

The status of the coral reefs and marine resources of French Polynesia

Bernard Salvat

Pat Hutchings

Annie Aubanel

Miri Tatarata

Claude Dauphin

Introduction

French Polynesia in the Pacific

French Polynesia lies in the South Pacific and extends over about 2 500 000 km² of ocean from 134°28' W (Temoe) to 154°40' W (Manuae or Scilly) and from 7°50' S (Moto One) to 27°36' S (Rapa) (Figure 1). Emergent lands total 3430 km², with about 12 800 km² of reef formation totalling more than 2000 km in length (Gabrié, 1998) and there is about 7000 km² of lagoon (Wells, 1988), giving a land to sea ratio of 0.16%. In addition the region is surrounded by an Exclusive Economic Zone (EEZ) of 5 500 000 km². Tahiti the largest, highest island in French Polynesia (1042 km², 2241 m) is in the middle of the South Pacific, 6100 km from Sydney, 8000 km from Santiago, Chile and 6400 km from Los Angeles and 9500 km from Tokyo. French Polynesia is part of the Polynesian Province which covers 8733 km² of land and 13 200 000 km² of sea (Wauthy, 1986), giving a land to sea ratio of 0.066%. Polynesia together with Micronesia and Melanesia constitutes Oceania. All these areas while characterised by numerous small islands, have very small land masses compared to their surrounding waters (Bleakely, 1995) which are of great significance to the people of Oceania both in terms of culture and economy. The marine environments of French Polynesia are probably the best studied of this Province.

Five archipelagoes

French Polynesia consists of 118 islands of which 84 are atolls (Table 1), most of the remainder are high volcanic islands, many of which are mountainous with inaccessible interiors. Most of the land is on high volcanic islands (Table 2). The islands form five archipelagoes (Society, Tuamotu, Gambier, Marquesas and Austral) and each one is situated along a south east to north west axis. This is related to their origin from a hot spot on the sea floor towards the north west, and so the age of the islands increases from the south east to the north west (Figure 2). The exception is the Tuamotu Archipelago, where most of the islands are atolls formed by the subsidence of high volcanic islands on a plateau formed on the East Pacific ridge and which is still separating. A classification of the islands based upon geomorpho-

(Service Plan et Aménagement, Papeete, 1988)

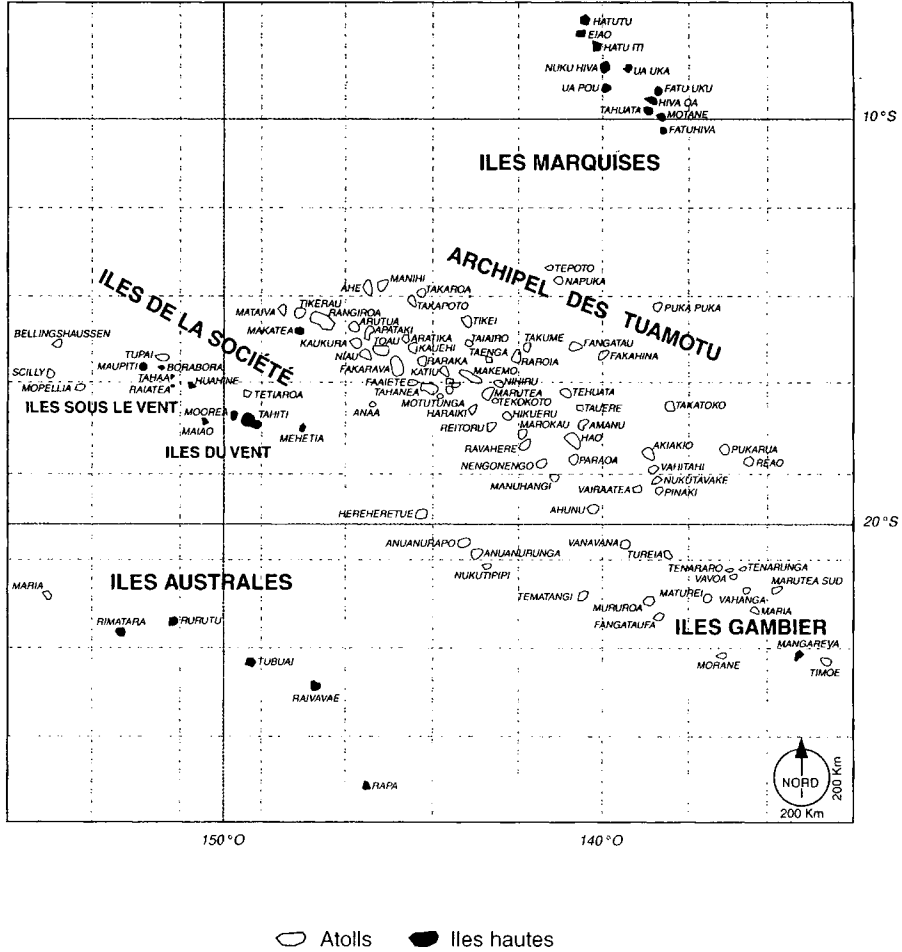


Figure 1
Map of French Polynesia, 34 high volcanic islands and 84 atolls.

Archipelagoes	High volcanic islands	Atolls	Total
Society	9	5	14
Tuamotu	0	76	76
Gambier	8	1	9
Austral	6	1	7
Marquesas	11	1	12
Moyenne	34	84	118

Table 1
Distribution of high volcanic islands and atolls
in different French Polynesian archipelagoes.

gical characteristics is given by Salvat (1985). The islands vary greatly in size with Rangiroa the largest 1800 km² and some of the smallest being only 2 km². Additional information is given by Wells (1988), Gabrié and Salvat (1985) and Rougerie and Rancher (1994) together with any relevant references to the geomorphology, fauna and flora and the Polynesian south ocean features and circulation. Main average climatic data are in Table 3.

Islands	Area (km ²)	Maximum altitude (m)
SOCIETY	1 042	2 241
Tahiti	194	1 017
Raiatea	136	
Moorea	88	1 207
Tahaa	73	590
Huahine	30	669
Bora Bora	14	727
Maupiti	10	380
Maiao	2.3	154
Mehetia		435
AUSTRAL		
Tubuai	48	422
Rapa	40	650
Rurutu	29	389
Raevavae	16	437
Rimatara		106
Marotiri		80
MARQUESAS		
Nuku Hiva	330	1 208
Hiva Oa	320	1 190
Ua Pou	105	1 252
Fatu Hiva	80	960
Ua Huka	77	854
Eiao	52	577
Tahuata	50	1 050
Hatutu	18	420
Motane	15	520
Fatu Huku	1	359
Motu Iti		
GAMBIER		
Mangareva	14	441
Taravai	5.3	256
Aukena	1.5	198
Akamaru	2	246
Agakauitai	0.7	139
Kamaka	0.5	176
Makaroa	0.2	50
Manui	0.1	54

Table 2
Areas and altitudes of French Polynesian high volcanic islands.

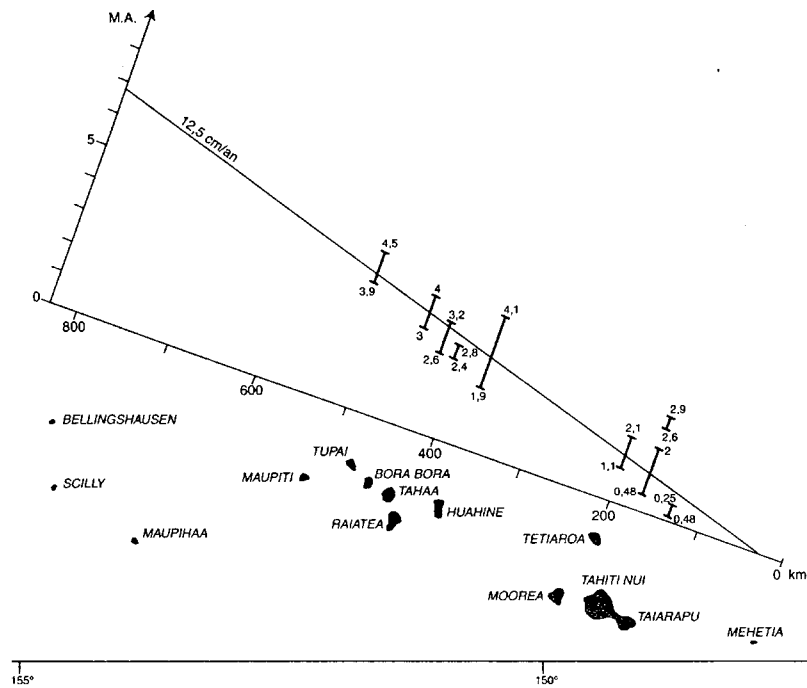


Figure 2
Age of French Polynesian islands in different archipelagoes. Society islands are given as an exemple (from Brousse, 1985).

		Marquesas	Tuamotu / Gambier	Society	Austral
Average monthly air temp. extremes (°C)		25 - 27	23 - 28	24 - 28	20 - 26
Annual pluviometry	height (m)	0.7 - 1.5	1.2 - 2.5	1.5 - 3	1.5 - 2.5
	n° days > 0.1 mm	120 - 200	190 - 230	150 - 250	160 - 180
	n° days > 10 mm	30 - 35	35 - 45	50 - 100	45 - 55
	Storms (n° days/yr)	0 - 5	10 - 20	20 - 30	10 - 15
Insolation (n° hours)		2400 - 2900	2800 / 2900	2600 / 2700	2100 / 2300

Table 3
Average annual climatic characteristics of French Polynesia.

Population

The population of French Polynesia was estimated as of 1996 - last census (ITSTAT, 1999) - to be about 220,000, which is however not evenly distributed. Of the 118 islands only 76 are inhabited and of these Tahiti and Moorea in the Society Islands have 75% of the entire population. In fact, 34% of the entire population of the Territory lives in the large urban zone of Papeete, in an area about 100 km² representing about 3% of the total land mass of the entire Territory. Evolution of population has been variable

since a decade in the different archipelagoes with a total increase of about 16% (Table 4). The current rate of population increase is 1.9% annually and 43% of the population is under 20 years of age. Basically the entire population of French Polynesia lives along the narrow coastal fringes of the atolls and the high volcanic islands. So while the population of French Polynesia has always traditionally used the coastal resources, with increasing urbanisation and population increases over the past 20-30 years, these uses have increased and with it impacts on the marine environment. A similar pattern is occurring throughout the South Pacific as people move to towns in search of employment.

Archipelago	Population 1996	Evolution 1988 - 1996 (%)
Society ("îles du vent")	162 686	+ 15.0
Society ("îles sous-le-vent")	26 838	+ 20.7
Tuamotu	14 283	+ 21.5
Gambier	1 087	+ 75.3
Austral	6 563	+ 0.8
Marquesas	8 064	+ 9.6
Total	219 521	+ 16.3

Table 4
Evolution of the population in different French Polynesian archipelagoes between 1988 and 1996.

Politically

French Polynesia became a French colony in 1840, and was declared a French overseas Territory in July 1972, with New Caledonia, and Wallis and Futuna, with Papeete as the capital. The Statute for Self Government was enacted in September 1984, and granted the Territory of French Polynesia complete responsibility for its environmental protection policy. For more details see Fontaine (1993) and Hutchings *et al.* (1994). The Territory is working towards more autonomy and becoming more responsible for international matters.

The French Polynesian government is composed of several departments which have some responsibility for the marine environment and associated resources: including Seas (with a Marine Resources Office), Urban affairs, Tourism and Environment (with an Environmental Delegation).

Bora Bora has been awarded in 2000 the "Blue Flag" by a European Foundation recognizing the efforts made in improving the quality of coastal waters.

In the context of the International Coral Reef Initiative (ICRI) whose secretariat for 1999-2000 is French, France has launched the French Coral Reef Initiative (Ifrecor) with local committees established in each French overseas department or territory. These local committees work together with politicians, representatives of ministries, scientists, managers and tourism operators (public and private) to develop strategies for the sustainable use of the coral reef ecosystem.

Economic Policy

A development contract has been negotiated which has maintained the flow of funds from France since the end of nuclear testing in 1996 which had provided a lot of economic support to the Territory from France. This should allow the Territory to become more independent. Currently French

Polynesia exports some products. The most important one being the black pearls from the cultivation of the bivalve *Pinctada margaritifera*: about 200 millions US\$, 97 % of total exports representing more than 6 tons. The next most valuable exports are coconut oil and nacreous shell. Imports include 24% of professional hard goods, 18% agricultural products and food and 18% expendable goods.

Tourism represented 7% of the GDP for the Territory in 1998 and employs about 10% of the local working population. While 200 000 people visited the Territory in 1999, it is predicted that 350 000 will visit by 2005. The majority of tourists participate in lagoonal based activities, and most hotels are in Tahiti, Moorea and Bora Bora, with 3500 beds available at the end of 1999.

Coral reefs and their resources

As already mentioned the coral reefs are important economically. Fisheries associated with coral reefs provide food for local consumption and for export within the region, and are developed on more than 75 of the inhabited atolls. In addition tuna are caught offshore for both the local market and for export. In addition there is a well developed black pearl industry and tourism.

Previous status reports on French Polynesian coral reefs have been published by Hutchings *et al.* (1994) and Payri and Bourdelin (1998).

Coral reefs (benthos and fish)

Geomorphology diversity

Fringing coral reefs, variously developed lagoons and an outer barrier reef are present in almost all of the 118 islands of French Polynesia with exceptions being found in the Marquesas islands, Mehetia a recent Society island and Rapa in the Austral archipelago. The scientific importance of French Polynesia is the high geomorphological diversity present within the region, and some of the atolls are often used to illustrate atoll reef formation. In addition the narrow width of the reefal system between the outer slope and the land often less than 1 km, typically around the high volcanic islands, provides unique opportunities for research and they have been the focus of several global reef research programmes. Interesting biological questions can be asked using some of the diverse geomorphological features present in French Polynesia. An example of this, is the Franco-Australian expedition to Taiaro Atoll (Man and Biosphere Reserve) in the Tuamotu group in 1994, which investigated whether the fish populations in this slightly uplifted atoll which is hypersaline were self sustaining despite being in limited contact with the ocean as there are no permanent or regular connections with it. While the lagoon contained a few oceanic species of zooplankton, confirming its general isolation, some species of fish may depend upon infrequent colonisation from the ocean during storm conditions (Galzin *et al.*, 1998).

Knowledge of French Polynesian reefs

As a large number of marine studies which have been conducted, many reefs are well known. The most studied is the Tiahura transect, north west of Moorea with more than 300 papers published since 30 years. Not all the islands have been visited by scientists, and Salvat (1982) estimates that around

70 islands have been visited by scientists from the Antenne du Muséum national d'histoire naturelle et de L'École pratique des hautes études (Antenne Museum-EPHE) based in Moorea (at the moment Centre de recherches insulaires et observatoire de l'environnement - École pratique des hautes études, Criobe), since it was established in 1971 and publications have appeared on about 30 of these. However it should be stressed that most information is available on the reefs of Moorea and Takapoto on which was launched in 1971, a research project within the Man and Biosphere programme of Unesco. In addition the reefs of Tahiti, and the atolls of Mataiva and Tikehau, are well studied for a variety of reasons. Tahiti with many reports (grey literature) on the impact of developments in the coastal zone. Many studies were undertaken in Mataiva (Delesalle, 1985) when proposals to mine phosphate in the lagoon were developed, however this mining has not occurred. ORSTOM undertook a research programme on Tikehau (Intes, 1994). Mururoa and Fangataufa atolls have been extensively studied as a result of the nuclear testing which was carried out on these atolls from 1966 to 1974 - atmospheric tests - and from 1975 to 1996 - underground tests- (Gout *et al.*, 1997). More recently a research programme was launched by IRD, previously Orstom, named "Typtatoll" the objective being a multidisciplinary study of a dozen atolls and determine their structure and function, and then to use this data to develop a classification of French Polynesian atolls (Dufour and Harmelin Vivien, 1997). The least known areas in the Territory are the Gambier, Marquesas and the Austral Archipelagos (Gabrié, 1998) and it is these groups which contain most of the 50 odd islands, the reefs of which have never been investigated.

