus microdon</i>	0.448
<i>Naso brevirostris</i> mâles	0.63 à 0.50
<i>Naso brevirostris</i> femelles	0.60 à 0.38

L'utilisation de moyens d'analyse plus fins tel que l'analyse des cohorte montre cependant que l'effort de pêche pourrait être augmenté pour certaines espèces. Par exemple, CAILLART (1988) a trouvé que le rendement par recrue de *Naso brevirostris* pouvait être multiplié par 2 ou 3 pour les mâles si on augmentait l'effort de pêche (Figure II.4. 9).

Il faut évidemment resté prudent quant à l'interprétation de tels résultats et ce, d'autant plus, que ceux-ci ne concernent que des études monospécifiques alors que la pêcherie est, elle, plurispécifique.

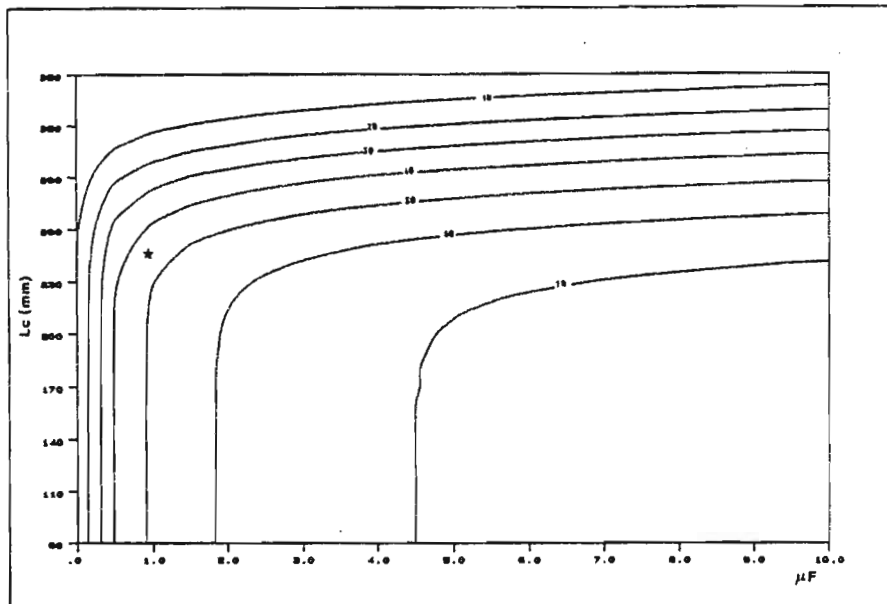


Figure II.4. 9 : Isoplètes des rendements par recrue de *Naso brevirostris* mâle en fonction de la longueur à la première capture et de l'effort de pêche

Une approche plus globale montrant que l'on pourrait prélever d'avantage de 200 tonnes actuellement débarquées :

- soit en augmentant l'effort de pêche sur les espèces exploitées aujourd'hui en diversifiant les lieux de capture,

- soit en exploitant d'autres espèces par l'utilisation d'engins de capture adaptés.

Ceci est obtenu en comparant les rendements des différentes pêcheries récifales à celle de Tikehau, ou bien en comparant les rendements de la pêche en fonction de la production primaire planctonique (176 tonnes de carbone par jour) mesurée dans le lagon (Figure II.4. 10).

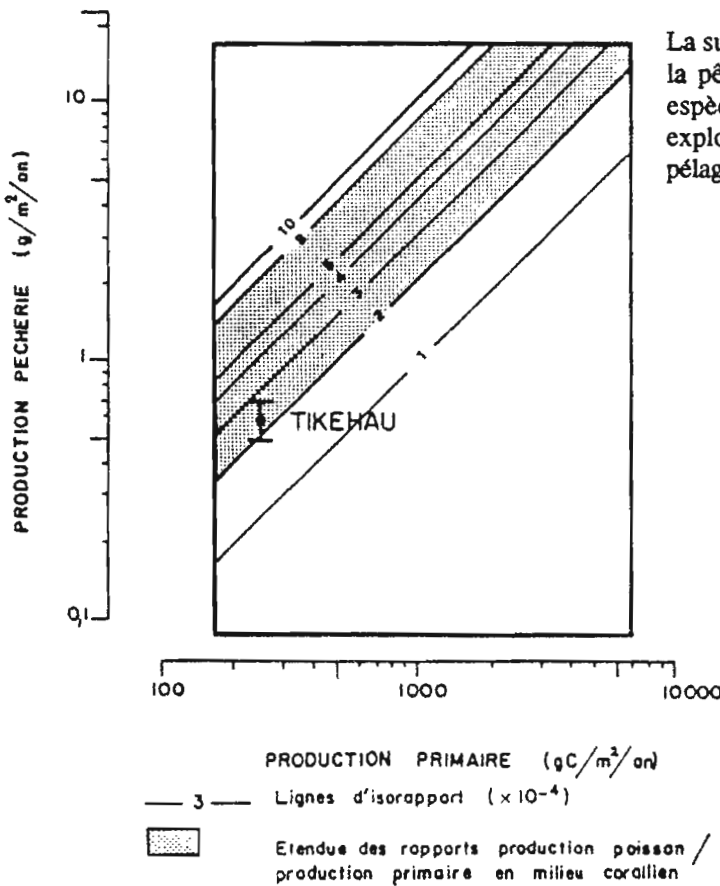


Figure II.4. 10 : Production des pêcheries en fonction de la production primaire en milieu corallien

Les forts taux d'exploitation des principales espèces pêchées, conjugués avec la sous-exploitation de l'atoll pris dans sa totalité, présagent que :

La pêche n'exploite pas toute la surface disponible de l'atoll (lagon + récif intérieur + récif extérieur) en ce qui concerne le stock halieutique.

Pour certaines espèces, très sédentaires comme les Holocentridae, le stock intéressé par la pêche ne couvre qu'une surface minime autour de la passe. Par exemple un nouveau parc, isolé, verra ses captures de *Myripristis species* chuter rapidement avec le temps par épuisement rapide du stock disponible. Pour d'autres espèces comme *Epinephelus microdon* les marquages ont montré que cette surface était étendue sur plusieurs dizaines de km².

La surface lagonaire intéressée par l'exploitation de la pêche dépend des espèces considérées. Les espèces carnivores sont par exemple les plus exploitées. Elles le sont d'autant plus qu'elles sont pélagiques.

L'hypothèse des atolls-oasis veut faire passer les lagons comme source de protéine en poissons suffisante pour satisfaire les besoins locaux et même pour l'exportation. Qu'en est-il exactement? Les acquis du programme ATOLL dans le domaine halieutique permettent déjà d'y répondre partiellement.

Ces acquis sont :

Le "piège-parc" à poissons qui est l'engin de capture le plus employé, est très bien adapté à ce milieu particulier. Il capture les poissons au moment de leur diverses migrations et permet de les conserver vivants pendant plusieurs semaines.

Les principales espèces sont capturées avec des taux d'exploitation proches du maximum souhaitable. On ne peut donc guère augmenter l'effort de pêche sur ces espèces sans risque.

L'exploitation est axée principalement sur les espèces carnivores (90% de la production en biomasse) alors que la biomasse des carnivores dans le peuplement est estimée à environ 60%.

Cette biomasse n'est pas répartie uniformément dans tout le lagon. Il existe des variations spatiales notamment au niveau des pinacles coralliens et du lagon lui-même.

La passe joue un rôle capital dans la reproduction des grandes espèces commerciales.

Enfin une possibilité d'échange d'un atoll à l'autre par l'existence d'une phase larvaire ou juvénile à l'extérieur de l'atoll et réensemencement par les hoa semble plausible.

Le stock halieutique total de l'atoll est sous exploité, en particulier les espèces herbivores et planctonophages. Ceci est dû aux engins de capture (piège à poissons) et à la position de ceux-ci. Autrement dit peut-on améliorer les prises en augmentant et dispersant l'effort de pêche actuel ou ut-il envisager l'emploi d'autres engins de capture visant les espèces peu accessibles actuellement ?

La pêcherie de la passe de Tikehau mêle à la fois des techniques traditionnelles et modernes. C'est exclusivement une pêcherie artisanale. Elle doit s'adapter en permanence au contexte polynésien qui évolue vite. Le piège à poisson reste l'engin de capture de base et s'avère très bien adapté aux conditions d'isolement de cette île car il permet, outre la capture, la conservation des poissons vivants jusqu'à l'arrivée du bateau collecteur. Quatre à six jeunes de la famille ou du village y travaillent en permanence mais les décisions sont prises uniquement par le chef. Au niveau local les règles coutumières se heurtent parfois à des règlements de l'administration maritime française peu adaptés. En ce qui concerne la commercialisation, le conditionnement des captures n'existe pratiquement pas et les prix sont fixés par entente cordiale entre producteurs et acheteurs plus que par les lois de l'offre et de la demande. Le développement touristique augmentant la demande de produit de qualité, certains circuits de commercialisation mieux organisés se mettent en place tels le transport aérien, bousculant parfois les habitudes des polynésiens.

III. L'ATOLL DE TAKAPOTO

1. L'EXPLOITATION DES HUITRES PERLIÈRES

2. LES STOCKS NATURELS

**1. L'EXPLOITATION
DES HUITRES PERLIERES**

HISTORIQUE

LA PERLICULTURE :
MUTATION DE L'EXPLOITATION

Les vingt dernières années d'exploitation de l'huître perlière sont caractérisées par deux faits essentiels :

L'exploitation traditionnelle, basée sur le prélèvement de l'animal, est condamnée par l'épuisement des stocks.

Les stocks naturels n'en continuent pas moins à être sollicités par une exploitation en pleine mutation : L'objectif est de faire produire l'animal en élevage.

La conséquence la plus évidente de cette mutation pour l'écologie lagunaire, mais aussi pour les populations nacrées, est que la manipulation anthropique tend maintenant à augmenter les biomasses par la mise en élevage dans le milieu contrairement à l'exploitation passée qui abaissait les effectifs naturels par prélèvement.

HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION

Bibliographie : 17, 49, 50, 117

L'analyse des travaux antérieurs et des statistiques disponibles permet de retracer l'évolution de l'exploitation commerciale depuis son origine (début du XIX^{ème} siècle) jusqu'à nos jours. Au total ce sont au moins 150.000 tonnes de nacre brute qui ont été exportées du territoire. Des fluctuations importantes marquent d'une part la conjoncture mondiale du marché de la nacre et d'autre part les apports technologiques en particulier sur les matériels de plongée et les embarcations. Les exportations records sont de l'ordre de 1500 tonnes/an vers 1940.

Les volumes manipulés reflètent l'état de prospérité des stocks. Si dès la fin du XIX^{ème}, des cris d'alarme sont poussés par les exploitants dans certaines îles (Gambier, Hikueru), l'exploitation n'en continue pas moins à battre son plein jusque dans les années 50, époque des dernières grandes campagnes organisées de "plonge". C'est dans les années 60 que la production marque une chute rapide et irréversible témoignant de l'épuisement de la plupart des stocks. Sur les 30 îles productrices au début du siècle, seulement 3 ou 4 conservent un potentiel appréciable. L'exploitation traditionnelle de la nacre matière première est virtuellement condamnée après 1965.

En 1969, les essais de greffe perlière pratiqués à Bora Bora et Manihi sont couronnés de succès et la perliculture se développe graduellement dans les années 70 et explose dans les années 80, au point que les perles passent au premier rang des exportations en valeur déclarée du territoire en 1983.

LA PERLICULTURE : MUTATION DE L'EXPLOITATION

Bibliographie : 50, 92

Il n'est pas question d'envisager l'ensemble de cette activité et des problèmes qu'elle soulève (qui sont du ressort du service technique territorial), mais de se limiter aux études sur les stocks naturels : Biologie de l'espèce et dynamique de ses populations.

Dans cette optique, il est nécessaire de déterminer rapidement quels sont les besoins de la perliculture et de quelle façon ils peuvent être satisfaits tout en maintenant une gestion des stocks qui puisse assurer leur pérennité.

Le problème posé de prime abord réside dans l'approvisionnement des fermes dont le cheptel provient exclusivement des stocks naturels par deux voies :

- La plongée qui produit des animaux adultes, opérables pratiquement de suite.
- Le collectage de naissains qui produit des jeunes individus qu'il faudra élever trois ans avant de pouvoir les greffer.

Les techniques de collectage de naissains ont été essayées dès le XIX^{ème} avec succès mais n'ont donné lieu à aucune application pratique tant que l'exploitation est restée centrée sur la nacre. Le Service de la Pêche (actuellement EVAAM) a amélioré les méthodes et particulièrement la confection des collecteurs en diversifiant les matériaux utilisés.

Dans le sujet qui nous intéresse, les résultats du collectage peuvent être considérés comme un indice de l'état des stocks malgré quelques réserves (variations spatio temporelles du recrutement). D'autre part la question a été posée de savoir si ce prélèvement sur les juvéniles est susceptible d'affecter le recrutement naturel, même si a priori la réponse est négative.

L'approvisionnement des fermes en cheptel par la plongée :

La plongée est pratiquée par des pêcheurs qui récoltent les huîtres "sauvages" en apnée.

La législation découle de la réglementation ancienne avec des campagnes limitées dans le temps et des tailles légales déterminées. Depuis les années 70 est apparue la notion de quota par lagon.

Cette exploitation est une persistance de l'exploitation traditionnelle et pose deux problèmes principaux dans son exercice :

- Définition du quota : La quantité autorisée (en nombre d'individus) est octroyée sans connaissance préalable du stock comme le démontrent les nombreux cas où le quota n'a pas pu être réalisé.
- Le contrôle de la pêche : D'abord effectué par le Service de la Pêche, il a ensuite été remis aux autorités municipales plus soucieuses de corps électoral que de stock nacrier. Les dépassements sont systématiques et atteignent des proportions difficilement soupçonnables pour un observateur non averti, de l'ordre de 10 fois la quantité autorisée (Gambier, 1984). Des zones de réserve ont été créées à l'instigation de Ranson et ont été pêchées en toute impunité ces dernières années.

L'avenir de l'exploitation

En 1984, la plongée pourvoyait encore à 70% des besoins des perliculteurs. Le territoire montre une volonté affirmée de supprimer la plongée à terme proche et incite, sinon oblige, les professionnels à se doter des moyens de se procurer leur cheptel exclusivement par le captage de naissains. Le problème pratique posé aux scientifiques est non plus d'ordre halieutique au sens habituel, mais plutôt biologique : Déterminisme et rythme de la reproduction, sites aquacoles, compétition stock naturel - stock anthropique, pathologie, mortalités.

Problèmes particuliers : Une série de six cyclones a frappé la Polynésie en 1983 et leur principale conséquence immédiate a été une destruction partielle des installations d'élevage et de collectage. Mais le captage de naissains a produit des résultats exceptionnels en 1984 dans tous les atolls producteurs, avec des rendements par collecteur augmentés par un facteur 10 à Takapoto ou Takarua par exemple. L'année suivante a été marquée par des mortalités intenses et exceptionnelles d'abord dans les élevages, puis dans les stocks naturels. Bien qu'il ne soit pas possible de démontrer une relation de cause à effet dans cet enchaînement des événements, la coïncidence est troublante, mais surtout ces mortalités révèlent la fragilité de l'industrie perlicole mise en péril par une cause indéterminée et elles interpellent le biologiste.

2. LES STOCKS NATURELS

ABONDANCES ET BIOMASSES

CROISSANCE

PRODUCTION

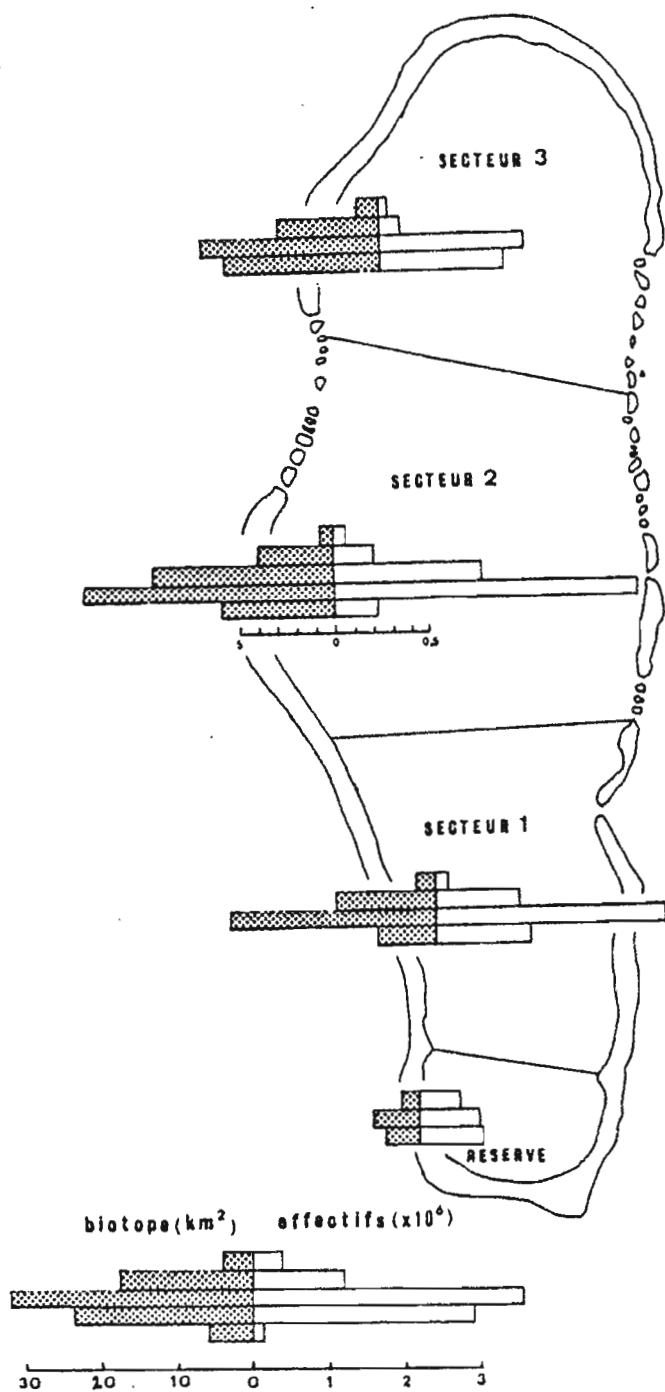


Figure III.2. 1 : Répartition du stock de Takapoto par secteur et par strate bathymétrique

LES STOCKS NATURELS

Bibliographie : 54, 89, 90, 94, 116, 117, 118, 119, 127, 128, 131, 134

ABONDANCES ET BIOMASSES

Evolution des stocks

L'étude de l'historique de l'exploitation permet de proposer un ordre de grandeur de l'abondance apparente des principaux stocks à l'époque de leur pêche maximale et de suivre leur évolution jusqu'à la fin des grandes campagnes de plongée. Sur les trente îles productrices au début du siècle, seulement 3 ou 4 conservent un potentiel notable dans les années 80 (Takapoto, Gambier, Scilly et éventuellement Takaroa). Par exemple, Hikueru qui a toujours été le principal centre nacrier avec des captures maxima de 1200 tonnes/an, voit sa densité moyenne passer d'environ 1 nacre pour 10 m² à 1 nacre pour plus de 100 m² en 82.