Environmental studies of coral reefs by the French Polynesian government and research institutions began in the 1970's (Aubanel et Salvat, 1990). A bibliography of theses and dissertations carried out in the South Pacific has been collated by Angleviel *et al.* (1991), and those dealing specifically with French Polynesia are given by Salvat (1991) and after that by "OFAI", the newsletter of the Criobe Research Centre, Opunohu Bay, Moorea.

Distribution of coral reefs communities and their characteristics

The low diversity of the major reefal organisms such as corals, molluscs, sponges, echinoderms and macroalgae present in Moorea is characteristic of French Polynesian reefs and is strongly correlated with regional diversity (Caley and Schuler, 1997). A total of 1159 species of molluscs, 346 of algae, 168 of corals and 30 echinoderms have been recorded from French Polynesia. This represents a low diversity area of the Pacific Province (Richard, 1985), these figures have been updated by Gabrié (1998) who lists about 1500 species of molluscs, 170 corals representing 30 genera and 800 of fish as being present. In comparison, the Great Barrier Reef,

(http://www.wcmc.org.uk/protected_areas/data/wh/gbrmp.html) has 350 species of corals (representing 110 genera), 4000 species of molluscs and over 1500 species of fish (Veron, 1993:). Two main reasons are suggested for these differences, the distance from the 'colonisation source' which is located in the maximum diversity area defined by the Ryukyu Islands, Indonesia and New Guinea (Rosen, 1984). The distance is too great for larval dispersal (Scheltema, 1986), although Salvat (1967) noted that most of the molluscs present in French Polynesia also occur in the Western Pacific and have larvae that are adapted for long distance dispersal. The second reason suggested is the small size of the coral reef ecosystem in French Polynesia, the equilibrium between rates of immigration and extinction is low with relatively few species being present (MacArthur and Wilson, 1967). In general, immigration is generally higher on a large island than on a small island, and generally small areas provide fewer different habitats compared to larger land masses. A characteristic of the reefal communities is the low levels of endemism present within the Territory, although there are differences between the

Archipelagoes with the highest rates of endemism, being recorded in the Marquesas and the Gambier Archipelagoes (Gabrié, 1998). Diversity of hard coral genus is variable according to archipelago (Table 5)

The coral families Acroporidae (*Acropora*, *Montipora*), Faviidae (*Favia*, *Leptastrea*) and Agariciidae (*Pavona*, *Leptoseris*) are the most diverse in terms of number of species present. In high volcanic lagoons, the genera *Porites*, *Acropora*, *Psammocora* and *Synarea* are dominant, whereas in the lagoons of atolls only *Porites* and *Acropora* dominate. In very closed lagoons *Acropora* dominates.

Genres	Soci�t�	Gambier	Tuamotu	Tubuai	Rapa	Marqueses
<i>Stylophoa</i>	•	•	•			
<i>Stylocoeniella</i>	•		•		•	
<i>Pocillopora</i>	•	•	•	•	•	•
<i>Favites</i>	•		•	•	•	
<i>Favia</i>	•	•	•	•	•	
<i>Cyphastrea</i>	•	•	•	•	•	
<i>Plesiastrea</i>			•			
<i>Leptastrea</i>	•	•	•	•	•	
<i>Platygyra</i>	•	•	•	•	•	
<i>Leptoria</i>		•		•	•	
<i>Hydnophora</i>				•		
<i>Montastrea</i>	•	•	•	•	•	
<i>Echinopora</i>	•		•	•		
<i>Goniastrea</i>				•	•	
<i>Culicia</i>	•	•			•	•
<i>Lobophyllia</i>	•	•	•	•	•	
<i>Acanthastrea</i>	•	•	•	•	•	
<i>Parascolymia</i>				•	•	
<i>Echinophyllia</i>	•	•	•	•	•	
<i>Mycedium</i>	•	•				
<i>Pavona</i>	•	•	•	•	•	•
<i>Pseudocolumnastrea</i>	•		•	•	•	•
<i>Gardineroseris</i>	•		•		•	
<i>Leptoseris</i>	•		•	•	•	•
<i>Pachyseris</i>	•		•			
<i>Psammocora</i>	•	•	•	•	•	•
<i>Plesioseris</i>	•					
<i>Coscinarea</i>	•	•	•	•	•	
<i>Cycloseris</i>			•			
<i>Fungia</i>	•	•	•	•	•	•
<i>Herpolitha</i>	•	•	•	•	•	
<i>Halomitra</i>	•	•	•			
<i>Parahalomitra</i>	•					
<i>Porites</i>	•	•	•	•	•	•
<i>Synarea</i>	•		•			•
<i>Napopora</i>	•					•
<i>Alveopora</i>		•		•	•	
<i>Montipora</i>	•	•	•	•	•	•
<i>Astreopora</i>	•	•	•	•	•	
<i>Acropora</i>	•	•	•	•	•	
<i>Galaxea</i>				•		
<i>Tubastrea</i>	•	•	•		•	
<i>Turbinaria</i>				•		
<i>Marulin</i>					•	

Table 5
Genus diversity of hard corals in different French Polynesian archipelagoes (from Faure, 1985).

The outer slope is dominated by *Pocillopora* (usually more than half the number of colonies) and *Acropora* and *Porites*, with the coral cover ranging from 40 to 60 % in healthy conditions at about 15 m depth. More than 90 % cover may occur in the deepest part of the outer slope reef system of atolls down to 90 m, with a *Pachyseris-Leptoseris* community.

The distribution of coral reef communities around the high island of Moorea has recently been studied by Adjeroud (1997), and he found two major gradients, one along the bays and one from the fringing reef to the outer reef slope. Although he identified factors such as depth, sand and algal coverage which have been commonly identified elsewhere, he also noted that the high densities of sea urchins also have had a major affect on the reefs, a factor absent on the Great Barrier Reef in Australia (Done *et al.*, 1991).

The soft bottom benthic infaunal communities have recently been investigated around the island of Tahiti by Frouin and Hutchings (in press) as part of a study to investigate the effects of terrigenous inputs on these communities (Frouin, 2000). Other studies of these types of communities are those by Thomassin *et al.* (1982) on Moorea, and by Salvat and Renaud Mornant (1969) in the atoll lagoon of Mururoa.

Distribution of fish communities

Fish diversity, about 800 species, has been established in French polynesian coral reef ecosystem (Randall, 1985) as well as their community structure and distribution (Galzin, 1987a, Galzin et Legendre, 1988, Legendre *et al.*, 1997) and their abundances up to 2000 kg/hectare (Chauvet et Galzin, 1996). Fish communities temporal variability are much documented at different scales from short ones - day, month, season - (Galzin, 1987b) to longer ones - monitoring programmes since 1982 on different localities, mainly on Tiahura-Moorea - (Augustin *et al.*, 1997). Spatial variability studies concerned inter islands comparaisons between different coral reef systems (atoll or high volcanic lagoons), between different islands and archipelagoes until biogeographic considerations at the Pacific scale (Galzin *et al.*, 1994).

Trophic structures and production studies are also well documented, mainly on Tiahura Moorea and Tikehau (Caillart *et al.*, 1994, - Arias Gonzalez *et al.*, 1997). Fish larvae recruitment investigations and results lead to applied possibilities for enrichment of juveniles in unstocked areas (Dufour et Galzin, 1993 - Dufour *et al.*, 1995). Genetic diversity studies opened new perspectives in biogeography at different spatial scales from islands to archipelagoes and to regions with results to be considered in future management of exploited stocks at subsistence level in relation to marine protected areas (Planes et Galzin, 1998).

Natural disturbances and impacts

Cyclones

Cyclones pose a major threat for French Polynesian reefs even though they occur infrequently as the reef communities appear not to be adapted to such disturbances. The most important cyclones in the last century occurred in 1903-1906 and more recently 1982-1983. During this last period, corresponding to an El Niño event, five cyclones occurred in the region with three affecting the Society Islands.

The impact on the outer reef slope communities of atolls has been considerable with complete destruction of some coral colonies which have then been washed either into the lagoon or down the outer slope (Harmelin-Vivien and Laboute, 1986)

Crown of Thorns

Several outbreaks of the Crown of Thorns starfish *Acanthaster planci* occurred in French Polynesia in the late 1970' and early 1980's (Faure, 1989) in Moorea which reduced the % of live coral cover in shallow water. Recovery of the coral communities from these outbreaks was compounded by cyclone damage in the early 1980's and the occurrence of some abnormally low tides during the day during the period, which was probably related to the abnormal El Niño which occurred at this time (Pirazzoli, 1985). Since then an occasional Crown of Thorns has been seen on the reefs of Moorea, but no additional outbreaks have been reported.

Bleaching

Bleaching occurs when corals lose their symbiotic zooxanthellae and the colonies may then die. Moderate bleaching has been recorded in French Polynesia in 1983, 1984, 1987 and 1993 with severe bleaching occurring in the Society Islands in 1991 (Salvat, 1992) and in 1994 on Moorea (Hoegh-Guldberg and Salvat, 1995) and on the barrier reef in Tahiti (Fagerstrom and Rougerie, 1994), resulting in extensive coral death. All these bleaching events have correlated with high summer sea surface temperatures, Figure 3 (Hoegh-Guldber, 1999). It is estimated that 20% of the bleached corals subsequently died on the outer slopes of Moorea during the 1991 event. Bleaching varied as a function of depth and included a wide variety of species. Species of *Acropora* were most susceptible to bleaching

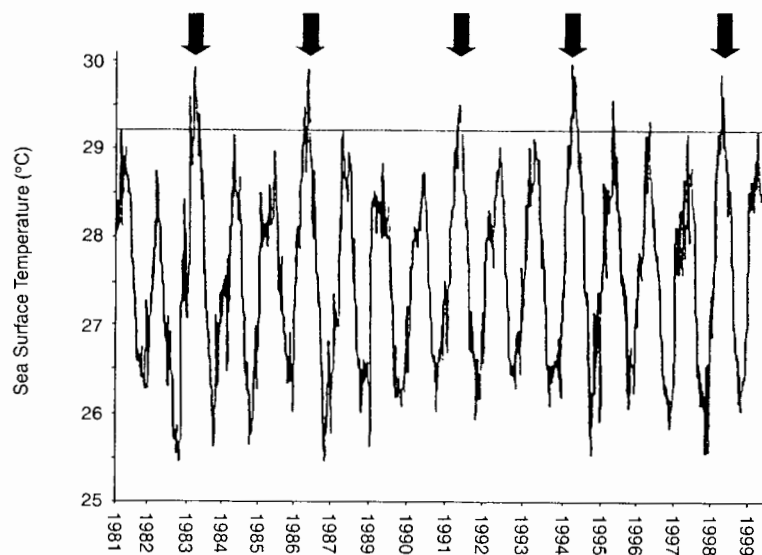


Figure 3
Weekly sea surface temperature data for Tahiti (149.5°W 17.5°S). Arrows indicate bleaching events reported in literature. Horizontal line indicates the minimum temperature above which bleaching events occur (threshold temperature). IGOS-NMC blended data courtesy of the Lamont-Doherty Climate Centre at Columbia University (from Hoegh-Guldberg, 1999).

with over 89-100% of colonies completely bleached and *Porites* spp the least with 12.9-42.5% of all colonies partly bleached. The extent of the 1994 bleaching was similar to that observed in 1991 but most of bleached colonies recovered and mortality was not as high as in 1991. Temperatures recorded during April 1994 were 29.5-30°C, about 1.5°C above that normally expected for this time of the year, and preceded the onset of bleaching by about 2-3 weeks, which is consistent with the hypothesis that thermal anomalies are responsible for these bleaching events. Bleaching also occurred in 1998, but was variable between atolls and within an atoll. Strong bleaching was seen in some areas like Takapoto, where 20% coral cover observed in 1994 was reduced to 12% after the 1998 bleaching. Severe bleaching also occurred on Rangiroa and Manihi with significant mortality (Wilkinson, 1998). Thus the reefs of French Polynesia are being subjected to rising sea temperatures as are most coral reefs worldwide. However the isolation of the reefs from other reefal systems and often with great distances between individual reefs, may mean that coral recruitment may take many years to occur and if the frequency of bleaching events increases, this may jeopardise the recovery of these reefs.

Global change

The effects of potential sea level change of 1 cm per year over a 30 year period, on the high island of Moorea have been discussed by Salvat and Aubanel (1993). Assuming population increases of 1.6 and 3.8%, this would increase the island's population from 8000 to 14 000 or 35 000, by 2020, most of whom would be engaged in the tourist industry. While not actually calculating the loss of land area by rising sealevels the increasing population would increasingly be forced to occupy less area and increasingly form an urbanised community. Although the outer barrier which encircles the island and protects the coastal fringe from wave action during storms would be maintained, the quality of the coral reef communities would deteriorate with increasing human activities in the lagoonal area. While the area occupied by barrier reef would remain similar, the area occupied by the fringing reefs would increase. About 30% of the shore line of Moorea has already been modified by development and with sealevel rises this may increase to up to 70%, as seawalls are constructed to prevent flooding. On atolls a potential sea level increase of 30 cm over a 30 year period would not threaten their existence as the algal front reef would follow this small rise and coral cover on the reef flat would increase. However changes would occur to the fresh water lens of the atoll. This scenario considers only sea level rise but many others factors may compound this scenario. For instance rising sea water temperatures will increase the frequency of cyclones and bleaching events which will threaten the whole coral reef ecosystem (Hoegh Guldberg, 1999). Reefs will not recover in this situation. High volcanic islands will no longer be protected by a healthy and vigorously growing barrier reef and reef front. Atolls will be in a precarious situation.

Anthropogenic activities and impacts

Introduction

Of 118 islands in French Polynesia many are remote, others are uninhabited or have a small population and most are not impacted by human activities. Most anthropogenic impacts occur in Society Islands which are the most developed islands, in terms of infrastructure much of which is related to tourism. In some lagoons atolls fishing is an important activity and may have led to overfishing. At

Mururoa and Fangataufa, nuclear testing took place between 1966 and 1996. Mining of phosphate ceased in 1966 when the operation at Makatea was closed. Sporadic coral sand extraction still continues even though it has been banned for over a decade. The potential for the introduction of marine species needs to be considered. However the most important concern for many of the atolls is the increasing use of atoll lagoons for the cultivation of the black-lipped oyster *Pinctada margaritifera* for black pearls and the impact of this activity on the ecology of these lagoons.

Each of these activities will now be discussed all of which occur almost exclusively in the Society Islands.

Human activities and impacts

Extraction and mining

Coral mining for road building materials occurred in Tahiti, Moorea and occasionally in others Society Islands. This caused major damage to the fringing reefs of these islands (Salvat *et al.*, 1979; Gabrié *et al.*, 1985; Salvat, 1987). Even to day some past dredge areas still have an impact on surrounding reefs in terms of re suspension of fine particles, as well as an aesthetic impact in some areas. While sand mining is now prohibited, occasionally a special exemption is given to allow mining to occur.

Mining for phosphate in Makatea (Tuamotu Archipelago) occurred from 1917 to 1966, and was the most populated island in the group (3000), although now the population is about 40 (Montaggioni, 1985). The plateau-like surface of the island at an average elevation of 70 m is deeply dissected by a karstic system after this extraction, although the fringing reefs all around the islands appear to be "healthy". A proposal to extract phosphate in Mataiva atoll, has been opposed by the local residents.