Estimation des stocks

L'évaluation des stocks résiduels est un des premiers objectifs des études entreprises. Les prospections ont été conduites sur 5 îles.

Cette évaluation a nécessité la mise au point d'une méthode originale d'estimation de l'extension du biotope basée sur l'interprétation de données acoustiques. Des radiales réalisées avec un échosondeur graphique permettent de quantifier la surface développée de l'habitat potentiel des huîtres perlières.

Des sondages de densité réalisés par des comptages en plongée sous marine au sein du biotope permettent de proposer une évaluation de la population exprimée en termes d'effectifs (échantillonnage stratifié). C'est ainsi que le stock de Scilly est estimé à environ 4,5 millions d'individus de plus de 4 cm répartis dans un biotope représentant seulement 25% de la surface plane du lagon alors que la population de Takapoto est évaluée à 7,5 millions d'individus pour une surface de biotope légèrement supérieure à la surface plane du lagon.

La Figure III. 2. 1 montre la distribution de la

population nacrière dans le lagon de Takapoto.

Cette étude démontre que l'habitat préférentiel de l'huître perlière est entièrement accessible à la plongée en apnée et que, contrairement à l'idée répandue en Polynésie, la fraction de la population vivant au delà de 25 ou 30 mètres de profondeur est très faible. La quasi totalité des stocks est accessible à la pêche, mais aussi vulnérable par le mode de vie fixé de l'animal. On peut en conclure que la surexploitation est indubitablement le facteur essentiel de l'épuisement des lagons.

Les prospections d'évaluation des stocks ont été menées sur cinq îles : Takapoto, Scilly, Gambier, Hikueru et Manihi.

Les caractéristiques biologiques des populations :

Les principaux points abordés sont la croissance, la mortalité et la production.

Une expérience clé a permis l'étude simultanée de ces trois paramètres : Le marquage in situ.

La biologie de l'espèce et le milieu d'étude constituent même un cas idéal d'application de la méthode :

L'ensemble de la population peut être échantillonné sans difficultés majeures en plongée sous marine et les animaux sont fixés par leur byssus. Tous les individus marqués peuvent être théoriquement mesurés aussi souvent que souhaité dans la mesure où ils sont bien localisés. On obtient ainsi des accroissements dimensionnels individuels par intervalle de temps choisi et pour tous les animaux soumis à l'expérience.

Pour limiter les risques de stress, les marques en acier inoxydable sont plantées dans le substrat à proximité immédiate de l'animal sélectionné. Au cours des opérations de contrôle, l'huître n'est jamais manipulée pendant la mesure. L'opération de marquage s'est étendue sur 5 années.

LA CROISSANCE MOYENNE DE LA POPULATION

De manière curieuse, pratiquement aucun modèle de croissance n'est disponible pour toutes les espèces du genre. La plupart des auteurs fournissent une indication d'âge pour atteindre la taille commerciale et/ou une estimation de la longévité.

L'expérience de marquage faite à Takapoto fournit des accroissements en fonction du temps. La mise au point d'une méthode graphique d'analyse des données permet de tracer la courbe de la croissance moyenne observée. L'équation de Von Bertalanffy ajustée aux 2000 couples de données longueur-âge disponibles donne une estimation des paramètres de croissance ainsi que de leur variance.

Tableau III.2. 1. : Les paramètres de croissance de l'huître perlière

	L_{∞}	K	t_0
Valeur estimée	206,14	0,264	- 0,503
Borne inférieure	204,76	0,258	- 0,546
Borne supérieure	207,50	0,270	- 0,460

La clé âge -taille de la croissance observée tracée par la méthode graphique et celle de la croissance théorique issue de l'ajustement de l'équation de Von Bertalanffy apparaît dans le tableau suivant :

Tableau III.2. 2 : Clé âge-taille de l'huître perlière

Age (années)	Long. moy. observées + S (mm)	Long. moy. calculées (mm)
0,5	40	49
1	63 ± 8	67,5
2	102 ± 13	100
3	129 ± 12	124
4	145 ± 11	143,5
5	156 ± 12	158
6	166 ± 10	169
7	175 ± 10	177,5
8	185 ± 11	184
9	193 ± 12	189
10	200 ± 9	192,5

La longévité de l'espèce peut être appréciée soit au sens de FONTANA (1979) en tant que longévité minimale soit au sens de PAULY (1980) comme une longévité maximale.

Longévité minimale : un peu plus de 10 ans

Longévité maximale : environ 11 ans

La vitesse de croissance de l'espèce polynésienne semble du même ordre que celle des autres espèces du genre. Si on se réfère au modèle de croissance obtenu, la culture perlière se situe dans la phase optimale du cycle vital au plan du rapport taille atteinte/potentiel de croissance, correspondant à un accroissement dimensionnel de l'ordre de 15% pendant la période d'incubation.

Approche de la croissance saisonnière

Pendant le premier trimestre des années 84 et 85, les individus de taille inférieure à 120 mm montrent de forts taux d'accroissement alors que les individus de taille supérieure manifestent une diminution de leur taux d'accroissement. Cette observation permet de supposer que les conditions habituelles de la saison chaude permettent aux nacres de capter une forte quantité d'énergie qui est utilisée pour la croissance chez les individus de moins de trois ans alors que les individus plus âgés orientent cette énergie vers la reproduction, la remontée de leur taux de croissance se faisant postérieurement à la ponte. Ceci est en accord avec les observations sur le collectage de naissain.

Il n'est pas possible de poursuivre plus avant l'analyse de la croissance saisonnière car les années 85 à 87 ont été marquées par des épisodes de mortalités exceptionnelles qui semblent être la manifestation extrême d'une dégradation des conditions du milieu chez les animaux les moins résistants, comme le montre le chapitre suivant.

L'étude de la variabilité spatiale de la croissance n'a pas été abordée à partir de cet échantillonnage.

LA MORTALITE

Les courbes de survie établies à partir de l'expérience de marquage sont données sur la Figure III.2. 2. Une très forte mortalité s'est développée en 1985. Les mortalités se déclenchent d'abord dans la région Sud du lagon, dans le secteur du village qui correspond aussi à la densité maximale du stock naturel et à la plus grande concentration de fermes d'élevage. La chute des effectifs apparaît nettement dès décembre 84, donc antérieurement aux faits signalés par la presse en juillet 85.

Toutes les stations sont touchées dans le premier semestre 86 et le phénomène est étendu à tout le lagon.

La décroissance des effectifs en fonction du temps permet de calculer des coefficients de mortalité par période (avant, pendant et après les périodes de mortalité) et on peut tenter d'estimer la part de la mortalité naturelle (animaux retrouvés morts sur place) ainsi que celle de la mortalité par prédation (animaux disparus sans trace). Les résultats apparaissent dans le tableau III.2. 3.

Tableau III.2. 3 : Décroissance des effectifs marqués en fonction du temps. t : Temps en année. N_0 : Effectif de départ. N_t : Effectif arrivée. E_{tot} : Mortalité totale. Z : Coefficient de mortalité totale. E_{disp} : Mortalité prédation. F : Coefficient de mortalité par "pêche". E_{mort} : Mortalité naturelle. M : Coefficient de mortalité naturelle.

	Période 1 $t = 2,66$	Période 2 $t = 0,42$	Période 3 $t = 1$
N_0	501	222	138
N_t	222	138	37
E_{tot}	279	84	101
Z	0,30	1,13	1,30
E_{disp}	244	2	98
F	0,261	0,023	1,261
E_{mort}	35	82	3
M	0,039	1,107	0,039

Si l'on appliquait les coefficients obtenus au peuplement naturel estimé, on obtiendrait environ 2,5 millions d'animaux morts de mort naturelle pendant l'épisode dramatique sur les 7,5 millions du stock. En dehors de cette circonstance particulière, la mortalité naturelle est faible.

Mais les coefficients de mortalité par prédation sont très élevés, particulièrement dans les périodes succédant aux fortes mortalités. Ceci suggère un effort de pêche continu dans ce lagon, exacerbé par les pertes subies par les éleveurs qui auraient tenté de rétablir leur cheptel par prélèvement sur un stock très affaibli.

La perliculture contribue t-elle à sa propre mort ?

A l'inverse des exploitations de type halieutique basées sur le prélèvement de la ressource, les activités liées à la perliculture sont de type aquacole : ce sont des élevages installés dans le milieu naturel. La biomasse en élevage est sous contrôle humain et elle s'additionne à la biomasse "sauvage".

La question posée est de savoir si les capacités biotiques, et notamment trophiques du milieu, peuvent supporter cette surcharge sans dommages pour le peuplement lagonaire.

Les données disponibles permettent de tenter une approche de ce problème.

L'huître perlière est un filtreur benthique dont l'alimentation dépend de la production primaire planctonique et de la compétition interspécifique.

La production phytoplanctonique est évaluée à $3.6 \text{ g m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ soit 90.000 tonnes par an en poids humide pour tout le lagon.

La biomasse totale du compartiment filtreur benthique naturel peut être estimée comme le montre le Tableau III.2. 4.