Fishing

Fishing in French Polynesia consists of subsistence and commercial fisheries, and includes lagoonal species and pelagic tuna. The landings of lagoonal species is about 4000 tons annually, consisting of about 3,500 tons from subsistence fishing, with the remainder sold. Of the fish sold, 100 tons is caught in Rangiroa and Tikehau in the Tuamotu where this commercial fisheries is the sole source of income for many communities. About 2,300 tons of tuna are caught for the domestic market and about 3,300 tons was exported in 1998. Tuna exported are caught mainly by the Koreans in the exclusive economic zone. However there is a great variation in landings between years, in 1991, 4730 t were landed but this dropped to 1700 t in 1992 (Hutchings *et al.*, 1994).

A comprehensive study on the fisheries in Tikehau atoll was carried out by Caillart *et al.* (1994), where a major fishing industry exists with large quantities of fish being exported to Papeete for sale. While over 276 species of fish were collected in the lagoon and outside the atoll on the reef slope, the fishing industry was based on about 14 species, none of which were dominant. About 200 metric tons of fish were caught annually, and an additional 40 metric tons were taken for subsistence with another 40 tons being caught by occasional fishermen for commercial purposes, so that 280 tons was landed in 1993. This equates to an annual harvest of 0.7 tons per km². The fish were caught by bottom fixed fish traps all located in the pass, primarily carnivorous species. While additional species could be caught by diversifying the types of fishing gear employed and fishing elsewhere in the lagoon, Caillart *et al.* (1994) was reluctant to recommend this until a far more detailed study is undertaken, focussing on target species. Little is known as to the source of new recruits to this fishery and how much exchange occurs between atolls in this region.

Black pearl culture

Before and after the time French Polynesia became a French Protectorate in 1842, the mother-of-pearl oysters have been exploited from early 19th century to mid 20th with more than 1000 tons exported some years. Much of this material was made into buttons and jewellery but this industry has declined as plastics have replaced the nacreous lining of the shells.

The culture of black pearls in French Polynesia using the black-lipped oyster *Pinctada margaritifera* is a major industry. The first attempts to culture pearls were made in 1961 in the lagoon of Bora-Bora and by 1972, an export industry had developed, although major expansion of the industry did not occur until around 1983. Currently more than 98% of all black pearls in the world market are cultured in French Polynesia. The production of these pearls has increased over 10 fold during the past 10 years and in 1997 was responsible for 95% of export revenue from the Territory (130 million US\$). In addition, it is the main source of income for over 5000 people in about 600 farms, organised into 100 co-operatives on about 50 islands. While the number of permits given for pearl culture is known (5,137 at the end of 1997), the impact of these large numbers of oysters suspended in lagoons, and how they modify the phytoplankton regimes of these lagoons is poorly understood. Although the development of a model of the phytoplankton communities in the lagoon at Takapoto one of the main pearl growing lagoons by Niquil *et al.* (1998) is the first step in this process. Also the development of extensive racks of oysters, effectively excludes many other activities in the lagoon, as well as removing larvae of other organisms through predation. Currently while there are regulations restricting the transport of oysters from one lagoon to another, and with it the possibility of transfer of pathogens, they are not enforced. Mass mortality of oysters and with it the eutrophication of the lagoon albeit temporary has been reported on several occasions (Gabrié, 1998).

Since the mass mortality of the oysters in Takapoto in 1985, considerable research into the oyster has been undertaken to ensure the long term viability of these commercial operations. The development of an extensive pearl industry within an atoll lagoon, impacts upon lagoonal fisheries, agriculture and perhaps tourism, but it does provide rewarding employment in the atolls and helps to prevent migration of people to the already overcrowded island of Tahiti. The industry has developed a unique grading system for "Tahitian Culture Pearls" and is limiting the production of low quality pearls.

Aquaculture

Aquaculture is important for some products. Four farms in Moorea and Tahiti, raise prawns and produce about 21 to 30 tonnes /ha/yr and this is sufficient for the local market both as fresh and frozen product. It seems unlikely that the acreage available for raising prawns can be increased as more suitable land is not available. A similar amount of land is used for rearing freshwater prawns and again there are few possibilities for expansion, in 1995 about 1 ton/ha/yr was being produced in Tahiti and Moorea.

Some research is being undertaken on raising barramundi, and other tropical fin species. Possibilities of using cages to rear barramundi are being explored around Tahiti, and currently larvae are being reared in earthen ponds. About 30 people are employed in such activities and other aquaculture projects are developing in many Society Islands.

Introduced species

The trochus shell *Trochus niloticus* was introduced from Vanuatu to Tahiti in 1957, and then to many other islands both high islands and atolls throughout French Polynesia. The species now occurs on more than 70 islands. The green snail *Turbo marmoratus* was introduced from Vanuatu in 1967, onto the reefs

of Tahiti and the many atolls. Two factories were established in 1992, for cutting the shells of *Trochus* and *Turbo* for local craft jewellery, most of which is exported. The flesh of these two species is also eaten. It appears that it provides supplementary income for fisherman and outer islands people. However there are still problems with ensuring an adequate supply of these two mollusc species and maintaining their populations.

Some interest has been raised in the feasibility of establishing a beche de mer industry and raising clams- but too date no commercial operations exist.

Nuclear testing

The reefs of Mururoa and Fangataufa atolls have been extensively studied as a result of the nuclear testing which was carried out on these atolls from 1966 to 1974 (atmospheric tests) and from 1974 to 1996 (underground tests), Gout *et al.*, 1997. These atolls were selected in part as they were isolated and it is therefore difficult to compare them with other atolls in the region. The tests have now been concluded, as have the biological studies, which are summarised by Gout *et al.* (1997). As detailed studies were not carried out prior to testing (except surveys of molluscs), it is difficult to really assess the impact these tests have had on the marine communities. Also, our knowledge of coral reefs has increased substantially over the past 30 years, as well as methods by which we investigate reefal processes especially with regard to sampling design, so that the initial studies carried out in the late 1960's seem very basic to us today. Immediate and long term effects on coral reef gastropod assemblages on the reef flat have been studied on Fangataufa atoll after their exposure to atmospheric nuclear tests (Salvat *et al.*, 1995; Lanctot *et al.*, 1997). Results suggest that, even if the densities of several species dropped immediately after the nuclear tests, most species were able to quickly recolonise the perturbed reefs.

Tourism and recreational activities

Hotel construction often impacts on the coastal zone, for example bungalows built on wharfs which extend out into the lagoon, or on reclaimed projections into the lagoon. While hotels are required to have their own sewage treatment works, excess water often containing nutrients may be used to water the surrounding gardens. Studies by Wolanski *et al.* (1993) in Moorea, revealed that this water may still reach the lagoon via groundwater, leading to pollutants accumulating in the nearby lagoon. Such problems may be exacerbated on the atolls where there is a narrow fresh water lens from which drinking water is extracted, and polluting this would have serious consequences for all the inhabitants of the atoll, where rainfall is often intermittent.

As tourism is predicted to increase over the next 10 years, careful planning is needed to ensure that the lagoonal coral reef is maintained in a healthy condition. This means minimising impacts of construction and the management of drinking water and the disposal of wastes. Certainly on the atolls, where the local population lives at a subsistence level, the construction of a five star resort will have major impacts on both the terrestrial and marine environments, as well as increasing air traffic, and the need for importing water and food. Ecotourism is developing in atolls such as Rangiroa as well as on many Society Islands. Tourism includes both French Polynesians and international tourists.

Some recreational activities impact on reefs, such as reef walking on fringing reefs and damage to coral colonies by snorkellers and divers with their fins. The collection of shells and pieces of corals as souvenirs commonly occurs. Public education and awareness programs are needed to minimise these impacts.

General impacts

Human impacts on the reefs of French Polynesia is primarily a problem in the Society Islands and some atolls where development has occurred.

A recent survey of coral reefs in French Polynesia (Gabrié, 1998) reports that 20 % of fringing reefs in urban areas of Tahiti which would be primarily around Papeete have been destroyed but this is only one seventh of the entire coastline of the large island. The quality of reefs around the Tahiti varies considerably from healthy to considerably damaged reefs. In Moorea, reef quality has declined over the past 25 years on both the fringing and barrier reefs. On the Leeward Islands, at least 6 % of the fringing reef has been totally destroyed, and 7-11 % of coral reefs have been damaged by coral extraction and reclamation operations. In Bora-Bora, 44 % of the reef is intact, with 56 % threatened to damaged and 75 % of the fringing reefs moderately to severely disturbed. However for most reefs such figures are not available, although one would presume that on many islands the reefs are intact except where damage from cyclones, bleaching or Crown of Thorns has occurred, from which they are expected to recover albeit slowly.

Modification of the shoreline

Extensive modification of the coastline has occurred in the urban areas of Tahiti and Moorea and often in areas where resorts are located. From the 1950s onwards a lot of dredging occurred around Tahiti and Moorea, for projects such as the construction of the harbour and the airport, however in 1984 such dredging was banned. Nevertheless dredging and filling still occurs and with the high cost of taking material from the mountains (with other environmental impacts) it may continue to occur. Up to now, no rehabilitation of these dredged areas on fringing reefs has occurred and often such areas are then reclaimed. A recent study (Aubanel *et al.*, 1999) on the extent of shoreline modification in the Society islands has shown that almost 50 % has been modified by human activities (Figure 4).

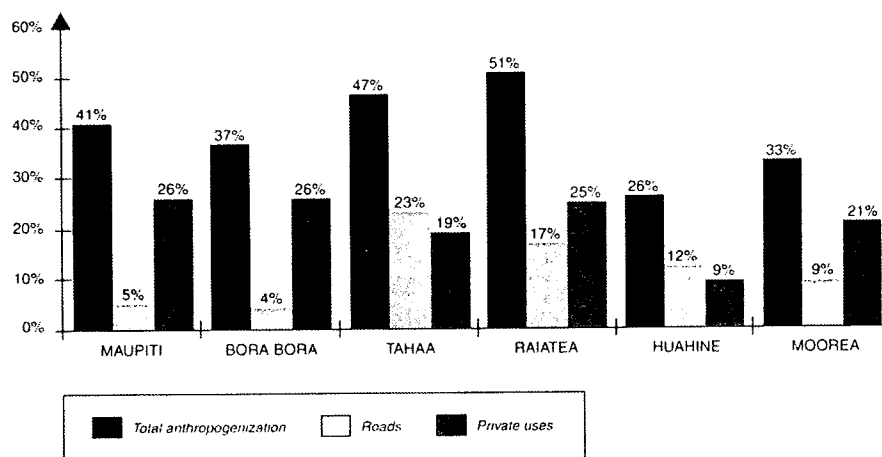


Figure 4

Total anthropogenic shore line (percentages) with details related to roads and private uses in high islands of the Society archipelago (from Aubanel and Salvat, 1999).

Far less modification has occurred in the atolls, except perhaps for construction of airport runways which are present on many atolls but in most cases this has not impacted on the coral reef ecosystem.

Land run off and sedimentation

Extensive land run off occurs from the high islands of Tahiti and Moorea during the rainy season and Demougeot (1989) has estimated that about 1000 tons of sediment are washed into the lagoon of Tahiti annually. Frouin (2000) has shown that this sediment is transported across Tahiti lagoon and some even reaches the barrier reef. Although developers are increasingly clearing steep hill sides on the high islands of Tahiti and Moorea, for residential and agricultural purposes, there appears to be little action taken to minimise soil erosion as the vegetation is cleared and after heavy rains, plumes of water loaded with sediment can be seen flowing across the reef. Such sediment impacts both on the coral communities and on soft bottom communities.

The sediment may also contain pesticides and fertilisers. Levels of pesticides in lagoonal waters have been measured several times around Tahiti and levels vary both in the sediments, water column and in sessile organisms such as mussels around the island (see Hutchings *et al.*, 1994, for details).

The study of sediment cores in the lagoon harbour of Papeete, Tahiti, provides a history of the past 150 years (Harris, 1998): a decrease in autochthonous carbonate sediments and an increase in allochthonous clays and silts derived from terrestrial sources, eutrophication since the 1960's with increases in organic carbon, nitrogen and phosphorus levels by a factor of 10 to 20, and an increase in geochemical tracers (heavy metals, hydrocarbons and PCB) related to anthropogenic sources. This study was undertaken in the most polluted area of French Polynesia, the urban centre and the harbour of Papeete.

While land run-off is almost non-existent in the atolls, lagoons which are poorly flushed, all run-off from terrestrial activities (including rubbish tips), should be carefully controlled to prevent modifying the lagoonal water chemistry and with it the potential for the development of dangerous algal blooms.

Algal blooms and eutrophication

Blooms of the toxic benthic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* have been recorded periodically in several localities in French Polynesia but mainly on the inshore reefs in the Gambier Islands (Bagnis *et al.*, 1990). It is suggested that the occurrence of blooms in various parts of the Archipelago can be correlated with several natural disturbances (eg. cyclones, high coral mortality) and man-made disturbances such as the construction of the airport, that damaged the inshore reefs from 1965 to 1974 and an increase in the % of dead coral. The toxins of this dinoflagellate are absorbed into the flesh of herbivorous fish as they feed on these dinoflagellates, and if eaten by humans cause ciguatera. The decline in levels of the dinoflagellate since 1980 appears to be related to an increasing cover of live coral on these reefs.

Sewage

Disposal of sewage in French Polynesia varies from individual septic tanks to private sewage treatment works which may be used by large apartment blocks or hotels, or disposing untreated sewage into the lagoon or creek. Currently there are no large scale sewage treatment works in any urban area, although there are plans for building one in Papeete, these have not yet eventuated. Collecting and treatment of sewage occurs in part of Bora Bora where most hotels are located. This system is being extended to cover the entire island.

In addition to human health concerns as already mentioned, water quality of creeks and groundwater entering the lagoons impacts on the coral reef communities. For example, increased rates of nutrients in the water column around the airport at Faaa, Tahiti has allowed high levels of algal cover on the reefs to develop, which encourages high populations of sea urchins, which feed on the algae by scraping dead coral reef substrates which are covered by the algae. Previously, levels of populations of the sea urchins were controlled by fish predation, but widespread overfishing in the area has allowed large populations of urchins to develop. Extensive grazing by the sea urchins prevents any new coral recruits from settling and so the reef is being eroded at much higher rates than it is growing. Net rates of loss by grazing are estimated at $6.87 \pm 2.16 \text{ kg/m}^3/\text{y}$ for this site (Pari *et al.*, 1998). On other reefs studied in the region not subjected to eutrophication, net rates varied from $0.89 \pm 1.24 \text{ kg/sq.m/y}$ to $0.33 \pm 0.20 \text{ kg /s.m/ yr}$.

Coral reef protected areas and coastal zone management

Marine nature reserves have been declared (1971) in the Scilly and Bellinghausen atolls which are both uninhabited. Taiaro Atoll, in the Tuamotu archipelago, a closed atoll and privately owned was declared a Biosphere Reserve in 1977 (Man and Biosphere, Unesco). Another reserve is the islet of Motu One, a sand cay with a surrounding coral platform in the north of the Marquesas. However these reserves represent only about 1% of French Polynesian reefs, and do not adequately cover the diversity of coral reef habitats present in the region. Some areas are projects for protection in relation to tourism activities, these include selected sites on Rangiroa atoll and a marine park on Moorea.

The Taiaro Biosphere Reserve - 2000 ha - no longer conforms to the criteria which have been developed in the Man and Biosphere programme to protect the environment from human activities. This reserve is currently being re structured, together with seven other atolls: Fakarava, Aratika, Raraka, Kauehi, Niau, Toau and Taiaro, the two last being uninhabited. Local communities on inhabited atolls are part of this new reserve project with the definition of core and buffer zones. Management plans are currently being developed for all these atolls.