Tableau III.2. 4 : Effectifs (en millions), poids total (P.t.), biomasse (B), et production (P) (en tonnes) des principales composantes du compartiment filtreur

	E	P. t.	B.	P.	P/B
Arca	38,5	1550	340	49	0,14
Tridacna	14	2700	530	120	0,18
Chama	11	2000	80	16	0,21
Pipi	40	820	200	40	0,2
Nacres	8	1750	210	43	0,2
TOTAL	111,5	8820	1360	268	-

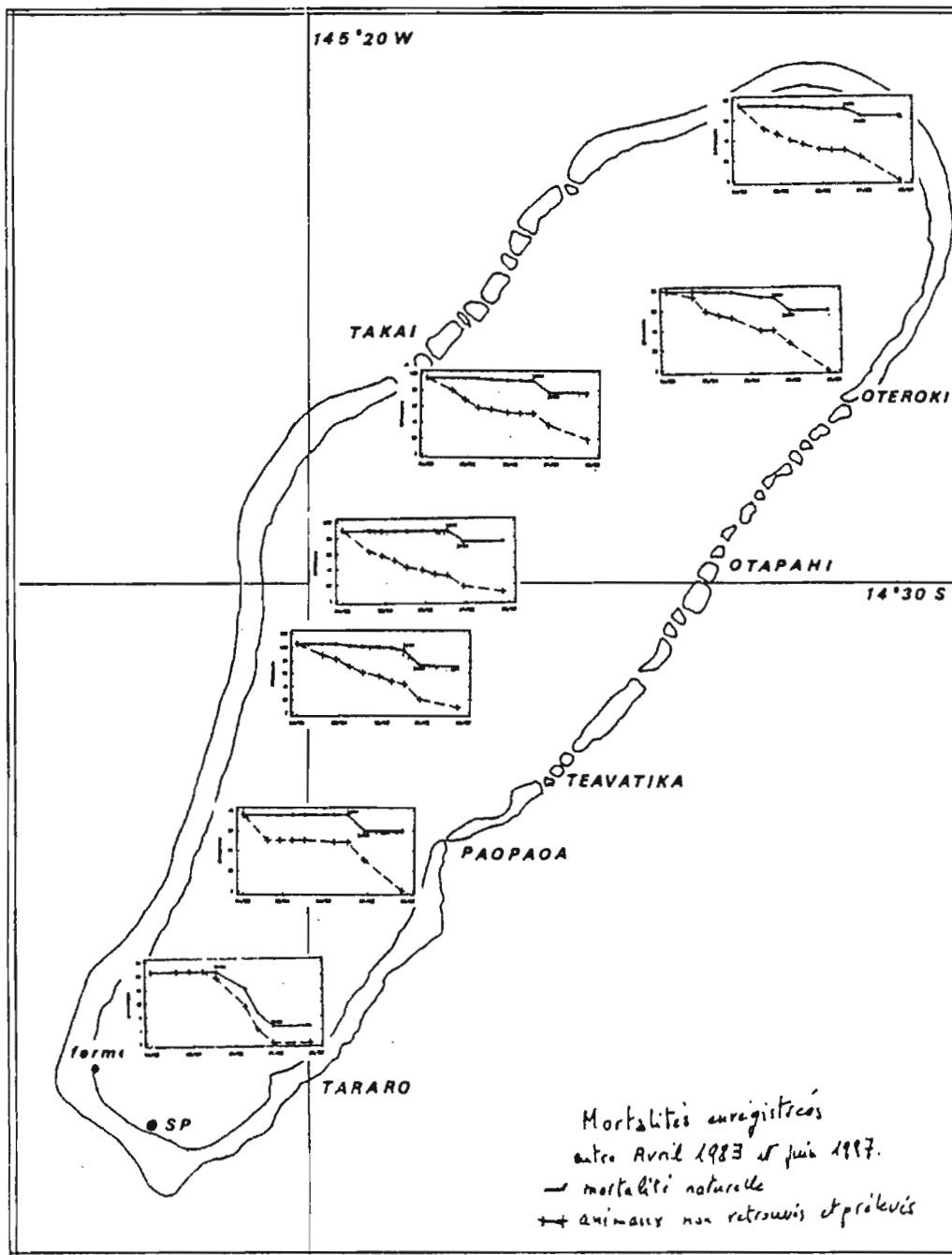


Figure III.2. 2 : Courbes de survie des animaux marqués

Cette biomasse se répartit essentiellement dans les dix premiers mètres comme le montre le Tableau III.2. 5.

Tableau III.2. 5 : Biomasse (en tonnes) des filtreurs dans les 10 mètres superficiels

Espèces	Strate 0 - 10 m
Arca	204
Tridacna	424
Chama	20
Pipi	100
Nacres	15
TOTAL	763
Prod/ha (kg)	320

C'est à dire que plus de la moitié de la biomasse des filtreurs se répartit dans la région superficielle qui est aussi la zone où sont installés les élevages dont la répartition est illustrée sur la Figure III.2. 3.

Si l'on admet que le stock de nacres en élevage est du même ordre de grandeur que le stock naturel, ce qui est vraisemblable, il devient possible d'évaluer la surcharge induite par la perliculture. Cette surcharge ne s'applique qu'à la zone des dix premiers mètres dans laquelle le stock naturel est faiblement représenté si bien que la sollicitation anthropique du potentiel nacrier représente 1000% dans cette zone.

Une évaluation grossière des besoins énergétiques peut être avancée en considérant que le maintien de la biomasse nécessite une consommation égale à son double et que la production demande une ingestion égale à son quintuple, dans la fourchette des P/B calculés pour les filtreurs. On obtient ainsi une consommation de l'ordre de 5000 tonnes par an, dont 650 pour les nacres en élevage. Dans ces conditions, le peuplement manifeste simultanément une efficacité écotrophique (sensu Ricker) et une efficacité écologique (sensu Crisp) très faibles, aux environs de 5% dans les deux cas.

La production primaire ne devrait pas constituer un facteur limitant puisqu'elle peut couvrir 20 fois les besoins estimés du compartiment. La question posée devient alors : Est ce que cette nourriture potentielle est accessible aux filtreurs ?

Les travaux effectués ne permettent pas de répondre actuellement, mais les travaux de Le Borgne et al. (1986) montrent à Tikehau que la prédation zooplanctonique peut excéder la production phytoplanctonique dans certains cas. L'accessibilité de la nourriture serait conditionnée par le fonctionnement du système pélagique et les organismes benthiques seraient d'autant plus sensibles aux variations de la nourriture disponible que leurs performances écologiques intrinsèques sont médiocres et que leur compartiment trophique est saturé.

LA PRODUCTION DU STOCK

La démarche suivie est explicitée par le diagramme de la Figure III.2. 4.

L'équation de la croissance en longueur est convertie en équation de la croissance pondérale en utilisant les relations longueur-poids.

La structure de biomasse de la population est estimée à partir de la structure de taille.

La mortalité annuelle par classe d'âge est calculée à partir de la distribution des effectifs par âge et donne une valeur moyenne de $Z = -0.367$.

Les résultats du calcul de production apparaissent dans le Tableau III.2. 6.

Le stock de 210 tonnes produit annuellement de l'ordre de 609 tonnes en poids total, 52 tonnes en biomasse et enfin 14 tonnes en poids sec.

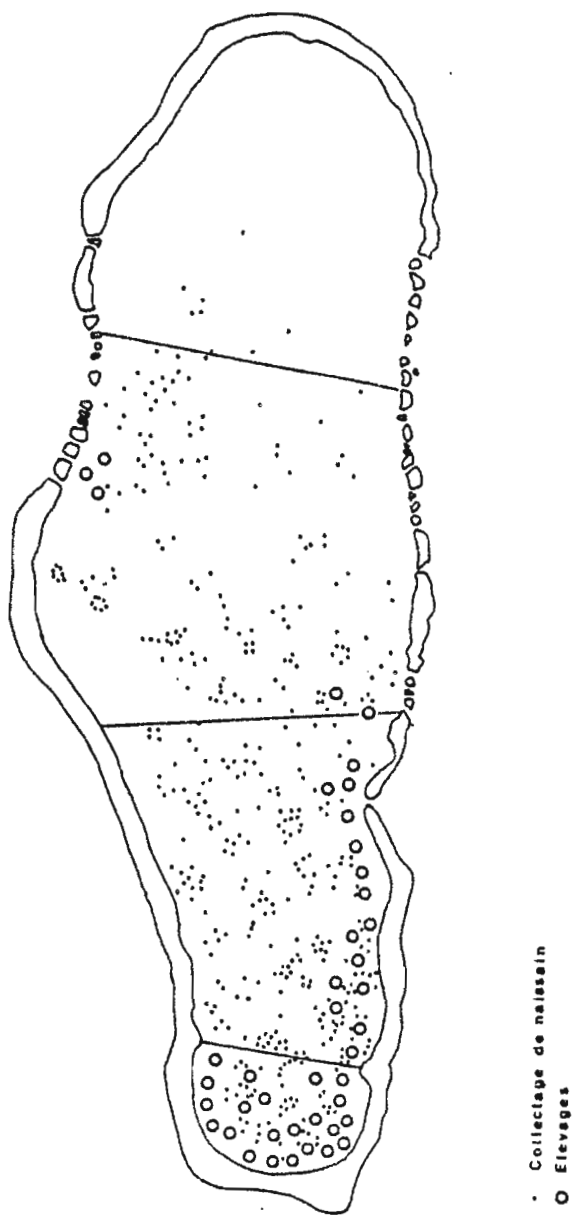


Figure III.2. 3 : Répartition des élevages et des stations de collectage dans le lagon de Takapoto

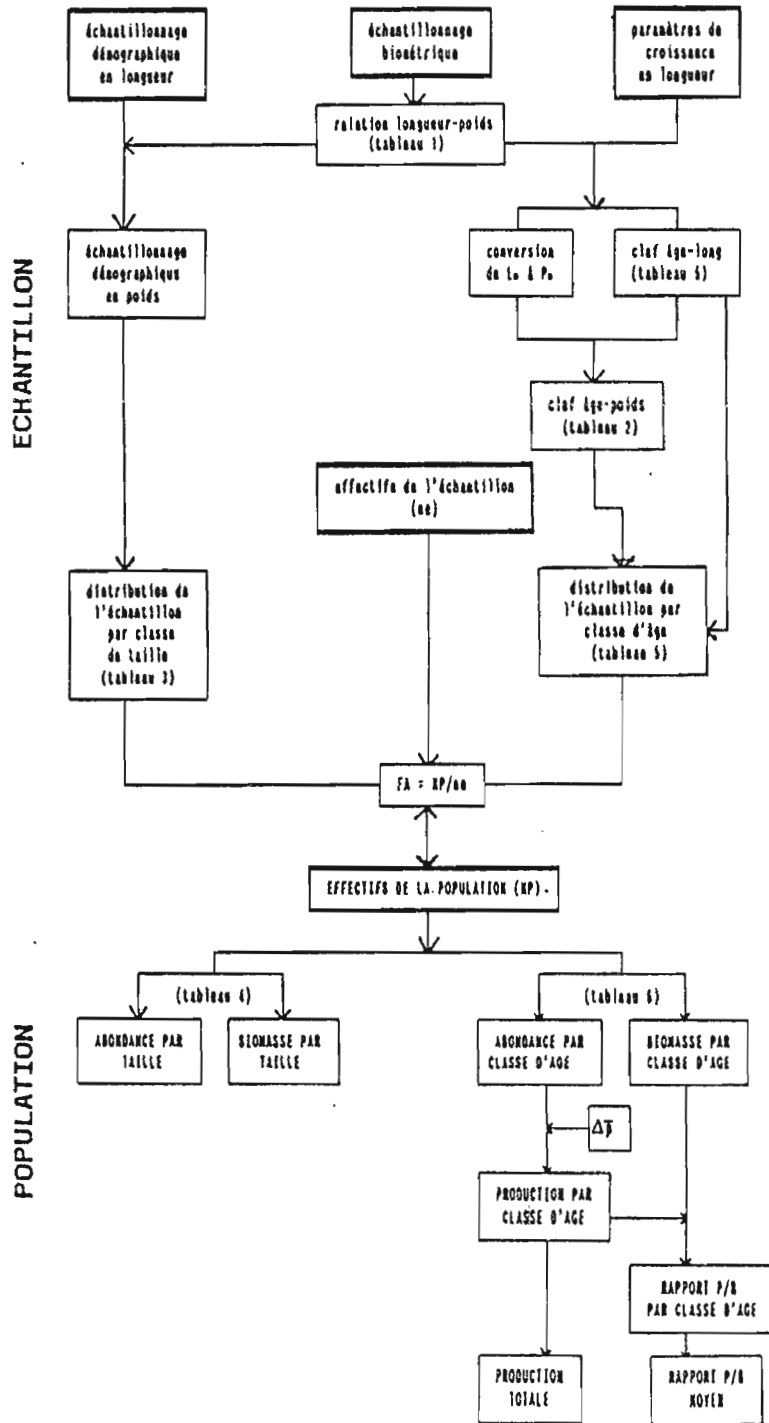


Figure III.2. 4 : Démarche suivie pour le calcul de la production du stock

Tableau III.2. 6 : Abondance, biomasse, production et rapport P/B par classe d'âge

VALEURS EN POIDS TOTAL

AGE	ABONDANCE 1×10^3 NJPJ	POIDS IND. ($kg \times 10^{-3}$)	BIOMASSE PtJpJ	PRODUCTION ($kg \times 10^3$)	P/B
1	1667	33	55	-	-
2	2948	108	318	173	0,54
3	841	209	134	161	1,36
4	231	321	74	48	0,65
5	333	428	143	30	0,21
6	513	526	270	41	0,15
7	436	611	266	40	0,15
8	333	735	245	48	0,18
11	333	877	282	47	0,16
TOTAL	7436		1787	608	

VALEURS EN POIDS HUMIDE PhJPJ

AGE	ABONDANCE 1×10^3 NJPJ	POIDS IND. ($kg \times 10^{-3}$)	BIOMASSE PtJpJ	PRODUCTION ($kg \times 10^3$)	P/B
1	1667	2,8	5	-	-
2	2948	9,1	27	14,3	0,54
3	841	17,7	11	15,4	1,36
4	231	27,2	6	4,1	0,65
5	333	36,3	12	2,6	0,21
6	513	44,6	23	3,6	0,15
7	436	51,8	23	3,4	0,15
8	333	62,3	21	4,0	0,18
11	333	74,2	25	4,0	0,16
TOTAL	7436		163	61,5	

VALEURS EN POIDS SEC PøJPJ

AGE	ABONDANCE 1×10^3 NJPJ	POIDS IND. ($kg \times 10^{-3}$)	BIOMASSE PtJpJ	PRODUCTION ($kg \times 10^3$)	P/B
1	1667	0,70	1,2	-	-
2	2948	2,27	8,7	3,8	0,54
3	841	4,40	2,8	3,8	1,36
4	231	6,74	1,6	1,0	0,66
5	333	9,01	3,0	0,8	0,21
6	513	11,06	6,7	0,8	0,15
7	436	12,63	6,6	0,8	0,15
8	333	15,45	6,1	1,0	0,20
11	333	18,44	6,1	1,0	0,18
TOTAL	7436		67,6	12,7	

L'EXPLOITATION DES HUITRES PERLIÈRES

Les stocks naturels d'huîtres perlières de Polynésie ont subi une exploitation intense de deux siècles qui a provoqué l'épuisement de la ressource dans la plupart des trente îles productrices au début du siècle. La pêche traditionnelle était condamnée dans les années 60 lorsque la réussite des essais de greffe perlière lance une nouvelle dynamique pour cette ressource, mais au prix d'une mutation de l'exploitation. Les stocks naturels épuisés continuent à subir les prélèvements nécessaires à la nouvelle industrie.

Globalement, le territoire s'est doté d'un arsenal réglementaire destiné à assurer une gestion des stocks d'huîtres perlières, mais celui-ci s'est avéré inefficace au cours de l'exploitation passée, même s'il a pu retarder l'échéance de l'épuisement. Les mesures récentes de réglementation de la plongée demeurent inopérantes par manque de données préalables d'une part et par défaut de contrôle d'autre part.

La volonté affirmée de supprimer la plongée dans un avenir proche déplace la problématique du biologiste interrogé sur le développement de l'exploitation de la ressource. Le seul prélèvement autorisé se situera en amont du cycle biologique : Ce sera le captage de naissain et les études prioritaires doivent porter sur le recrutement.

Mais des événements exceptionnels coïncidant avec le passage des cyclones posent également des questions primordiales pour la survie de la perliculture : déterminisme de la reproduction et du succès du recrutement, causalité des mortalités intenses affectant les élevages et les stocks naturels.

LES STOCKS NATURELS

Les études entreprises ont été guidées par deux grandes questions :

L'évaluation des stocks naturels

La biologie de l'espèce

L'analyse historique a permis de proposer un ordre de grandeur des stocks à l'époque de leur exploitation maximum pour différents lagons.

L'évaluation des stocks naturels a été réalisée dans cinq lagons : Takapoto, Manihi, Gambier, Hikueru et Scilly.

Les sondages de densité donnent une estimation de la densité moyenne de ces lagons qui permet de diagnostiquer en première approximation l'état des stocks.

L'extension du biotope a été étudiée par une méthode acoustique qui autorise une appréciation de la surface colonisable par l'espèce au sein de strates bathymétriques.

La conjonction des deux opérations permet de proposer une biomasse par lagon exprimée en effectifs : 7,5 millions d'individus à Takapoto.

Une expérience de marquage prolongée durant 4 ans procure les informations nécessaires à l'étude de la croissance moyenne de la population, mais aussi de sa mortalité. L'expérience a couvert des épisodes de mortalité exceptionnelle dont l'impact sur le stock naturel est estimé à la perte de 2,5 millions d'individus.

Bien que les causes de cette mortalité n'aient pas été mises en évidence, l'hypothèse de la surcharge biotique apparaît vraisemblable.

La production du stock de Takapoto a pu être évaluée à partir des différents échantillonnages réalisés. La biomasse calculée du stock est de 150 tonnes en poids humide des parties molles ; elle assure une production de 51,5 tonnes, ce qui donne un rapport PIB = 0,3.

CONCLUSIONS

La première phase du programme atoll a permis de faire le point sur un certain nombre de problèmes comme l'hydrodynamique, les productions primaires autotrophes et les bilans d'azote, de phosphore ainsi que sur les biomasses benthiques sédimentaires, la biologie et la dynamique des espèces exploitées. Les résultats obtenus ont permis d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement de l'écosystème lagunaire d'un atoll mais ils amènent de nouvelles questions dès lors que l'on souhaite avoir une vision globale du système considéré. Ces questions peuvent se résumer en cinq points :

Des voies privilégiées de transfert d'énergie et de matière ont été mises en évidence dans le réseau trophique mais il reste à quantifier les flux en cause sur plusieurs d'entre elles (microzooplancton, bactéries).

La typologie des îles a une forte influence sur les peuplements mais par quels mécanismes fonctionnels ? Les réseaux trophiques ont-ils des structures équivalentes et les voies de transfert sont-elles homologues pour chaque type d'île ?