Scilly atoll (11 300 ha) and Bellinghausen atoll (1240 ha) in the Society archipelago have been territorial reserves since 1992 under the South Pacific Regional Environment Program (SPREP). Since 1996 human activities (pearl culture, fishing and navigation in the lagoon and 100 m off the barrier reef crest of the atoll) have been controlled by the Marine Resources Office but the enforcement is unsatisfactory.

Recognising the importance of coral reefs in French Polynesia the Government is setting up "Management Plans of Marine Areas" (Plan de Gestion de l'Espace Maritime -PGEM). In order to resolve use conflicts, lagoons and reefs will have areas of restricted activities (resource exploitation and space utilisation). The establishment of the PGEM involves negotiations with all stakeholders and consensus being reached on zoning and activities. Two PGEM are currently being developed in Bora Bora and Moorea. On Bora Bora, the first meeting established four committees to deal with fishing, hotels, aquatic activities and collective equipment). The best attended committee were the ones on hotels and aquatic activities, whereas in Moorea, it was the one dealing with fishing. Such committees can provide the mechanism by which local residents can become involved in monitoring using the methods of Reef Check to evaluate the "health" of their reefs.

Monitoring

Many monitoring networks have been established on coral reefs in French Polynesia by the Territory and by the Criobe-Ephe Research centre established in Moorea in 1970.

The « Delegation à l'Environnement », Ministry of Environment, undertakes an annual monitoring program around Tahiti with eight sampling sites. Sites were selected to investigate anthropogenic impacts around the island, to monitor levels of degradation and benthic populations.

The Ministry of Health monitors water quality in the lagoon of five islands (Tahiti, Moorea, Bora Bora, Raiatea and Huahine), at 157 stations and more than 1300 analysis annually. Using European standards only 5.5 % of these stations have polluted water, and this is attributed to lack of sewage treatment. The results are disseminated widely by producing posters in the form of maps showing water quality for each island.

The Marine Resources Office is also undertaking a monitoring program in atolls where pearl culture occurs, collecting data on water temperature and quality, an indicator of the "health" of the black pearl oysters and any events which may impact on the lagoon and the oysters.

The research centre Criobe -EPHE in Moorea is conducting two comprehensive monitoring programmes.

The first one is on Moorea north west, Tiahura sector commenced in 1990, and collects annually quantitative data on the barrier reef and the outer slope. These results on the changes to the coral reef populations and relating them to natural and anthropogenic disturbances over a ten years period have been published (Salvat, 1992; Galzin *et al.*, 1993; Hoegh-Guldberg and Salvat, 1995; Augustin *et al.*, 1997; Augustin, 1998; Augustin *et al.*, 1999). Medium term variation in this sector has been observed and Figure 5 represents the relative abundances of hard coral genus on the fringing reef, the barrier zone and the outer slope between 1979 and 1995. Cyclones, bleaching events and anthropogenic pollution and degradations are responsible for these variations. As example of the monitoring programme launched in 1990 at Tiahura, Figure 6 shows variations on the outer

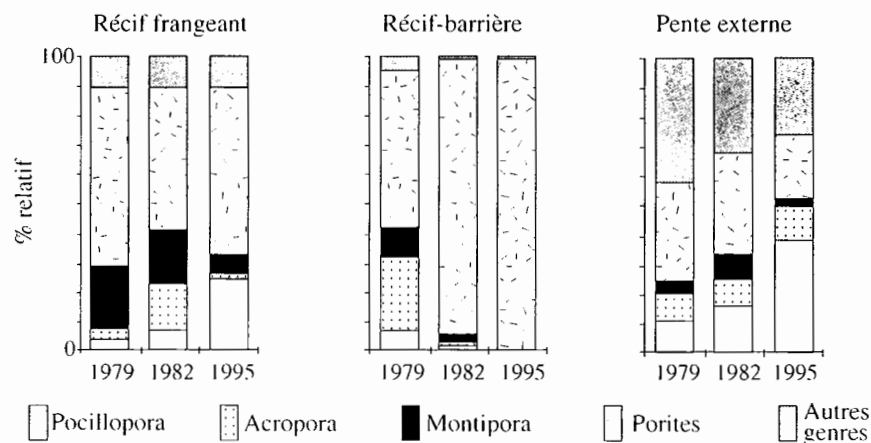


Figure 5
Relative abundance of hard corals in fringing, barrier and outer slope zones in 1979, 1982 and 1996 (from David, 1998).

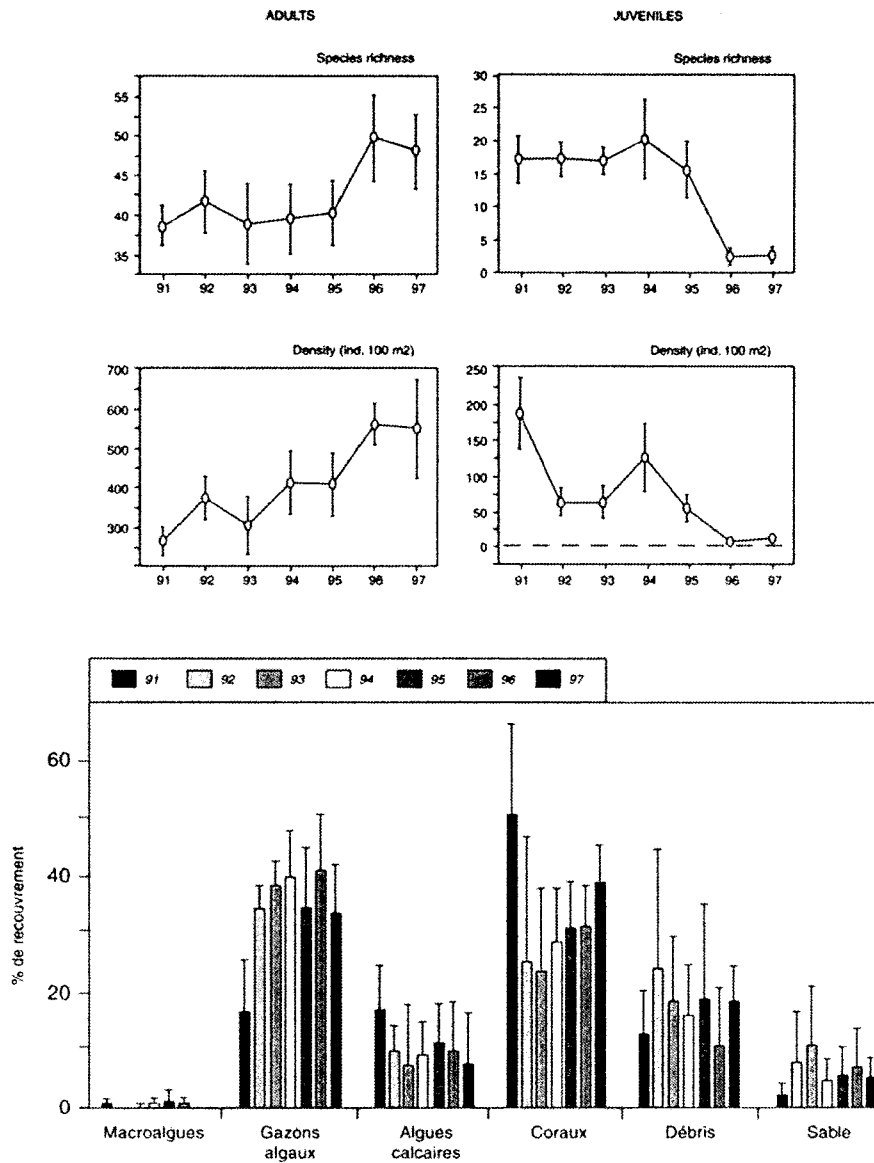


Figure 6
Temporal variability of benthos and fish between 1991 and 1997 on some islands of the outer slope sites of the monitoring network. Temporal variations and causes.

slope from 1991 to 1997 of benthos substrate and fishes. After the bleaching event which occurred just after our prospections in 1991, an important decrease appeared in 1992 and afterwards a slow recovering. Fish populations did not suffer from that coral mortality in 1991 but there was important variations on species richness and density, considering adults or juveniles (recruitment) in the years 1996 and 1997.

The second programme - launched in 1993 - involves a quantitative survey of coral cover on outer slopes of 14 islands which are distributed throughout all the archipelagoes (Society: Tahiti, Moorea, Raiatea, Bora Bora, Tetiaroa - Tuamotu: Mataiva, Tikehau, Rangiroa, Takapoto, Aratika, Nengonengo, Marutea sud - Gambier: Rikitea - Marquesas: Ua Uka - Australs: Tubuai). Prospections are

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Causes of variations
Marutea Sud	-	37 (Aug)	-	-	-49 (May)	-	54 (Sept)	Increase after the 1991 bleaching event
Moorea Entre 2 Baies	16 (March)	25 (May)	-	-	29 (Nov)	33 (Aug)	-	Increase after the 1991 bleaching event
Tahiti Faaa	14 (Oct)	19 (May)	-	31 (Dec)	44 (Dec)	-	37 (April)	Increase after the 1991 bleaching event + new bleaching mortality in 1998
Tetiaroa	47 (June)	45 (May)	-	-	38 (Dec)	-	31 (Jan)	Anthropogenic degradation and (?) bleaching mortality in 1998
Tikehau	-	40 - (June)	-	-	-	4 (Sept)	-	Destructive cyclone VELLI January 1998

Table 6
Coral coverage (percentage) on some islands of the outer slope sites of the monitoring network. Temporal variations and causes.

each 2 or 3 years or more often according to special events. Most of outer slopes are up to now without anthropogenic degradation and results have allowed changes in percent coral cover to be correlated with natural events such as cyclones in 1996, and bleaching in 1991, 1994 and 1998. Table 6 gives examples of the coral coverage variation on some outer slope prospected with causes of variations. These data are transferred to Reef Base at ICLARM in Manila as a contribution to the Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN) of the International Coral Reef Initiative (ICRI).

Government policies, laws and legislation

Since 1984 with the enactment of the statute law of the French Polynesian autonomous Territory, all environmental issues have become the responsibility of the local Government. In 1985 the « Délégation à l'environnement » was formed and is currently responsible to the Minister of Environment. Other Ministers are responsible for seas, land management, research, tourism etc. Currently there are about 15 associations which have formed a federation which are involved with the protection of the environment, this federation plays an important role in decision making processes and the implementation of environmental measures. Increasingly Environmental Impact Assessments are being undertaken, although they are not always taken into account when making final determinations regarding the development.

International conventions which have been ratified by France are applicable to French overseas territories. These include Ramsar on wetlands (1971), World Heritage (1972) although no sites have been nominated in French Polynesia, Cites on endangered species (1973), Bonn on migratory species (which includes birds, turtles and marine mammals) (1979), Rio on biodiversity (1992). There are also regional conventions including ones signed in 1976 in Apia and in 1996 in Noumea, regarding the protection of natural resources in the South Pacific. The South Pacific Regional Environmental Program based in Apia Samoa (SPREP) is assisting all the countries in the region to protect and manage their marine environment resources. While many marine species are already protected in French Polynesia including particular species of molluscs, crustaceans, fish, corals, black coral, turtles and birds, little enforcement of the relevant legislation appears to occur.

Recently an agreement has been signed between France and French Polynesia that will ensure that about 12% of the annual budget of the Territory will be spent on a range of environmental projects. Two of relevance to coral reefs, are programs related to developing a sewage system for domestic and industrial wastes. The European Union will also contribute funds to these projects. Currently, French Polynesian inhabitants do not pay personal income tax, although this may have to change if the Territory wishes to have sufficient funds to protect and manage its environment.

Other positive developments include the development of Management Plans of Marine Areas which should shortly be adopted for Moorea and Bora Bora. These will help the resolution of conflicting activities based on lagoonal reefal resources such as fishing, tourism, diving and boating. Similarly some progress is being made towards improving land use management practises and the disposal of wastes from piggeries leading to improved river quality. Reef restoration schemes have been initiated in Bora Bora (Porcher and Salvat, 1999). A French Polynesian Coastal Conservation Agency has been established which is gradually purchasing littoral areas for protection, however they have been allocated few resources with which to do this. Updating of environmental laws and regulations is occurring and ensuring that they are compatible with French and European legislation and an "Environmental code of Practise" is also being developed.

Building public awareness is also undertaken by many territorial offices and associations through newspapers, radio and TV communications, exhibitions, posters, and conferences. Each year a science festival is held to foster this communication. A foundation (Naturalia Polynesia) on behalf of Criobe-Ephe has published during 5 years (1995-1999) a monthly double page on coral reefs in the two newspapers edited in French Polynesia.

Gaps in monitoring and conservation capacity and conclusions

The monitoring network on Tahiti lagoon benthic populations by the Territory has to be extended at least to other Society Islands where development is occurring rapidly. Surveying lagoon water quality is becoming more and more important not only for food resources but also for the health of the local population and for the development of tourism. Increasingly tourists are demanding information re water quality.

Adequate conservation capacity is existing in French Polynesia but a better coordination between all offices dealing with coral reefs and lagoon resources and activities, along with institutions of research and development will be in favour of more results in conservation and sustainable management. Most of the capacity are existing to realise these objectives. A special committee on French Polynesian coral reefs was set up recently as part of a French Coral Reef Initiative (Ifrecor), itself in the context of the International Coral Reef Initiative (ICRI) and will have in hands the means to progress according in the future with a more important commitment to these issues at the political level in France and in the Territory.

In summary, while there is a considerable amount of information available on the diverse reefal systems present in French Polynesia, and they are probably the best known in the region, relatively little active management of these resources is occurring. Yet the reefs and their resources are critical to the economy of French Polynesia by providing both food and income from black pearl oysters industry and tourism, as well as offshore tuna fisheries and aquaculture production.

With a rapidly increasing population the threats to reefs and their resources are increasing, especially on the developed islands in the Society archipelago. It will be necessary to declare more coral reefs as protected areas under local legislation and using the framework of international conventions (World Heritage and Biosphere Reserves of Unesco, and Ramsar). More active programmes of reef and coastal zone management have to be launched such as the Management Plan of Marine Areas which are being developed in Moorea and Bora Bora. Monitoring programmes by the government have to be undertaken on a regular annual basis and extended to cover all parts of the region.

Enforcement of the existing legislation is necessary. A greater commitment by the government on environmental issues is needed and the implementation of management programmes. Sufficient data exists on which to develop and implement these programmes, but time is running out, especially for reefs associated with centres of population.