Par un raisonnement proche, on doit se demander si la pression d'exploitation n'altère pas le réseau trophique dans son ensemble au point d'avoir une incidence sur la composition des peuplements autres que celui qui est exploité ?

L'atoll échange en permanence énergie et matière avec l'océan qui l'entoure. Le domaine corallien insulaire reçoit des nutriments mais une partie de sa production organique entre dans le système pélagique océanique. Quelle est l'influence de l'atoll sur l'océan ?

La production biologique générée dans l'écosystème de l'atoll est-elle performante au point d'utiliser toutes les ressources métaboliques du milieu ? Cette production est assurée par une biomasse globale structurée en catégories trophiques interdépendantes et la question posée est de savoir dans quelle mesure ces catégories (notamment celles qui renferment les ressources) sont saturées ou non : La charge biotique (biomasse présente) correspond-t-elle à la capacité biotique (biomasse potentielle) ?

Dans l'hypothèse où la théorie des remontées d'eaux profondes dans le socle corallien est vérifiée, quelle est l'incidence du phénomène sur la fertilité de l'atoll ?

Toutes les questions évoquées concernent le fonctionnement intime de l'écosystème et dépassent largement le cadre de sa description en soulevant systématiquement le problème des flux d'énergie et de matière à tous les niveaux. L'approche quantifiée de ces flux est particulièrement délicate lorsqu'on s'élève vers les plus hauts niveaux du réseau trophique mais cette difficulté potentielle ne doit pas constituer un obstacle au développement de nouvelles études.

Appréhender les points clés des écosystèmes devient un souci inéluctable dans la démarche scientifique car c'est le seul moyen de se doter des éléments de réponse aux problèmes posés par l'évolution naturelle ou provoquée du milieu nourricier ou simplement cadre de vie des hommes. Ces problèmes peuvent être d'ordres différents : Aménagements du milieu, exploitation des ressources, développement économique et s'adresser à des zones de dimensions variables, de l'île au territoire, voire à la région.

Si la première phase du programme atoll débouche sur de nombreuses questions, celles-ci s'insèrent parfaitement dans la dynamique océanographique française et notamment dans le thème "Réseaux trophiques et cycles biogéochimiques (Bilans et Flux)" qui a été débattu à l'IFREMER par la communauté nationale en février 89.

La démarche du programme Atoll s'intègre parfaitement à l'une des conclusions du 5^{ème} Congrès International sur les Récifs Coralliens (Tahiti, mai 1985) qui recommandait de privilégier les études pluridisciplinaires ainsi que l'acquisition de longues séries temporelles de mesures. En effet, la plupart des résultats présentés à ce congrès avaient été obtenus à partir d'expéditions ponctuelles sur le terrain.

Cette problématique rejoint également partiellement celle du grand programme international JGOF si l'on admet qu'une composante "côtière" peut s'intégrer à ce programme.

BIBLIOGRAPHIE

I. PUBLICATIONS AVEC COMITE INTERNATIONAL DE LECTURE

1

BLANCHET G., 1985 - Etude socio-économique de la pêche artisanale dans l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 5 : 583-587.

2

BLANCHOT J., CHARPY L., LE BORGNE R., 1989 - Size composition of particulate organic matter in the lagoon of Tikehau atoll (Tuamotu Archipelago). *Mar. Biol.*, 101 : 329-339.

3

CAILLART B., MORIZE E., 1989 - Etude du rythme de dépôt des microstries sur les otolithes d'un Serranidae tropical, *Epinephelus microdon* (Bleeker) à l'aide d'un marqueur fluorescent : l'oxytétracycline. *Aquatic Living Resources*, 2 : 255-261.

4

CHARPY L., 1985 - Distribution and composition of particulate organic matter in the lagoon of Tikehau (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 3 : 353-357.

5

CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J. - Particulate Organic Matter fluxes in a Tuamotu Atoll Lagoon (French Polynesia). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, sous presse.

6

CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., 1988 - Phosphorus budget in an atoll lagoon. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, Townsville, Australia, Aug. 1988, 2 : 547-550.

- 7
- CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., 1990 - A model of light-primary production relationship in an atoll lagoon (Tikehau, Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 70, 357-369.
- 8
- CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., 1990 - Trophic Structure and Productivity of the lagoonal communities of Tikehau atoll (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *In* : Fluxes between trophic levels and through the water-sediment interface. D.J. Bonin and H.L. Golterman eds., *Hydrobiologia*, sous presse.
- 9
- CHARPY-ROUBAUD C.J., 1988 - Production primaire des fonds meubles du lagon de Tikehau (Atoll des Tuamotu, Polynésie Française). *Oceanologica Acta*, 11 : 241-248.
- 10
- CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., 1990 - Budgets de l'Azote et de la Silice dans un atoll ouvert du Pacifique central : Tikehau, (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). *C.R. Acad., Sci., Paris, Sér. III*, 310 (5) : 163-167.
- 11
- CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., LEMASSON L., 1988 - Benthic and Planktonic primary production of an open atoll lagoon (Tikehau, French Polynesia). *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, Townsville, Australia, Aug. 1988, 2 : 551-556.
- 12
- CHARPY-ROUBAUD C.J., SOURNIA A., 1989 - The comparative estimation of phytoplanktonic, microphytobenthic and macrophytobenthic primary production in the oceans. *Journal of Marine Food Web*, 4 (1) : 31-57.
- 13
- HARMELIN VIVIEN M., 1985 - Atoll de Tikehau, Archipel des Tuamotu. *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 1 : 211-268.
- 14
- HARMELIN-VIVIEN M., 1985 - Impact des cyclones sur les récifs coralliens. *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 3 : 315.
- 15
- HARMELIN-VIVIEN M., CHARPY L., INTES A., MORIZE E., 1985 - Les récifs coralliens de Polynésie Française. Connaissance des récifs et guides d'excursion. Atoll de Tikehau. *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 1 : 211-266.
- 16
- HARMELIN-VIVIEN M., LABOUTE P., 1986 - Catastrophic impact of hurricanes on atoll outer reef slopes in the Tuamotu (French Polynesia). *Coral Reefs*, 5 : 55-62.
- 17
- INTES A., 1986 - The pearl oyster in French Polynesia : The revival of an historic resource. *PLES*, 2 : 41-47.
- 18
- INTES A., 1987 - First observation of the lesser yellow legs (*Tringa flavipes*) in the Tuamotu Archipelago (French Polynesia). *Elepaio*, 48 (2) : 14.
- 19
- INTES A., COEROLI M., 1985 - Evolution et état des stocks naturels d'huîtres nacrées et perlières (*Pinctada margaritifera* L.) en Polynésie Française. *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 5 : 545-550.
- 20
- LABOUTE P., 1985 - Evaluation des dégâts causés par les passages des cyclones de 1982-83 en Polynésie Française sur les pentes externes des atolls de Tikehau et de Takapoto (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 3 : 323-329.
- 21
- LE BORGNE R., BLANCHOT J., CHARPY L., 1989 - Zooplankton of the atoll of Tikehau (Tuamotu Archipelago) and its relationship to particulate matter. *Mar. Biol.*, 102 : 341-353.
- 22
- LE BORGNE R., MOLL P., 1986 - Growth rates of the salp *Thalia democratica* in Tikehau atoll (Tuamotu island). *Océanogr. trop.*, 21 (1) : 23-30.
- 23
- MONNIOT C., 1987 - Variations morphologiques d'un copépode ascidicole en fonction des hôtes et des îles en Polynésie Française. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 111 (1/2) : 149-157.

24
MONNIOT C., MONNIOT F., 1987 - Les ascidies de Polynésie Française. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.*, Paris, 136, A : 155 p.

25
MONNIOT C., MONNIOT F., LABOUTE P., 1985 - Ascidies du port de Papeete (Polynésie Française) : relations avec le milieu naturel et d'autres ports. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.*, Paris, 4, A, 7 (3) : 481-495.

26
MORIZE E., 1985 - Etude d'une pêcherie artisanale de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, May 1985, 5 : 501-506.

27
MORIZE E., CAILLART B. 1988 - The use of the length composition data from an artisanal reef-fishery of the Tikehau atoll in French Polynesia in fish stock assessments. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, Townsville, Australia, Aug. 1988, 2 : 255-259.

28
PEYROT-CLAUSADE M.- The carcinological cryptofauna (Brachyura and Anomura except the Paguridae) of Tikehau (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *Coral reefs*, sous presse.

29
SARAZIN G., CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., 1988. Early diagenesis of organic matter in the sediments of the central basin of Tikehau lagoon-reef (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, Townsville, Australia, Aug. 1988, 3 : 373-378.

II. PUBLICATIONS SANS COMITE DE LECTURE INTERNATIONAL

30
BLANCHET G., CAILLAUD L., PAOAAFAITE J., 1985 - Un aspect de la pêche artisanale en Polynésie Française. "Les pièges à poissons de Tikehau". *ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr.*, 25 : 116 p.

31
BLANCHOT J., MOLL P., 1986 - Le zooplancton. Composition faunistique de la fraction 35->2000µm. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française.) : II. *ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr.*, 28 : 169-180.

32
CAILLART B., 1988 - Etude d'une pêcherie artisanale de l'Archipel des Tuamotu (Polynésie Française). Biologie, éthologie et dynamique des populations d'une espèce caractéristique : *Naso brevirostris* (poissons-Acanthuridae). *ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr.*, 38 : 235 p.

33
CAILLART B., FRANCOIS 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 *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau : III. *ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr.*, 30 : 1-44.