Bibliography

- ADJEROUD M., 1997 — Factors influencing spatial patterns on coral reefs around Moorea, French Polynesia. *Marine Ecology Progress Series* 159: 105-119.
- ANGLEVIEL F., CHARLEAUX M., COPPELL W. G., (DOUMENGE J- P ED.), 1991 — Le Pacifique Sud- bibliographie des thèses et mémoires récents. *Collection Iles et Archipels no 13*.
- ARIAS-GONZALEZ J. E., DELESALLE B., SALVAT B., GALZIN R., 1997 — Trophic functioning of the Tiahura reef sector, Moorea Island, French polynesia. *Coral Reefs*, 16 (4): 231-246.
- AUBANEL A., MARQUET N., COLOMBANI J. M., SALVAT B, 1999 — Modifications of the shore line in the Society islands (French Polynesia). *Ocean Coastal Management* 42: 419-438.
- AUBANEL A., SALVAT B., 1990 — French Polynesian government and research institution involvement in coral reef environmental studies during the last 20 years. *Proceedings of the International Society for Reef Studies*, Noumea 9-16.
- AUGUSTIN D., 1998 — Variabilité à long terme des peuplements du récif de Tiahura, Moorea, Polynésie française: 1971-1997. *Thèse École Pratique des Hautes Études et Université Pierre et Marie Curie*, 16 décembre 1998, 146 p.
- AUGUSTIN D. R., GALZIN R., LEGENDRE P., SALVAT B., 1997 — Variation interannuelle des peuplements récifaux du récif barrière de Tiahura (île de Moorea, Polynésie française) *Oceanologica Acta* 5: 743-756.
- AUGUSTIN D. R., RICHARD G., SALVAT B., 1999 — Long-term variation in mollusc assemblages on a coral reef, Moorea, French Polynesia. *Coral Reefs*, 18: 293-296.
- BAGNIS R., INOUE A., PASCAL H., 1990 — Dynamic of the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in Gambier islands (French Polynesia). *Proceedings of the International Society for Reef Studies*, Noumea, 35-40.
- BLEAKELY C., 1995 — *Marine Region 14 South Pacific*. Chapter in Global Representative System of Marine Protected Areas. Volume 4. South Pacific, Northeast Pacific, Northwest Pacific, Southeast Pacific and Australia/New Zealand. eds Graeme Kelleher, Chris Bleakley and Sue Wells. The Great Barrier Reef Marine Park Authority, The World Bank, The World Conservation Union (IUCN), Washington DC.
- BROUSSE R., 1985 — L'âge des îles (in Origine et âge des îles). *Encyclopédie de la Polynésie*, Christian Gleizal, Multipress, Tahiti, 1: 38-40.
- CALEY M. J., SCHULTER D., 1997 — The relationship between local and regional diversity. *Ecology* 78: 70-80.
- CAILLART B., HARMELIN-VIVIEN M., GALZIN R., MORIZE E., 1994 — An atoll of the Tuamotu Archipelago (French Polynesia) part 11. Reef fish communities and fishery yields of Tikehau atoll (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *Atoll Research Bulletin*, 415: 1-36.
- CHAUVET C., GALZIN R., 1996 — The lagoon fisheries of French Polynesia. *Naga, The Iclarm Quartely*, 19 (3): 37-40.

- DELESALLE, B., 1985 —
Mataiva atoll, Tuamotu archipelago.
Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti, 1: 269-322.
- DEMOUGEOT P., 1989 —
Étude préliminaire des conséquences des processus érosifs anthropiques sur les rivières et les lagons et de la mise en place des techniques de lutte dans les îles hautes de Tahiti et Moorea. *DEA, Université Française du Pacifique*. 70 p.
- DONE, T. J., DAYTON P. K., DAYTON A. E., STEGER R., 1991 —
Regional and local variability in recovery of shallow coral communities: Moorea, French Polynesia and central Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 9: 183-192.
- DUFOUR V., PLANES S., DOHERTY P., 1995 —
Les poissons des récifs coralliens.
La Recherche 277: 640-647.
- DUFOUR V., GALZIN R., 1993 —
Colonization patterns of reef fish larvae to the lagoon at Moorea island, French Polynesia.
Marine Ecology Progress Series 102: 143-152.
- DUFOUR P., HARMELIN-VIVIEN M., 1997 —
A research program for a typology of atoll lagoons: strategy and first results. In: Lessios, H.A. (ed.) *Proceedings of the 8th International Coral Reefs Symposium. Panama*. Allen Press, New York, Vol. 1: 843-848.
- FAGERSTROM J. A., ROUGERIE F., 1994 —
Coral Bleaching Event, Society Islands, French Polynesia. *Marine Pollution Bulletin* 29 (1-3): 34-35.
- FAURE G., 1985 —
Les Coraux. *Encyclopédie de la Polynésie, Christian Gleizal, Multipress, Tahiti*, 3: 25-40.
- FAURE G., 1989 —
Degradation of coral reefs at Moorea island (French Polynesia) by *Acanthaster planci*. *Journal of Coastal Research* 5 (1): 295-305.
- FONTAINE Y., 1993 —
French Polynesia. In: *A Directory of Wetlands in Oceania* (Scott, D.A., ed.). pp. 105-128. *International Waterfowl and Wetlands Research Bureau (IWRB)*, Slimbridge, UK.
- FROUIN P., 2000 —
Effects of anthropogenic disturbances of tropical soft-bottom benthic communities. *Marine Ecology Progress Series*: 194: 39-53.
- GABRIÉ C., 1998 —
L'État des récifs coralliens en France outre-mer. Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna, Polynésie française, Clipperton, Guadeloupe, Martinique, Mayotte, La Réunion, Iles Éparses de l'Océan Indien. *Ministère de L'Aménagement du Territoire et de L'Environnement Secrétariat d'état à l'Outre-Mer*. 136 p (English summary also available).
- GABRIÉ C., PORCHER M., MASSON M., 1985 —
Dredging in French Polynesian coral reefs: toward a general policy of resource exploitation and site development. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti*, 4: 271-277.
- GABRIÉ C., SALVAT B., 1985 —
General features of French Polynesian islands their coral reefs. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti*, 1: 1-16
- GALZIN R., 1985 —
Spatial and temporal community structure of coral reef fish in French Polynesia. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti*, 5: 451-456.
- GALZIN R., 1987a —
Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. 2/ Temporal scales. *Marine Ecology Progress Series* 41: 137-145.
- GALZIN R., 1987b —
Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. 1/ Spatial scales. *Marine Ecology Progress Series* 41: 129-136.
- GALZIN R., LEGENDRE P., 1988 —
The fish communities of a coral reef transect. *Pacific Science* 41 (1-4): 158-165.
- GALZIN R., MARFIN J. P., SALVAT B., 1993 —
Long term coral reef monitoring program: heterogeneity of the Tiahura barrier reef (Moorea, French Polynesia). *Galaxea*, 11: 73-91.
- GALZIN R., PLANES S., ADJEROUD M., CHAUVET C., DOHERTY P. J., POUPIN J., 1998 —
Objectives and background to the 1994 Franco-Australian expedition to Taiaro Atoll (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *Coral Reefs* 17: 15-22.
- GALZIN R., PLANES S., DUFOUR V., SALVAT B., 1994 —
Variation in diversity of coral reef fish between French Polynesia atolls. *Coral reefs*, 13 (3): 175- 180.
- GOUT B., BABLET J.- P., GOUTIÈRE G., 1997 —
The atolls of Muroroa and Fangatafu (French Polynesia) 111. The living environment and its evolution. *CEA/DAM Direction des Essais* 305.
- 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

- HARRIS P., 1998 —
Modifications des caractéristiques chimiques du lagon de Papeete liées à l'activité humaine : intérêt des traceurs sédimentaires géochimiques et biogéochimiques dans la reconstitution de l'évolution de l'environnement au cours des 150 dernières années. *Thèse Université Française du Pacifique*, 18 juin 1998, 281.
- HOEGH-GULDBERG O., 1999 —
Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine Freshwater Research*, 50: 839-866.
- HOEGH-GULDBERG O., SALVAT B., 1995 —
Periodic mass-bleaching of outer reef-slope communities, Moorea, French Polynesia. *Marine Ecology Progress Series* 57: 173-186.
- HUTCHINGS P., PAYRI C., GABRIÉ C., 1994 —
The current status of coral reef management in French Polynesia. *Marine Pollution Bulletin* 29: 26-33.
- INTES A., CAILLART B., 1994 —
Tikehau, an atoll of the Tuamotu Archipelago (French Polynesia). *Atoll Research Bulletin*, 415: 1-34.
- ITSTAT, 1999 —
Résultats du recensement général de la population de la Polynésie française du 3 septembre 1996. Premier volume. *Institut Territorial de la statistique de Polynésie française*, 194.
- LANCOT J. L., LEGENDRE P., SALVAT B., 1997 —
How do coral reef gastropods feel about nuclear testing? A long term study of the effects of man-made perturbations. *Oceanologica Acta* 20, 1: 243-257.
- LEGENDRE P., GALZIN R.,
HARME LIN-VIVIEN M., 1997 —
Relating behavior to habitat: solutions to the fourth-corner problem. *Ecology* 78 (2): 547-562.
- MONTAGGIONI L. F., 1985 —
Makatea island, Tuamotu archipelago. In: B. Delesalle, R. Galzin et B. Salvat eds. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti* Vol. 1: 103-158.
- NIQUIL N., JACKSON G. A., LEGENDRE,
DELESALLE B., 1998 —
Inverse model analysis of the planktonic food web of Takapoto Atoll (French Polynesia). *Marine Ecology Progress Series* 165: 17-29.
- PARI N., PEYROT-CLAUSADE M.,
LE CAMPION-ALSUMARD T., HUTCHINGS P.,
CHAZOTTES V., GOLUBIC S., LE CAMPION J.,
FONTAINE M.F., 1998 —
Bioerosion of experimental substrates on high islands and on atoll lagoons (French Polynesia) after two years of exposure. *Marine Ecology Progress Series* 166: 119-130.
- PAYRI C., BOURDELIN F., 1998 —
Status of Coral Reefs in French Polynesia. In *Status of Coral Reefs in the Pacific*, R.W. Grigg and C. Birkeland, eds, Hawaii, 43-57.
- PIRAZZOLI P.A., 1985 —
Leeward islands Maupiti, Tupai, Bora-Bora, Huahine, Society Archipelago. In: B. Delesalle, R. Galzin et B. Salvat eds. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*, 1: 17-72.
- PLANES S., GALZIN R., 1998 —
New perspectives in biogeography of coral reef fish in the Pacific using phylogeography and population genetics approaches. *Vie et Milieu* 47 (4): 375-380.
- PLANES S., LEFEVRE A., LEGENDRE P.,
GALZIN R., 1993 —
Spatio-temporal variability in fish recruitment on a coral reef (Moorea, French Polynesia). *Coral Reefs*, 12(2): 105-113.
- PORCHER M., SALVAT B., 1999 —
A restoration of damaged coastal zone and reef flat in Bora Bora island (Society, French Polynesia). *International Conference Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring and Restoration*, 14-16th April 1999, Fort Lauderdale, Florida, Abstract p. 154.
- RANDALL J., 1985 —
Fishes. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti*, 1: 462-480
- RICHARD G., 1985 —
Fauna and flora: a first compendium of French Polynesian sea-dwellers. In: B. Delesalle, R. Galzin et B. Salvat eds. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti*, 1: 379-520.
- ROSEN B., 1984 —
Reef coral biogeography and climate through the late Cainozoic; just islands in the sun or a critical pattern of islands. In Brenchley (ed). *Fossils and Climate*. John Wiley & Sons. 201-62.
- ROUGERIE F., RANCHER J., 1994 —
The Polynesian South Ocean: Features and Circulation. *Marine Pollution Bulletin* 29 (1-3): 14-25.
- SALVAT B., 1967 —
Importance de la faune malacologique dans les atolls polynésiens. *Cahiers du Pacifique* 11: 7-49.
- SALVAT B., (ed.) (1982 to 1999) —
OFAI, Bulletin de Liaison. *Muséum National d'Histoire Naturelle, Ecole Pratique des Hautes Etudes Antenne de Tahiti. Centre de*

Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement et École Pratique des Hautes Études, Criobe-Ephe.

SALVAT B., 1985 —

An integrated (geomorphological and economical) classification of French Polynesian atolls. In: B. Delesalle, R. Galzin et B. Salvat eds. *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti*, 2: 337.

SALVAT B., 1987 —

Dredging in coral reefs. In: *Human impacts on coral reefs: facts and recommendations*. B. Salvat ed., 165-184.

SALVAT B., (1991) —

Biologie et écologie des récifs et lagons coralliens du Pacifique (1960-1990). *Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco* 74 (1439): 231-266.

SALVAT B., 1992 —

Blanchissement et mortalité des scléactinians sur les récifs de Moorea (Archipel de la Société) en 1991. *Compte rendu de l'Académie des Sciences, Paris*. 314, Série 111: 105-111.

SALVAT B., AUBANEL A., 1993 —

Conséquences d'une élévation du niveau de la mer pour un littoral à récif corallien : le cas d'une Ile haute volcanique, Moorea, Polynésie française. *Séminaire « Elévation du niveau de la mer le long des côtes de France » DRAIE-Ministère de l'environnement 6-7 Décembre 1993*.

SALVAT B., LEGENDRE B., LANCTOT J. L., 1995 —

Atmospheric nuclear tests: immediate and long-term effects on coral reef gastropod assemblages. *International Conference. Long term changes in marine ecosystems*, Arcachon.

SALVAT B., RENAUD-MORNANT J., 1969 —

Étude écologique du macrobenthos et du meiobenthos d'un fond sableux du lagon de Mururoa (Tuamotu Polynésie). *Cahiers du Pacifique* 13: 159-179.

SALVAT B., VERGONZANNE G.,

GALZIN R., RICHARD G., CHEVALIER J. P., RICARD M., RENAUD MORNANT J., 1979 —
Conséquences écologiques des activités d'une zone d'extraction de sable corallien dans le lagon de Moorea (île de la Société, Polynésie française). *Cahiers de l'Indo-Pacifique*, 1 (1): 83-126.

SHELTEMA R. S., 1986 —

Long-distance dispersal of planktonic larvae of shoal-water benthic invertebrates among central Pacific islands. *Bulletin of Marine Science* 39: 241-256.

THOMASSIN B., JOUIN C., RENAUD MORNANT J.,

RICHARD G., SALVAT B., 1982 —
Macrofauna and microfauna in the coral sediments on the Tiahura reef complex, Moorea Island (French Polynesia). *Tethys* 10 (4): 392-397.

MACARTHUR R. H., WILSON E. O., 1967 —

The theory of island biogeography. *Princeton University Press*. Princeton.

VERON J. E., 1993 —

A biogeographic database of hermatypic corals, species of the central Indo-Pacific, genera of the world. *Australian Institute of Marine Science Monograph Series* 9.

WELLS S. M., 1988 —

Coral Reefs of the World. Volume 3. Central and western Pacific. Unep, Nairobi; *International Union for Nature and Natural Resources, Switzerland*.

WOLANSKI E., DELESALLE B.,

DUFOUR V., AUBANEL A., 1993 —
Modelling the fate of pollutants in the Tiahura lagoon, Moorea, French Polynesia. *Proceedings. Eleventh Australian Conference Coastal Oceanography Engineering Townsville*, 2: 583-587.

WILKINSON C. R., (ed) 1998 —

Status of Coral Reefs of the World. Global Coral Reef Monitoring Network, *Australian Institute of Marine Science, Townsville*.

État des récifs et de leurs ressources en Polynésie française*

Bernard Salvat

Pat Hutchings

Annie Aubanel

Miri Tatarata

Claude Dauphin

Introduction

La Polynésie française dans le Pacifique

La Polynésie française se situe dans le Pacifique Sud et occupe environ 2 500 000 km² d'océan du 134°28'ouest (Temoe) au 154°40'ouest (Manuae ou Scilly) et du 7°50'(Motu One) au 27°36'sud (Rapa). De plus, la région est entourée d'une zone exclusive économique (ZEE) de 5 500 000 km². Tahiti, l'île la plus haute et la plus grande de Polynésie française (2241 m ; 1042 km²) est située au milieu du Pacifique Sud à 6100 km de Sydney, à 8000 km de Santiago du Chili à 6400 km de Los Angeles et à 9500 km de Tokyo. La surface totale émergée est de 3430 km² les formations coralliennes représentent une surface de 12 800 km² et un linéaire dépassant 2000 km (Gabrié, 1998), et les lagons une superficie de 7000 km² (Wells, 1998). Le rapport terre-mer est donc de 0,16 %.

La Polynésie française fait partie du triangle polynésien qui couvre 8733 km² de terre et 13 200 000 km² d'océan (Wauthy, 1986), ce qui donne un rapport terre-mer de 0,066 %. Avec la Micronésie et la Mélanésie, la Polynésie constitue l'Océanie. Toutes ces régions caractérisées par d'innombrables petites îles, ont des masses de terre très faibles comparées aux étendues océaniques qui les entourent (Bleakely, 1995) ce que induit une culture et une économie particulières, propres aux peuples d'Océanie. Les environnements marins de la Polynésie française sont probablement les mieux étudiés de ce triangle.

Cinq archipels

La Polynésie française est constituée de 118 îles dont 84 atolls. Les autres sont des îles hautes volcaniques dont la plupart sont montagneuses avec un intérieur inaccessible. Les îles forment cinq archipels (Société, Tuamotu, Gambier, Marquises et Australes) et chacune est située le long d'un axe sud-est à nord-ouest. Cette orientation est liée d'une part à la présence de points chauds qui ont donné naissance aux îles et d'autre part à la dérive des plaques vers le nord-ouest. L'âge des îles augmente donc quand on se déplace du sud-est vers le nord-ouest. L'archipel des Tuamotu est une exception puisque des îles qui le forment sont vestige corallien d'îles volcaniques qui ont pris naissance sur la ride est

* Article paru dans "Status of Coral Reefs 2000 in Southeast and Central Pacific Polynesia Mana Network", pp 171-196. ©Fondation Naturalia Polynesia, Papeete, Tahiti, 2001.

(Service Plan et Aménagement, Papeete, 1988)

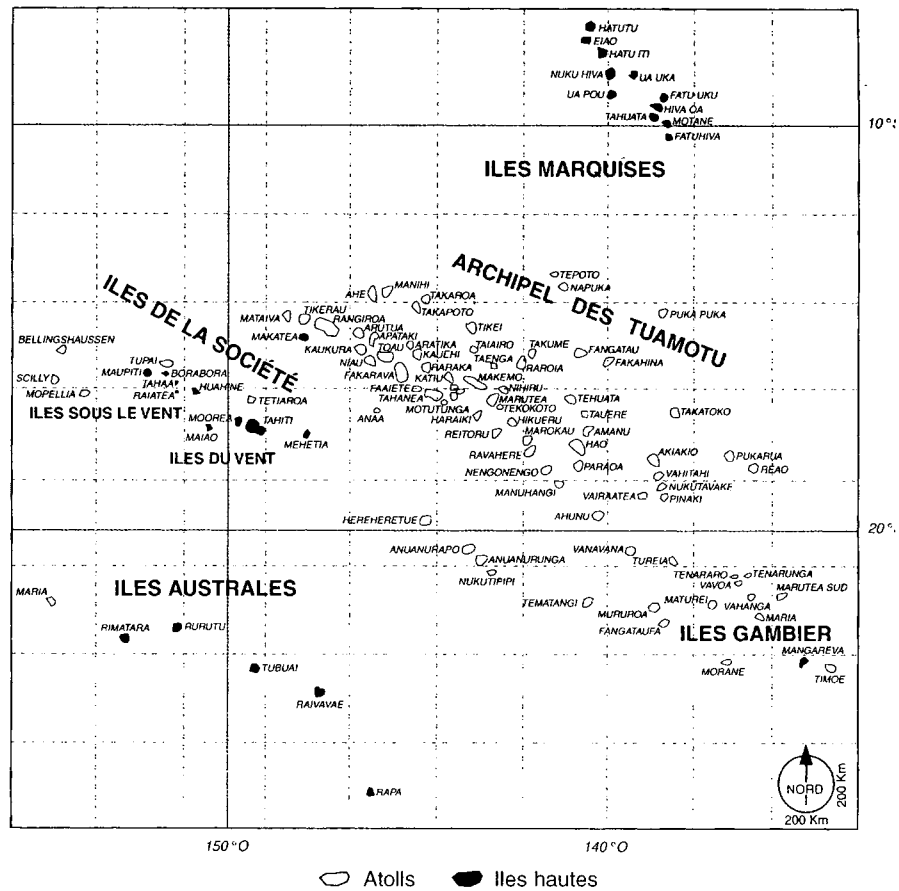


Figure 1
Carte de la Polynésie française, 34 hautes îles volcaniques et 84 atolls.

Archipels	Iles hautes volcaniques	Atolls	Total
Société	9	5	14
Tuamotu	0	76	76
Gambier	8	1	9
Australe	6	1	7
Marquises	11	1	12
Total	34	84	118

Tableau 1
Distribution en nombre des îles hautes volcaniques et atolls.

Iles	Surface (km ²)	Altitude maximum (m)
SOCIETY	1 042	2 241
Tahiti	194	1 017
Raiatea	136	
Moorea	88	1 207
Tahaa	73	590
Huahine	30	669
Bora Bora	14	727
Maupiti	10	380
Maiao	2.3	154
Mehetia		435
AUSTRAL		
Tubuai	48	422
Rapa	40	650
Rurutu	29	389
Raevavae	16	437
Rimatara		106
Marotiri		80
MARQUESAS		
Nuku Hiva	330	1 208
Hiva Oa	320	1 190
Ua Pou	105	1 252
Fatu Hiva	80	960
Ua Huka	77	854
Eiao	52	577
Tahuata	50	1 050
Hatutu	18	420
Motane	15	520
Fatu Huku	1	359
Motu Iti		
GAMBIER		
Mangareva	14	441
Taravai	5.3	256
Aukena	1.5	198
Akamaru	2	246
Agakauitai	0.7	139
Kamaka	0.5	176
Makaroa	0.2	50
Manui	0.1	54

Figure 3
Surfaces et altitudes des différentes îles hautes volcaniques de la Polynésie française.

Pacifique et qui au cours de leur déplacement ver le nord-ouest s'enfoncent inexorablement. Salvat (1985) donne une classification géomorphologique des îles basses. La taille de ces atolls varie énormément entre Rangiroa qui est le plus grand avec 1800 km² et certains qui ne dépassent pas 2 km². De plus amples renseignements sur la morphologie, la faune et la flore, ainsi que la partie polynésienne de l'océan Pacifique et sa circulation sont donnés par Wells (1988), Gabrié et Salvat (1985) et Rougerie et Rancher (1994). Les principales valeurs climatiques moyennes sont données.

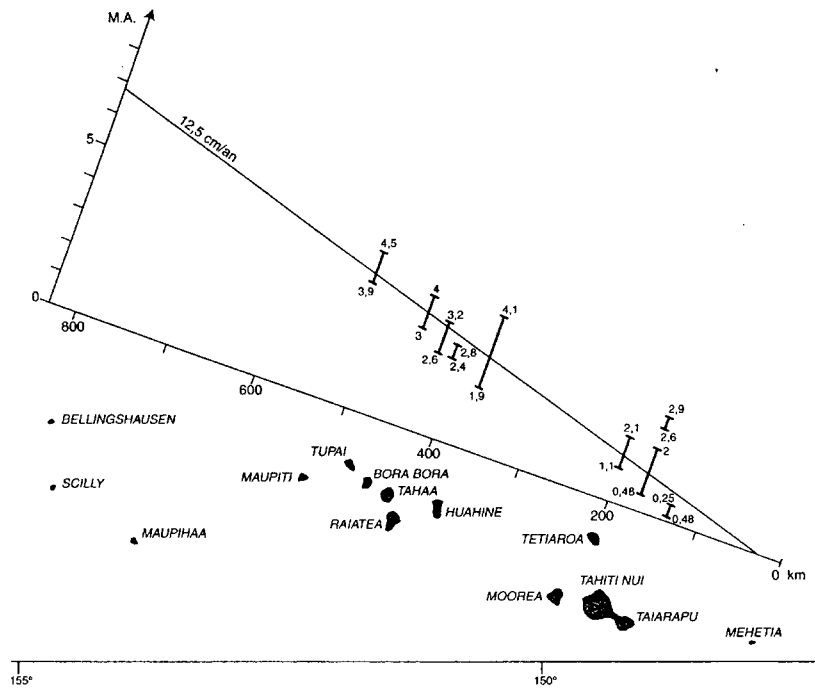


Figure 2
Age des îles dans les différents archipels de Polynésie française. Les îles de l'archipel de la Société sont données à titre d'exemple.

Population

La population de Polynésie française a été estimée à 220 000 âmes lors du recensement de 1996 (ITS-TAT, 1999). Elle se caractérise par un taux de croissance d'environ 2 % par an, par sa jeunesse (45 % a moins de 20 ans) et par une certaine diversité ethnique. La répartition de la population n'est pas uniforme. Des 118 îles, seules 76 sont habitées, et parmi celles-ci Tahiti et Moorea, dans l'archipel de la Société, abritent 75 % de la population. En fait, 34 % de l'ensemble de la population vit dans le zone

		Marquises	Tuamotu / Gambier	Sociétés	Australes
Average monthly air temp. extremes (°C)		25 - 27	23 - 28	24 - 28	20 - 26
Annual pluviometry	height (m)	0.7 - 1.5	1.2 - 2.5	1.5 - 3	1.5 - 2.5
	n° days > 0.1 mm	120 - 200	190 - 230	150 - 250	160 - 180
	n° days > 10 mm	30 - 35	35 - 45	50 - 100	45 - 55
Storms (n° days/yr)		0 - 5	10 - 20	20 - 30	10 - 15
Insolation (n° hours)		2400 - 2900	2800 / 2900	2600 / 2700	2100 / 2300

Tableau 3
Moyenne annuelle des données climatiques caractérisant de la Polynésie française.

Archipels	Population en 1996	Evolution 1988 - 1996 (%)
Society ("îles du vent")	162 686	+ 15.0
Society ("îles sous-le-vent")	26 838	+ 20.7
Tuamotu	14 283	+ 21.5
Gambier	1 087	+ 75.3
Austral	6 563	+ 0.8
Marquesas	8 064	+ 9.6
Total	219 521	+ 16.3

Figure 6
Évolution de la population dans les différents archipels de Polynésie française entre 1988 et 1996.

urbaine du Grand Papeete qui couvre environ 100 km² soit 3 % de la surface des terres émergées. Depuis une dizaine d'années, l'évolution de la population a été différente d'un archipel à l'autre avec une augmentation globale de 16 %. Fondamentalement, l'ensemble de la population se concentre le long des étroites plaines littorales des atolls et des îles hautes car elle a toujours vécu de l'exploitation des ressources côtières. Depuis les 20 à 30 dernières années, l'augmentation de la population et une urbanisation galopante ont induit une explosion de l'utilisation des ressources côtières et de ce fait un impact important sur l'environnement marin. Un modèle similaire se développe un peu partout dans le Pacifique Sud du fait de la migration des population vers les villes, chacun partant à la recherche d'un emploi et d'un mode de vie différent.

La politique

Au moment de l'arrivée des Européens, vers la fin du XVIII^{ème} siècle, l'unité sociale de base est la maisonnée qui rassemble une famille étendue, communautaire et non individualiste comme le modèle européen. Les maisonnées se regroupent, formant une division territoriale matérialisée par un *marae* ; lieu de culte en plein air où sont invoqués les dieux et les ancêtres. Cette division territoriale correspond à une portion d'un cercle, allant de la montagne (centre) à la mer (périphérie) et englobant une partie du lagon et du récif, jusqu'à des « trous à thons » situés sur la pente externe du récif barrière. Ce territoire est devenu une colonie française en 1840. Lorsqu'en au début du siècle, le code civil est rendu applicable en Polynésie française, la législation mise en place par la France ne conserve aucun aspect de la gestion des anciens polynésiens. La notion de propriété privée fait son apparition avec celle d'un domaine public maritime inaliénable et imprescriptible. Ce bouleversement a provoqué l'installation d'une indivision systématique des terres.

En 1972, la Polynésie française devient territoire d'outre-mer ainsi que Wallis et Futuna, et la Nouvelle-Calédonie, avec Papeete comme capitale. En septembre 1984, elle est dotée d'un statut d'autonomie interne et obtient toute compétence en matière d'environnement.

Aujourd'hui ce Territoire est dirigé par une assemblée délibérante composée de 41 conseillers qui élisent en leur sein le président du gouvernement. Ce dernier s'adjoint le nombre de ministres qu'il juge nécessaire pour constituer son gouvernement. Le représentant de l'État est un haut-commissaire. Pour plus de précisions, voir Fontaine (1993) et Hutchings *et al.* (1994). L'évolution statutaire voulue par la Polynésie française va vers une plus large autonomie et des compétences élargies au niveau international.

Le gouvernement de la Polynésie française comprend différents services qui ont des responsabilités au niveau de l'environnement marin et de ses ressources. Notons la mer (avec le service des ressources marines), l'urbanisme, le tourisme et l'environnement (avec la délégation à l'environnement).

Bora-Bora s'est vue décerner le Pavillon bleu par la fondation européenne reconnaissant ainsi les efforts faits par cette commune pour l'amélioration de la qualité des eaux côtières.

Dans le cadre de l'initiative internationale en faveur des Récifs Coralliens (ICRI = Internationale Coral Reef Initiative) dont le secrétariat a été français de 1999 à 2000, la France a créé l'Initiative Française en faveur des Récifs Coralliens (Ifrecor) avec une représentation de chaque département et territoire d'Outre-mer. Il existe donc un comité national et 7 comités locaux qui travaillent ensemble à l'élaboration d'une stratégie pour une gestion durable des récifs coralliens et écosystèmes associés. Ces comités regroupent des politiques, les représentants des ministères concernés, des scientifiques, des gestionnaires, des opérateurs touristiques tant au niveau public que privé.

L'économie

Actuellement, l'exportation la plus importante est celle de la perle noire issue de la culture du bivalve *Pinctada margaritifera*. La culture de cette huître perlière est pratiquée sur environ 50 îles dont 80 % sont des atolls. Il existe une centaine de coopératives et plus de 5.000 personnes vivent de cette activité. La perliculture représente environ 95 % des exportations avec un chiffre d'affaire de l'ordre de 1 milliard de francs français. La seconde exportation concerne le « Nono » ou « Noni » fruit du *Morinda citrifolia* qui représente environ 15 millions de francs français. La seconde exportation de francs française. Viennent ensuite le coprah et les produits dérivés de la nacre. Les importations concernent pour 24 % les matières premières, 18 % les produits agricoles et alimentaires, et 18 % les consommables.

Toutefois, le tourisme reste la première industrie du Territoire puisqu'il représente un chiffre d'affaire estimé à 2 milliards de francs français (7 % du PNB du Territoire). On compte actuellement 50 hôtels et 3305 chambres auxquelles il faut ajouter les pensions de famille. Cette industrie emploie environ 4.500 personnes. Plus de 210 000 visiteurs ont été reçus en Polynésie. Ce chiffre inclut les croisiéristes. La plupart des hôtels sont construits en bordure du lagon puisque 80 % des activités touristiques sont tournées vers la mer. Il s'agit de la plongée en bouteille ou en apnée, du shark-feeding, ainsi que des sports nautiques. La plupart des hôtels se trouvent à Tahiti, Moorea et Bora-Bora.

Les récifs coralliens et leurs ressources

Cette partie, la plus importante de notre propos sera développée plus loin. Nous aborderons :

- l'importance des poissons des récifs coralliens pour les communautés tant au niveau de l'économie de subsistance pour plus de 75 atolls habités que pour le marché local, sans oublier le thon du large qui est vendu localement mais également exporté ;
- l'industrie de la perle noire ;
- le développement du tourisme.

D'autres rapports sur le statut des récifs coralliens en Polynésie française ont été publiés par Hutchings *et al.* (1994), et Payri et Bourdelin (1998).