34
CAILLART B., MORIZE E., 1986 - La production de la pêcherie de l'atoll en 1985. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau, III. *ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr.*, 30 : 45-71.

35
CAILLART B., MORIZE E., 1987 - La pêche artisanale dans l'Archipel des Tuamotu : l'exemple de Tikehau. *Bull. Soc. Et. Océaniques, Papeete*, 241, (20/6) : 38-50.

36
CAILLART B., MORIZE E., 1989 - Potentiel halieutique d'un atoll de l'Archipel des Tuamotu (Polynésie Française) : Méthodologie d'étude. *Symp. "La recherche face à la pêche artisanale"*, Montpellier, juillet 1989, 2 : 193-204.

- 37
- 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.
- 38
- CHARPY L., 1985 - Matière Organique Particulaire et production phytoplanctonique du lagon. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 51-62.
- 39
- CHARPY L., BONNET S., LE BORGNE R., 1986 - Environnement, matière organique particulaire et production phytoplanctonique. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française) : II. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 28 : 81-114.
- 40
- CHARPY-ROUBAUD C.J., 1986 - Le microphytobenthos. I. Biomasse (premiers résultats). *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française) : II. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 28 : 1-51.
- 41
- CHARPY-ROUBAUD C.J., 1986 - Le microphytobenthos. II. Production Primaire (premiers résultats). *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française) : II. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 28 : 52-81.
- 42
- CHARPY-ROUBAUD C.J., 1987 - Comparaison et représentativité des méthodes d'étude de la production primaire benthique. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française) : IV. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 35 : 1-52.
- 43
- FAURE G., LABOUTE P., 1984 - Formations récifales : Définition des unités récifales et distribution des principaux peuplements de Scléracéaires. *In* : L'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française) premiers résultats. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 22 : 108-136.
- 44
- FLORENCE I., 1985 - Introduction à la flore et à la végétation. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau, (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 74-97.
- 45
- HARMELIN-VIVIEN M., 1984 - Distribution quantitative de 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.
- 46
- HARMELIN-VIVIEN M., 1984 - Témoignage : le récif corallien ravagé par des avalanches sous-marines ! Océans, Mars 84 : 18.
- 47
- HARMELIN-VIVIEN M., 1985 - Description des sites de l'excursion du 5ème Congrès International sur les Récifs Coralliens. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 28-50.
- 48
- HARMELIN-VIVIEN M., 1985 - Présentation générale de l'atoll. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 2-27.
- 49
- 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 : 1-48.
- 50
- INTES A., 1984 - L'huître nacrée et perlière en Polynésie Française : Mutation de l'exploitation. *La Pêche Maritime*, 1272 : 160-166.
- 51
- 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.

- 52
- INTES A., ARNAUDIN H., 1987 - Esquisse sédimentologique du lagon (Tikehau, Archipel des Tuamotu). *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française.) ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 35 : 71-100.
- 53
- INTES A., COEROLI M., 1985 - L'huître perlière de Polynésie Française : Bibliographie. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 23 : 1-14.
- 54
- INTES A., LABOUTE P., COEROLI M., 1986 - Le stock naturel de nacre (*Pinctada margaritifera* L.) dans l'atoll de Scilly (Archipel de la Société, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 31 : 39 p.
- 55
- JAMET R., 1985 - Les sols de l'atoll. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau, (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 98-113.
- 56
- LABOUTE P., RICHER DE FORGES B., 1986 - Le volcan sous-marin Mac Donald (Archipel des Australes). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 29 : 31 p.
- 57
- LE BORGNE R., 1985 - Résultats préliminaires sur le zooplancton. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau, (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 73.
- 58
- LE BORGNE R., BONNET S., CHARPY L., 1986 - Le zooplancton. Biomasse, composition élémentaire, respiration, excrétion et production. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française.) : II. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 28 : 115-152.
- 59
- LE BORGNE R., MOLL P., 1986 - Le zooplancton. Note sur la production de *Thalia democratica* [Thaliacés, Salpides]. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française) : II. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 28 : 153-168.
- 60
- LENHARDT X., 1987 - Etude bathymétrique du lagon. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française.) : IV. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 35 : 53-70.
- 61
- 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.
- 62
- MORIZE E., 1985 - La pêche dans le lagon : Etude d'une pêcherie artisanale. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau, (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 64-72.
- 63
- MORIZE E., GALZIN R., HARMELIN-VIVIEN M., ARNAUDIN H., 1990 - Organisation spatiale du peuplement ichthyologique dans le lagon de Tikehau, Polynésie Française. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., sous presse.
- 64
- PEYROT-CLAUSADE M., 1984 - Cryptofaune mobile des formations récifales. *In* : L'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française) premiers résultats. ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 22 : 137-146.
- 65
- POULSEN M., INTES A., MONNET C., 1985 - Observations sur l'avifaune en octobre 84. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 114-124.
- 66
- SODTER F., 1985 - Eléments d'une histoire démographique. *In* : Contribution à l'étude de l'atoll de Tikehau, (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). ORSTOM TAHITI, Notes et Doc. Océanogr., 24 : 125-134.

III. ARCHIVES ET RAPPORTS

67
ARNAUDIN H., GALZIN R., HARMELIN-VIVIEN V., MORIZE E., 1988 - Données brutes de la mission d'octobre-novembre 1987 : Comptage en plongée des poissons et échantillonnage à la roténone. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 88-02.

68
CAILLART B., 1988 - Etude d'une pêcherie artisanale de l'Archipel des Tuamotu (Polynésie Française). Biologie, éthologie et dynamique des populations d'une espèce caractéristique : *Naso brevirostris* (Poisson, Acanthuridae). Thèse Docteur-Ingénieur ENSAR, Rennes : 235 p.

69
CASTRO R., 1989 - Détermination de la biomasse et de la production d'un stock naturel de nacre (*Pinctada margaritifera* L.) de Polynésie Française. Mém. DEA UBO, Brest, juillet 1989.

70
CHARPY L., 1983 - Caractéristiques physiques, chimiques et sestoniques du lagon de Tikehau (Tuamotu) en oct. 82. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 83-6.

71
CHARPY L., 1983 - Sels nutritifs, matière organique particulaire et classes de taille du phytoplancton du lagon de Tikehau en mars 1983. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 83-8.

72
CHARPY L., 1985 - Résultats de la mission TIK011. Production phytoplanctonique et hétérotrophique. Variations de l'ATP et de la Chlorophylle dans les flacons d'incubations. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 85-16.

73
CHARPY L., CHARLAND O., 1986 - Résultats de la mission TIK014. Production phytoplanctonique, MOP et caractéristiques chimiques. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 86-14.

74
CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., 1986 - Résultats de la mission TIK013 (Juillet 85). Productions phytoplanctonique et microphytobenthique. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 86-10.

75
CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., LEMASSON L., OREMPULLER J., SANDSTROM M., 1986 - Résultats de la mission TIK017 (Février-Mars 86). Production phytoplanctonique et microphytobenthique. Flux de sels nutritifs. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 86-13.

76
CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., OREMPULLER J., 1986 - Résultats de la mission TIK016 (Janvier 86). Chimie, biomasse et production de la colonne d'eau et des sédiments. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 86-12.

77
CHARPY L., COUPUT P., 1984 - Résultats de la mission TIK003. Environnement, Matière Organique Particulaire et Production phytoplanctonique du lagon de Tikehau et des eaux océaniques avoisinantes. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 84-7.

78
CHARPY L., CREMOUX J.L., LEMASSON L., TEURI J., 1985 - Résultats de la mission TIK009. Environnement, matière organique particulaire, production phytoplanctonique et hétérotrophique. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 85-14.

79
CHARPY L., DEPIERRE M., TEURI J., 1985 - Résultats de la station côtière de Tikehau entre 1983 et 1984. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 85-10.

80
CHARPY L., MARCHAND J., ROUGERIE F., TEURI J., VIENNEY P.J., WAUTHY B., 1985 - Résultats de la mission TATI du N.O. Coriolis (Tahiti-Tikehau), mars 1984. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 85-09.

81

CHARPY L., MORIZE E., 1984 - Résultats de la mission TIK005. Environnement océanographique de l'atoll de Tikehau ; distribution verticale du phytoplancton. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 84-09.

82

CHARPY L., TEURI J., 1984 - Résultats de la mission TIK004. Matière organique particulaire et classes de taille du phytoplancton. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 84-8.

83

CHARPY L., TEURI J., 1984 - Résultats de la mission TIK006. Environnement, Matière organique particulaire et production phytoplanctonique des eaux de l'atoll de Tikehau. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 84-15.

84

CHARPY L., TEURI J., 1984 - Résultats de la mission TIK007. Environnement, Matière Organique Particulaire et Dissoute, production phytoplanctonique et classes de taille des particules vivantes de l'atoll de Tikehau. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 84-16.

85

CHARPY L., VIENNEY P.J., 1985 - Résultats de la mission TIK010. Production phytoplanctonique et matière organique particulaire du lagon de Tikehau. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 85-15.

86

CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., ARNAUDIN H., 1986 - Résultats de la mission TIK015 (Décembre 85). Chimie, biomasse et production des sédiments. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 86-11.

87

CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., CREMOUX J.L., 1988 - Résultats de la mission TIK022. Production et Calcification Récifale. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 88-04.

88

CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., CREMOUX J.L., OREMPULLER J., 1986 - Résultats de la mission TIK019 (Décembre 86). Production phytoplanctonique et microphytobenthique. Chimie des eaux et des sédiments. Taux de sédimentation. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 87-06.

89

CHEFFORT N., 1985 - Croissance de l'huître perlière : étude de coupes transversales de coquilles. Institut National des Techniques de la Mer de Cherbourg. Stage de fin d'études.

90

CHEFFORT N., 1988 - Les caractéristiques biologiques du stock naturel d'huîtres perlières, (*Pinctada margaritifera*, L. 1758) dans l'atoll de Takapoto (Tuamotu, Polynésie Française). Mém. DEA ENSAR, Rennes, octobre 1988.

91

GALZIN R., MORIZE E., STEIN A., CONTE E., 1989 - Dégradations naturelles et-ou anthropiques en zones côtières intertropicales et répercussions possibles sur l'économie des pêches : le cas des récifs coralliens. Action CORDET, Rapport Antenne EPHE-Museum, 1989 RA 32 : 135 p.

92

INTES A., 1982 - Examen critique de la réglementation concernant la pêche aux huîtres nacrées et perlières en Polynésie Française. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 82-01.

93

INTES A., 1983 - L'huître nacrée et perlière de Polynésie Française : Bibliographie. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 83-01.

94

INTES A., COEROLI M., 1982 - Le stock naturel de nacre (*Pinctada margaritifera* L.) dans l'Archipel de Gambier. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 82-02.

95

LENHARDT X., 1988 - Hydrodynamique des lagons d'atoll et d'île haute en Polynésie Française. Thèse Doctorat Muséum, Paris : 124 p.

96

MORIZE E. COLMET-DAAGE B.P., 1983 - Traitement informatique des données de la pêche artisanale lagonaire. Programme pour HP 9845 et HP 9885. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 83-04.

97

MORIZE E., 1982 - Le stock de nacre (*Pinctada margaritifera* L.) dans l'atoll de Hikueru. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 82-03.

98

MORIZE E., 1983 - Etude de la dynamique des poissons commercialisés du lagon de Tikehau - Premières données - Premiers résultats. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 83-07.

99

MORIZE E., CAILLART B., 1987. Production de la pêcherie de Tikehau pour l'année 1986. ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 87-04.

100

N'DA C., 1989 - Etude de la croissance d'*Epinephelus microdon* (Serranidae) de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu) Polynésie Française. Mém. DEA UBO, Brest, septembre 1989.

101

POISSON F., 1985 - Biologie et dynamique de population de poissons de lagons. Lecture des microstries sur les sagittae de poissons lagonaires. Institut National des Techniques de la Mer de Cherbourg. Stage de fin d'étude.

102

POUPET P., 1989 - Géochimie organique et biogéochimie des sédiments de lagon des atolls de Tikehau et Takapoto. Thèse Doctorat, Université Orléans : 243 p.

103

SECHAN O., 1986 - Environnement et matière organique particulaire. Etude des eaux lagonaires de Tikehau. Mem. MST, ORSTOM TAHITI, Arch. Océanogr., 86-09.

104

TATARATA M., 1987 - Aperçu sur le renouvellement d'eau dans le lagon de Tikehau. Institut National des Techniques de la Mer de Cherbourg. Stage de fin d'études.

IV. COMMUNICATIONS A DES CONGRES

105

CAILLART B., MORIZE E., 1988 - Biology and reproduction strategy of *Naso brevirostris* (Acanthuridae) and relationship with fisheries yield. Workshop on Pacific Inshore Fishery Resource, Noumea, New Caledonia, March 1988 : 10 p.

106

CHARPY L., 1985 - Distribution and composition of particulate organic matter in the lagoon of Tikehau (Tuamotu archipelago, French Polynesia). Proc. 5th Int. Coral Reef Symp., 2 : 72.

107

CHARPY L., 1987 - Phytoplankton production in a Tuamotu Atoll lagoon (French Polynesia). Proc. 16th Pacific. sci. Congr., 1 : 42.

108

CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., 1988 - Phosphorus budget in an atoll lagoon. Proc. 6th Int. Coral Reef Symp., Townsville, Australia, Abstracts : 16.

109

CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., 1989 - Carbon cycle in an atoll lagoon. Congrès Commun Limnologie-Océanographie, Marseille : 66.

110

CHARPY L., CHARPY-ROUBAUD C.J., 1990 - Light and primary production in an atoll lagoon. J. Mar. Biol. Ass., U.K., 69 : 721.

111

CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., 1989 - Nutrient budget of the lagoonal waters of an opened atoll. Colloque "Biologie et Géologie des Récifs Coralliens". I.S.R.S., Meeting, Marseille : 47.

112

CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., CREMOUX J.L. - Nutrient budget of the lagoonal waters in an opened central south Pacific atoll (Tikehau, Tuamotu, French Polynesia). Marine Biology, sous presse.

113

CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., LEMASSON L., 1988 - Benthic and planktonic primary production of an open atoll lagoon (Tikehau, French Polynesia). **Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.**, Townsville, Australia, Abstracts : 17.

114

CHEFFORT N., INTES A., 1989 - Les caractéristiques biologiques du stock naturel d'huîtres perlières (*Pinctada margaritifera*) dans l'atoll de Takapoto. **Journées de la Recherche de Polynésie Française**, 22-24 Novembre 1989, Tahiti.

115

HARMELIN-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, Abstracts : 26.

116

INTES A., 1988 - Méthodes d'évaluation des stocks naturels d'huîtres nacrées et perlières en Polynésie Française. **Workshop on Pac. Inshore Fishery Resource**. CPS, Nouméa, March 1988, BP 66 : 10 p.

117

INTES A., 1988 - Pearl farming responsible of its own death ? **Proc. 6th Int. Symp. Coral Reef**, Townsville, Australia, Abstracts, 198 : 50.

118

INTES A., 1989 - L'huître perlière de Polynésie Française : Croissance, mortalité, production. **ISRS Annual Meeting**, Marseille, 14-19 Décembre 89, Abstracts : 81-82.

119

INTES A., COEROLI M., 1985 - evolution et état des stocks naturels d'huîtres nacrées et perlières (*Pinctada margaritifera* L.) en Polynésie Française. **Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.**, tahiti, March 1985, 2 : 193

120

MORIZE E., 1985 - Etude d'une pêcherie artisanale dans l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). **Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.**, Tahiti, May 1985, 2 : 251.

121

MORIZE E., 1988 - L'atoll de Tikehau : étude de sa pêcherie. **Workshop on Pacific Inshore Fishery Resource**, Noumea, New Caledonia, March 1988 : 13 p.

122

MORIZE E., CAILLART B., 1988 - The use of the length composition data from an artisanal reef fishery of the Tikehau atoll in French Polynesia in fish stock assessment. **Proc. 5th Int. coral Reef Symp.**, Twonsville, Australia, Abstracts, 288 : 72.

123

MORIZE E., CAILLART B., 1989 - Les migrations spatio-temporelles des poissons récifaux du lagon de Tikehau. **ISRS annual meeting**, Marseille, 14-19 Décembre 1989, Abstracts : 101-110.

124

PEYROT-CLAUSADE M., 1987 - Décapodes Brachyours et Anomours (à l'exception des Paguridae) de la faune cavitaire de l'atoll de Tikehau (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). **10ème réunion des carcinologistes**, Concarneau.

125

SARAZIN G., CHARPY-ROUBAUD C., LEMASSON L., 1988 - Early diagenesis of organic matter in the sediments of the central bassin of the Tikehau lagoon-reef (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). **Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.**, Townsville, Australia, Abstracts, 362 : 91.

V. EN PREPARATION

126

CHARPY-ROUBAUD C.J., CHARPY L., SARAZIN G. - Nutrient fluxes from sediments of Tikehau atoll lagoon (French Polynesia), en préparation.

127

INTES A. - Evaluation des stocks d'huîtres perlières (*Pinctada margaritifera* L.) en Polynésie Française.

128

INTES A. - Production de la population d'huîtres perlières (*Pinctada margaritifera*) du lagon de Takapoto (Archipel des Tuamotu, Polynésie Française). *Oceanologica Acta*.

129

INTES A., CHEFFORT N. - La croissance de l'huître perlière (*Pinctada margaritifera* L., Mollusca, Bivalvia) de Polynésie Française. *Aquatic Living Resources*.

130

MORIZE E.. Estimation du potentiel halieutique d'un atoll des Tuamotu à partir de l'étude de sa pêche artisanale. Thèse (en préparation).

VI. OUVRAGES

131

INTES A. - Les peuplements naturels de nacre (*Pinctada margaritifera*). *Atlas de Polynésie Française*.

132

INTES A., 1984 - La gestion du milieu. *In* : Les écosystèmes lagunaires de Polynésie Française. Etat des connaissances. ORSTOM Tahiti/INTES A. eds., 1 : 269-286.

133

INTES A., 1984 - Les écosystèmes lagunaires de Polynésie Française. Etat des connaissances. ORSTOM Tahiti/INTES A. eds., 3 (résumé) : 30 p.

134

INTES A., 1986 - L'huître nacrée et perlière. *In* : *L'Encyclopédie de Polynésie*. Gleizal ed., Papeete, 3 : 52-55.

135

MORIZE E. - La pêche de Tikehau. *Atlas de Polynésie Française*.

Ouvrage collectif

136

Les écosystèmes lagunaires de Polynésie Française. Etat des connaissances. ORSTOM Tahiti/INTES A. eds. 3 Volumes :

1. Contributions
2. Bibliographie
3. Résumé

VII. AUDIOVISUEL

137

LABOUE P., VIGNERON E., INTES A., MORIZE E., ROUGERIE F., WAUTHY B., 1985 - Diaposcopie d'un atoll. Diaporama 35'. ORSTOM Tahiti.

Centre ORSTOM de Tahiti
BP: 529 Papeete

© Copyright 1990

100 000 000 000 000