Les récifs coralliens (benthos et poissons)

La diversité géomorphologique

Dans la plupart des 118 îles de la Polynésie française se retrouvent un récif frangeant accolé à la partie terrestre, un lagon plus ou moins grand et un récif barrière avec des exceptions que sont les îles Marquises, Mehetia, une île récente de l'archipel de la Société et Rapa dans l'archipel des Australes. L'importance scientifique de la Polynésie française est due à la forte diversité géomorphologique présente dans cette région où certains atolls sont de véritables modèles permettant d'illustrer la formation récifale entre la pente externe côté océan et la terre est typique des îles hautes volcanique. Cette caractéristique fournit des opportunités uniques à la recherche. De ce fait, ces îles ont été le centre de nombreux programmes de recherches pluridisciplinaires sur les récifs. Des questions biologiques intéressantes peuvent trouver une réponse dans la diversité géomorphologique présente en Polynésie française. Un exemple en est l'expédition franco-australienne sur l'atoll de Taiaro, réserve de biosphère, dans l'archipel des Tuamotu, en 1994. Cette expédition a étudié comment les populations de poissons se nourrissaient, dans cet atoll légèrement surélevé et hypersalé, en dépit des contacts limités entre le lagon et l'océan puisqu'il n'y a pas de connections permanentes ou directes. Alors que ce lagon contient peu d'espèces océaniques de zooplancton, ce qui confirme son isolement général, l'alimentation de certaines espèces de poissons peut dépendre des rares recrutements océaniques lors des tempêtes (Galzin *et al.*, 1998).

Connaissance des récifs de la Polynésie française

Grâce au nombre important d'études menées en milieu marin, de nombreux récifs sont bien connus. Le récif le plus étudié est celui du secteur de Tiahura, au nord-est de Moorea avec plus de 300 publications au cours des 30 dernières années. Toutes les îles n'ont pas été visités par les scientifiques. A ce sujet, Salvat (1982) estime que 70 îles ont été étudiées par les chercheurs du Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) et de l'école Pratique des hautes études (Ephe) basée à Moorea (actuellement Criobe/Ephe) depuis sa création en 1971 et que des publications concernent environ 30 îles. Il est important de noter que de très nombreuses informations sur les récifs de Moorea et de Takapoto sont disponibles, par suite de la focalisation sur ces deux îles de recherches dans le cadre du programme MAB de l'Unesco (l'Homme et la Biosphère) lancé en 1971. De plus, les récifs de Tahiti et les atolls de Mataiva et de Tikehau ont été particulièrement étudiés pour diverses raisons : Tahiti, grâce à de nombreux rapports sur les études d'impact en zone littorale (littérature grise); Tikehau, suite à un programme de recherches lancé par l'Orstom (Intes et Caillart, 1994); Mataiva avec de nombreuses études liées au projet d'exploitation des phosphates du lagon (Delesalle, 1985). A noter que ces phosphates n'ont jamais été exploités. Les atolls de Poruroa et de Fangataufa ont été longuement étudiés après les essais nucléaires qui ont eu lieu sur ces atolls de 1966 à 1996 (Gout *et al.*, 1997). Plus récemment, un programme de recherches a été lancé par l'IRD, anciennement Orstom, appelé « Typatoll » dont l'objectif est la réalisation d'études pluridisciplinaires sur une douzaine d'atolls afin d'établir leurs caractéristiques de structure et de fonctionnement et d'aboutir à une classification de tous les atolls de la Polynésie française (Dufour et Harmelin-Vivien, 1997). Les zones les moins connues du Territoire sont les Gambier, les Marquises et les Australes (Gabrié, 1998), et ce sont ces archipels auxquels appartiennent les 50 îles disparates dont la plupart des récifs n'ont jamais été étudiés.

Des études environnementales en milieu corallien réalisés par le gouvernement de la Polynésie française et les instituts de recherche commencèrent en 1970 (Aubanel et Salvat, 1990). Une bibliographie de ces études et de la littérature grise concernant le Pacifique Sud a été rassemblée par Angleviel *et al.* (1991), et celle traitant principalement de la Polynésie française par Salvat (1991). Après 1991 les études scientifiques sont recensées dans « OFAI », le bulletin du centre de recherches Criobe en baie de Opunohu sur l'île de Moorea.

Répartition des communautés de récifs coralliens et leurs caractéristiques

La faible diversité des principaux organismes récifaux comme les coraux, les mollusques, les éponges, les échinodermes et les macroalgues, présents à Moorea sont caractéristiques des récifs de la Polynésie française et correspondent à la diversité régionale (Caley et Schulter, 1997). Avec un total de 1 159 espèces de mollusques, 346 d'algues, 168 de coraux et 30 d'échinodermes enregistré, la Polynésie française est une zone de faible diversité de la « Province » (Richard, 1985). Ce recensement a été récemment mis à jour par Gabrié, (1998), qui fait état d'environ 1 500 espèces de mollusques, 170 de coraux (représentant 30 genres) et 800 de poissons. A titre comparatif, notons que la Grande Barrière de Corail (http://www.wcm.org.uk/protected_areas/data/wh/glormp.html) a 350 espèces de coraux (représentant 110 genres), 4 000 espèces de mollusques et plus de 1 500 espèces de poissons (Veron, 1993). Deux raisons principales peuvent apporter un début d'explication à ces différences : a) la distance entre la « source colonisatrice » et la zone colonisée et b) la taille des îles. La distance entre la Polynésie française et la zone de diversité maximale située dans les Îles Ryukyu, l'Indonésie et la Nouvelle-Guinée (Rosen, 1984) est trop importante pour une dispersion larvaire (Scheltema, 1986). Salvat (1967) a noté que la plupart des mollusques présents en Polynésie française sont aussi présents dans le Pacifique Ouest et ont des larves qui sont adaptées à une dispersion longue distance. La seconde raison suggérée est la petite taille des écosystèmes des récifs coralliens de Polynésie française, l'équilibre entre les taux d'immigration et d'extinction étant bas avec peu d'espèces présentes (MacArthur et Wilson, 1967).

Généralement, l'immigration est plus forte sur une grande île que sur une petite, et les petites zones fournissent peu d'habitats différents comparé aux masses terrestres plus grandes. Les communautés récifales sont caractérisées par le faible taux d'organismes endémiques du Territoire, bien qu'il y ait de nettes différences entre les archipels ayant un fort taux d'organismes endémiques, comme les Marquises et l'archipel des Gambier et les autres (Gabrié, 1998). La diversité des genres de coraux est variable d'un archipel à l'autre.

Les Acroporidés (*Acropora*, *Montipora*), les Faviidés (*Favia*, *Leptastrea*,...), et les Agariciidés (*Pavona*, *Leptoseris*,...) présentent la plus grande diversité en nombre d'espèces présentes. Dans les lagons des îles hautes, certains genres sont dominants comme les *Porites*, *Acropora*, *Psammocora* et *Synaraea*. Dans les lagons des atolls, seules les espèces de *Porites*, *Acropora*, *Psammocora* et *Synaraea*. Dans les lagons des atolls, seules les espèces de *Porites* et de *Pocillopora* sont dominantes. Dans les lagons fermés ce sont les *Acropora* qui dominent. La pente externe est dominée par les *Pocillopora* (généralement plus de la moitié des colonies), les *Acropora* et les *Porites*. Le pourcentage de recouvrement en corail vivant est d'environ 40 à 60 %, dans des conditions saines et jusqu'à environ 15 mètres de profondeur. Plus de 90 % de recouvrement peuvent se trouver dans des profondeurs plus importantes de la pente externe du récif, jusqu'à 90 mètres, c'est le cas de toutes les communautés à *Pachyseris-Leptoseris*.

Genres	Société	Gambier	Tuamotu	Tubuai	Rapa	Marquises
<i>Stylophoa</i>	●	●	●			
<i>Stylocoeniella</i>	●		●		●	
<i>Pocillopora</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Favites</i>	●		●	●	●	
<i>Favia</i>	●	●	●	●	●	
<i>Cyphastrea</i>	●	●	●	●	●	
<i>Plesiastrea</i>			●			
<i>Leptastrea</i>	●	●	●	●	●	
<i>Platygyra</i>	●	●	●	●	●	
<i>Leptoria</i>		●			●	
<i>Hydnophora</i>				●		
<i>Montastrea</i>	●	●	●	●	●	
<i>Echinopora</i>	●		●	●		
<i>Goniastrea</i>				●	●	
<i>Culicia</i>	●	●			●	●
<i>Lobophyllia</i>	●	●	●	●	●	
<i>Acanthastrea</i>	●	●	●	●	●	
<i>Parascolymia</i>				●	●	
<i>Echinophyllia</i>	●	●	●	●	●	
<i>Mycedium</i>	●	●				
<i>Pavona</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Pseudocolumnastrea</i>	●		●	●	●	●
<i>Gardineroseris</i>	●		●		●	
<i>Leptoseris</i>	●		●	●	●	●
<i>Pachyseris</i>	●		●			
<i>Psammocora</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Plesioseris</i>	●					
<i>Coscinarea</i>	●	●	●	●	●	
<i>Cycloseris</i>			●			
<i>Fungia</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Herpolitha</i>	●	●	●	●	●	
<i>Halomitra</i>	●	●	●			
<i>Parahalomitra</i>	●					
<i>Porites</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Synarea</i>	●		●			●
<i>Napopora</i>	●					●
<i>Alveopora</i>		●		●	●	
<i>Montipora</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Astreopora</i>	●	●	●	●	●	
<i>Acropora</i>	●	●	●	●	●	
<i>Galaxea</i>				●		
<i>Tubastrea</i>	●	●	●		●	
<i>Turbinaria</i>				●		
<i>Marulin</i>					●	

Tableau 5
Diversité des genres de coraux dans les différents archipel de Polynésie française.

La répartition des colonies de coraux autour de l'île haute de Moorea a été étudiée récemment par Adjeroud (1997), qui a mis en évidence deux gradients importants, le premier le long des baies et le second allant du récif frangeant vers la pente externe. Bien qu'il ait identifié des facteurs ayant un rôle important, mais déjà établis par ailleurs, comme la profondeur, la salinité et le recouvrement par les algues, il a aussi noté que les hautes densités d'oursins ont un rôle majeur sur les récifs, un facteur absent de la Grande Barrière de Corail d'Australie (Done *et al.*, 1991).

Les colonies benthiques à fonds mous ont été récemment étudiées autour de l'île de Tahiti par Frouin et Hutchings (sous presse) comme faisant partie d'une étude sur les effets d'introductions de facteurs terrigènes sur ces colonies (Frouin, 2000). D'autres études sur ces colonies ont inclus celles faites à Moorea (Thomassin *et al.*, 1982) et dans le lagon de Moruroa (Salvat et Renaud Mormant, 1969).

Répartition des communautés de poissons

La diversité des poissons, environ 800 espèces, a été confirmée dans l'écosystème corallien de Polynésie française (Randall, 1985) ainsi que leur structure communautaire, leur répartition (Galzin, 1987a, Galzin et Legendre 1988, Legendre *et al.*, 1997) et leur abondance supérieure à 2000 kg/hectare (Chauvet et Galzin, 1996). La variation temporelle des peuplements de poissons est bien connue à différentes échelles de la plus petite-jour, mois, saison- (Galzin, 1985; Galzin, 1987b planes *et al.*, 1933) à la plus grande -programmes de surveillance depuis 1982 dans différentes zones, principalement à Tiahura, sur l'île de Moorea - (Augustin *et al.*, 1997). Les études sur la variabilité spatiale ont basées sur les comparaisons inter-îles entre différents écosystèmes (atolls et îles hautes), entre différents îles et archipels jusqu'à des considérations biogéographiques à l'échelle du Pacifique (Galzin, 1985; Galzin *et al.*, 1994; Planes *et al.*, 1993)

Les études sur les structures trophiques et la production sont également importantes, principalement sur la radiale de Tiahura, Moorea et sur l'atoll de Tikehau (Caillart *et al.*, 1994 - Arias Gonzales *et al.*, 1997). Les études sur le recrutement en juvéniles de zones dépeuplées (Dufour et Galzin, 1993 - Dufour *et al.*, 1995). Les études sur la diversité génétique ont ouvert de nouvelles perspectives en biogéographie à différentes échelles spatiales, allant de l'île à l'archipel jusqu'à la région. Les résultats obtenus seront à intégrer dans la gestion des stocks exploités pour la pêche de subsistance en relation avec les zones marines protégées (Planes et Galzin, 1998).

Les perturbations naturelles et leurs impacts

Les cyclones

Les cyclones sont une menace importante pour les récifs de la Polynésie française, car ils restent inhabituels, et avec les formations récifales ne sont pas adaptées à de telles perturbations. La plupart des cyclones importants que ont sévi lors du siècle dernier eurent lieu en 1903-1906 et plus récemment en 1982-1983. Pendant cette dernière période, correspondant au phénomène El Niño, 5 cyclones ont atteint la Polynésie française, la trajectoire de 3 d'entre eux est passée sur les Îles de la Société. Les impacts sur les pentes externes des récifs ont été étudiés dans les atolls où certaines parties des formations coralliennes ont été complètement détruites. En effet, des morceaux de colonies ont été arrachés puis ballottés avant d'être projetées dans le lagon ou de rouler sur la pente externe (Harmelin-Vivien et Laboute, 1986).

Les invasions d'*Acanthaster*

De nombreuses proliférations de l'étoile de mer épineuse *Acanthaster planci* ont débuté en Polynésie française vers la fin des années 1980 à Moorea (Faure, 1989). Ces étoiles de mer ont réduit le pourcentage de la couverture en corail vivant dans les eaux peu profondes. La reprise des colonies de corail après ces attaques a été entravée par les dommages cycloniques au début des années 1980 et par les marées journalières anormalement basses pendant cette période, ce qui était sans doute lié au phénomène El Niño qui s'est déclenché à ce moment là (Pirazzoli 1985). Depuis, quelques étoiles de mer sont aperçues occasionnellement sur les récifs de Moorea, mais aucune prolifération n'a été rapportée.

Le blanchissement

Le blanchissement est provoqué par un stress qui pousse les coraux à expulser une masse significative de zooxanthelles symbiotiques vivant dans leur tissu. Si ce phénomène persiste, les coraux peuvent mourir. Des blanchissements qualifiés de modérés ont été enregistrés en Polynésie française en 1983, 1984 ; 1987 et 1993, mais des blanchissements plus sévères ont touché les Îles de la Société en 1991 (Salvat, 1992), l'île de Moorea (Hoegh-Guldberg et Salvat, 1995) en 1994 et la barrière récifale de Tahiti (Fagerstrom et Rougerie, 1994) la même année, ayant pour conséquence une importante mortalité du corail. Tous ces blanchissements ont été corrélés à une température élevée de la surface de la mer au cours des mois d'été (Hoegh-Guldber, 1999). Les observations permettent d'estimer que 20 % des coraux blanchis puis morts, étaient situés sur les pentes externes de Moorea durant le phénomène de 1991. Le blanchissement a varié en fonction de la profondeur et a atteint de nombreuses espèces. Les espèces d'*Acropora* ont été les plus atteintes avec 89-100 % des colonies complètement blanchies et les *Porites* spp les moins atteintes avec 12,9-42,5 %. L'étendue du blanchissement de

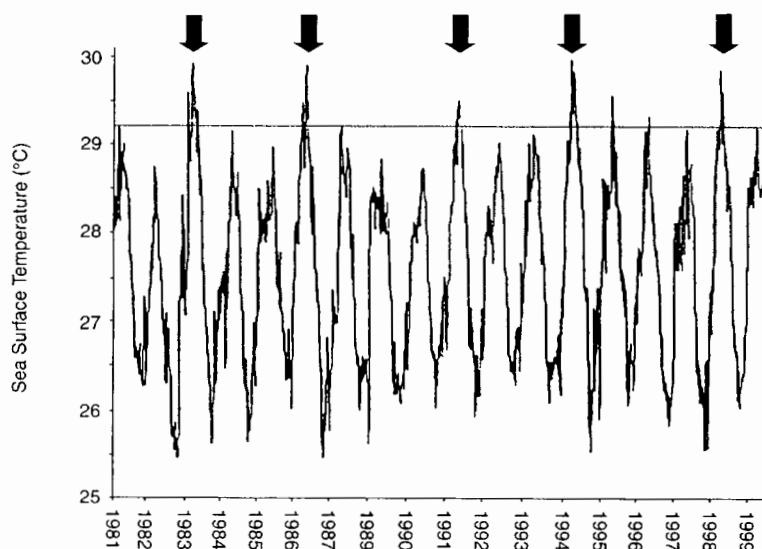


Figure 3
Température hebdomadaire de l'eau en surface autour de Tahiti (149.5°W 17.5°S). Les flèches indiquent les phénomènes de blanchissement décrits dans la littérature. L'horizontale indique la température minimale au dessus de laquelle survient un phénomènes de blanchissement, IGOSS-NMC associe les données du Lamont-Doherty Climate Center de l'Université de Colombie (from Hoegh-Guldberg, 1999).

1994 était similaire à celle de 1991, mais la plupart des colonies blanchies ont repris et le taux de mortalité n'a pas été aussi important que celui de 1991. Les températures enregistrées en avril 1994 étaient de 29,5-30 °C soit environ 1,5 °C au-dessus de la normale saisonnière, et ont précédé le début du blanchissement d'environ 2-3 semaines, ce qui confirme l'hypothèse que les anomalies thermiques sont responsables de ces phénomènes de blanchissement a été observé dans certaines zones comme Takapoto, où 20 % du recouvrement de corail vivant observé en 1994 s'est trouvé réduit à 12 % après le blanchissement de 1998. Un blanchissement sévère est aussi apparu à Rangiroa et à Manihi avec un taux de mortalité significatif (Wilkinson, 1998).

Les récifs de la Polynésie française ont donc subi le réchauffement des températures de la mer comme la plupart des récifs coralliens de la planète. Cependant l'isolement des récifs entre eux lié aux grandes distances qui les séparent, peut laisser à penser que le rétablissement des coraux risque de prendre de nombreuses années. Si la fréquence des phénomènes de blanchissement augmente, elle peut mettre en danger le maintien de ces récifs.

Changement global

Les effets d'une éventuelle élévation du niveau de la mer de 1 cm par an sur un période de 30 ans, sur l'île haute de Moorea ont été discutés par Salvat et Aubanel (1993). Selon le taux de croissance retenu de la population de l'île haute de Moorea, à savoir: 1,6 ou 3,8 %, la population de l'île augmentera de 8000 à 14000 ou à 35000 d'ici l'an 2020. La plupart des actifs travailleront dans d'industrie touristique. Alors qu'aujourd'hui elle n'intègre pas la perte de zones terrestres dues à l'élévation du niveau de la mer, la population, en augmentation, sera contrainte d'occuper moins d'espace et de former de plus en plus une communauté urbaine. Les auteurs pensent que la barrière récifale extérieure qui entoure l'île et que protège la zone côtière des vagues durant les tempêtes, devrait persister. En revanche, en zone barrière et frangeant, la qualité des colonies coralliennes sera détériorée suite à l'accroissement des barrière devrait rester la même, l'anthropisation de la zone occupée par le récif frangeant devrait augmenter. Environ 30 % de la ligne de rivage de Moorea a déjà été anthropisée suite au développement économique de l'île et avec l'élévation du niveau de la mer, cette anthropisation devrait atteindre 70 %. Elle serait due en majeure partie à la construction de remblais et à la réalisation de mur pour prévenir les inondations des zones alentours. Sur les atolls une augmentation potentielle du niveau de la mer de 30 cm sur une période de 30 ans ne menacera pas leur existence parce que la croissance des algues du récif côté océan suivra cette légère élévation, et que le platier récifal aura une population corallienne plus dense. En revanche, certains troubles apparaîtront au niveau de la lentilles d'eau douce. Voici quelles sont les prévisions au regard uniquement de l'élévation du niveau de la mer, mais de nombreux autres facteurs environnementaux agiront en synergie sur les récifs. Le réchauffement de la mer occasionnera plus de cyclones et de phénomènes de blanchissement qui menaceront tout l'écosystème récifal, ainsi que l'a indiqué Hoegh Guldberg (1999). Dans ce cas, les récifs ne récupéreront pas. Les îles hautes volcaniques ne seront plus protégées par une barrière récifales saine et vigoureuse. Les atolls seront en danger.

Les activités anthropogéniques et leurs impacts

Introduction

Sur les 118 îles que compte la Polynésie française, certaines sont éloignées, d'autres sont inhabitées ou très peu habitées et la plupart d'entre elles ne souffrent aucunement de l'impact des activités humaines. La plupart des impacts anthropiques se concentrent dans des îles de la Société, les plus « développées » en termes d'infrastructures, dont certaines sont liées aux activités touristiques. Dans certaines lagons d'atolls, la pêche est une activité importante, pratiquée par tous, ce que peut conduire à une surpêche. Dans les atolls, Moruroa et Fangataufa, des essais nucléaires ont eu lieu entre 1966 et 1996. L'exploitation du phosphate à Makatea s'est achevée en 1966. Les extractions de sable sont interdites selon une réglementation promulguée il y a plus de 10 ans, mais des extractions ont toujours lieu suite aux dérogations gouvernementales. L'introduction d'espèces doit aussi être considérée. Mais la question d'actualité pour de nombreux lagons d'atolls (plus de 42) est le développement exponentiel de la perliculture et de ses importantes quantités d'huîtres nacrées cultivées, suspendues à des cordages, ce qui n'est pas sans conséquences sur l'écologie générale de ces lagons.

Nous prendrons en considération tout d'abord ces activités humaines et leurs impacts sur l'environnement corallien. Puis nous étudierons certaines conséquences générales de ces impacts que coexistent sur les îles « développées », surtout dans l'archipel de la Société.

Les activités humaines et leurs impacts

Les extractions et les activités minières

Les extractions de soupe de corail ont servi en majorité à la construction des routes, surtout à Tahiti et à Moorea, et occasionnellement dans d'autres îles de l'archipel de la Société (Salvat *et al.*, 1979 ; Gabrié *et al.*, 1985 – Salvat, 1987). Des dommages importants ont été faits sur les récifs frangeants de ces îles et aujourd'hui encore les zones draguées ont des effets destructeurs sur les récifs environnants, suite à la remise en suspension des fines, sans compter l'enlaidissement des paysages. Néanmoins, le gouvernement a décidé d'arrêter ces extractions de sable corallien, avec de temps en temps des autorisations exceptionnelles réalisées dans de meilleures conditions.

L'exploitation minière du phosphate à Makatea (Tuamotu s'est déroulée de 1917 à 1966. A l'époque, la population était de l'ordre de 3 000 habitants, ce qui faisait de Makatea l'île la plus peuplée de l'archipel. Aujourd'hui cette population a chuté à seulement 40 personnes (Montaggioni, 1985). La surface plate de l'atoll, à environ 70 mètres au-dessus du niveau de la mer, est profondément découpée par un système karstique bien apparent après les extractions de phosphate, mais les récifs frangeant tout autour de l'île semblent être en bonne santé. L'extraction du phosphate dans l'atoll de Mataiva semblait potentiellement rentable mais l'exploitation minière n'a pu démarrer suite à l'opposition de la population locale.

La pêche

La pêche en Polynésie française est une pêche de subsistance et une pêche commerciale. Elle inclut les espèces lagonaires et les espèces pélagiques avec une préférence pour le thon. Les prises des espèces lagonaires sont d'environ 4 000 tonnes par an, réparties en 3 500 tonnes pour la pêche de subsistance, le reste étant destiné à la vente. Du poisson vendu, 100 tonnes viennent de Rangiroa et de

Tikehau dans l'archipel des Tuamotu où ces pêches commerciales sont les seules sources de revenus. En 1998, environ 2 300 tonnes de thon ont été pêchées pour le marché local et 3 300 tonnes ont été exportées. Le thon à l'exportation est pêché surtout par les Coréens dans la Zone Économique Exclusive. Il existe cependant une grande variation annuelle des prises puisqu'en 1991 elles étaient de 4 730 tonnes et sont tombées à 1 700 tonnes en 1992 (Hutchings *et al.*, 1994).

Une étude détaillée sur la pêche dans l'atoll de Tikehau a été menée par Caillart *et al.* (1994).

En effet, il existe sur cet atoll une importante pêcherie avec de grandes quantités de poissons exportées sur Papeete pour y être vendus. Alors que plus de 276 espèces de poissons ont été collectées dans le lagon et sur la pente externe du récif barrière, l'industrie de la pêche n'exploite que 14 espèces, aucune n'étant dominante. La répartition des 280 tonnes de poissons pêchés au cours de l'année 1993 a été la suivante: environ 200 tonnes des pêcheurs professionnels pour l'exportation (hors de l'atoll), 40 tonnes pour la consommation locale et 40 tonnes pêchées par les pêcheurs occasionnels pour la vente. Ce qui équivaut à une moisson annuelle de 0,7 tonnes par km². Les poissons sont attrapés dans des pièges à poisson placés dans la passe, ils appartiennent à des espèces primitivement carnivores, alors que d'autres espèces pourraient être attrapées en diversifiant les méthodes et les lieux de pêche. Caillart *et al.* (1994) ne recommandent pas ces nouvelles méthodes de pêche. Il jugeait nécessaire de réaliser une étude plus détaillée sur des espèces précises. On connaît très peu la source de recrutement pour cette pêche et combien d'échanges peuvent se faire entre les atolls de cet archipel.

La culture de la perle noire

La culture de la perle noire en Polynésie française est une industrie extensive basée sur l'huître perlière à lèvre noire *Pinctada margaritifera* qui produit de grandes perles noires. Avant la perle de culture, ces huîtres ont été exploitées du début du 19^{ème} siècle jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle pour leur nacre avec plus de 1 000 tonnes exportées certaines années pour la confection de bijoux et de boutons, ainsi que toutes les perles naturelles qui ont été récoltées.

L'exploitation a décliné lorsque les boutons en plastique ont fait leur apparition sur le marché. Actuellement plus de 98 % de l'ensemble des perles noires sont cultivées en Polynésie française. La production de ces perles a été multipliée par plus de 10 pendant les 10 dernières années et en 1997 a représenté 95 % des exportations du Territoire (milliard de francs français). C'est aussi une importante source de revenus pour plus de 5 000 personnes réparties dans 600 fermes organisées en 100 coopératives et dans 50 îles et atolls (1995).

Les premiers essais de culture de perles ont été faits en 1961 dans le lagon de Bora-Bora et vers 1972, l'exportation s'est développée, même si le boom de l'industrie n'a eu lieu qu'aux alentours de 1983. Alors que le nombre de concessions maritimes délivrées pour la culture de la perle est connu (5 137 à la fin de 1997), l'impact de ces nombreuses huîtres suspendues en chapelet dans les lagons, et les modifications qu'elles engendrent au niveau phytoplanctonique est encore mal connu. Le développement d'un modèle des colonies de phytoplancton dans le lagon de Takapoto, un des plus grands lagons perlicoles, est le premier pas vers la compréhension de ce processus (Niquil *et al.*, 1998). En effet, le développement des paniers d'huîtres, exclut effectivement de nombreuses activités du lagon, et enlève des larves des autres organismes par la prédation. Actuellement alors qu'il y a des règles qui sont censées contrôler les transports des huîtres d'un lagon à un autre, et avec elles la possibilité d'un transfert de microbes pathogènes, ces règles ne sont pas appliquées. La mortalité en masse des huîtres et avec elle l'eutrophisation du lagon quoique temporaire a été rapportée à plusieurs occasions (Gabriél 1998).

Depuis la mortalité en masse des huîtres de Takapoto en 1985, des recherches considérables sur l'huître ont été menées pour assurer la viabilité à long terme de ces opérations commerciales. Le déve-

loppement d'une industrie extensive de la perle dans le lagon d'un atoll a des impacts sur les lieux de pêche lagunaires, l'agriculture et peut-être sur le tourisme, mais il génère du travail et aide à prévenir la migration des populations vers l'île déjà surpeuplée de Tahiti. L'industrie a développé un système de classement unique pour « les perles de culture de Tahiti » et est en train de limiter la production de perles de basse qualité.

L'Aquaculture

L'Aquaculture est importante pour certains produits. Quatre fermes à Moorea et Tahiti, élèvent des crevettes et produisent environ 21 à 30 tonnes/ha/an; mais cette production est juste suffisante pour le marché local aussi bien en produits frais qu'en produits surgelés. Il semble improbable que la superficie disponible pour l'élevage des crevettes puisse être augmentée car les terres appropriées ne sont pas disponibles. Une surface de terre équivalente est affectée à l'élevage de chevrettes d'eau douce et en 1995, environ une tonne/ha/an a été récoltée à Tahiti et Moorea. Là encore il y a peu de possibilités d'expansion.

Certaines recherches ont été menées sur l'élevage du loup tropical (*lates*) et d'autres espèces tropicales à nageoires. Les possibilités pour l'utilisation de cages pour l'élevage des *lates* sont en train d'être étudiées à Tahiti et actuellement des larves sont en cours d'élevage dans des bassins à terre. Environ 30 personnes sont employées par l'aquaculture.

Espèces introduites

Le troca *Trochus niloticus* en provenance du Vanuatu a été introduit à Tahiti en 1957, puis dans beaucoup d'autres îles volcaniques et atolls de la Polynésie française. Il est actuellement présent dans plus de 70 des écosystèmes coralliens insulaires. L'escargot vert *Turbo marmoratus* en provenance du Vanuatu a été introduit en 1967 et les récifs de Tahiti et des atolls ont en étéensemencés. Deux entreprises ont été ouvertes en 1992, pour découper les coquilles de *Turbo marmoratus* et de *Trochus niloticus* pour la réalisation de bijoux artisanaux locaux, la plupart étant exportée. La chair de ces deux espèces est consommée. Il semble qu'elle fournit des revenus supplémentaires pour les pêcheurs et les gens des îles éloignées. Cependant, il y a toujours des problèmes liés au ravitaillement régulier de ces deux espèces de mollusques et au maintien de leurs populations.

La création d'une industrie de bêche de mer et d'élevage de bécotiers a été envisagée et malgré les études de faisabilité et certains essais à titre privé aucune opération commerciale n'existe à ce jour.

Essais nucléaires

Les essais nucléaires faits sur les atolls de Moruroa et de Fangataufa ont été largement étudiés après les essais qui ont été effectués de 1966 à 1996 (Gout *et al.*, 1997). Ces atolls ont été choisis en partie pour leur éloignement. Il est donc difficile de les comparer aux autres atolls de la zone. Les essais sont à présent terminés ainsi que les études biologiques, qui ont été résumées par Gout *et al.* (1997). Comme des études détaillées n'ont pas été faites avant les essais (sauf l'étude des mollusques), il est difficile d'évaluer l'impact que ces essais ont eu sur les colonies marines. De plus, nos connaissances sur ces récifs coralliens se sont développées de façon substantielle durant les 30 dernières années, ainsi que les méthodes d'investigations des processus récifaux surtout au niveau des techniques d'échantillonnage, ce qui fait que les études initiales, faites à la fin des années 1960, nous semblent vraiment basiques. Les effets immédiats et à long terme sur les colonies de gastéropodes récifaux ont été étudiés sur l'atoll de Fangataufa après leur exposition aux essais nucléaires atmosphériques

(Salvat *et al.*, 1995; Lanctot *et al.*, 1997). Les résultats suggèrent que même si les densités de certaines espèces ont chuté juste après les essais nucléaires, la plupart des espèces ont été capables de recoloniser rapidement les récifs perturbés.

Tourisme et activités récréatives.

La construction d'hôtels a souvent des impacts sur la zone côtière, avec la construction de bungalows sur pilotis qui occupent une partie importante des lagons ainsi que les demandes de concessions maritimes. En l'absence d'assainissement collectif, sauf sur l'île de Bora-Bora, les hôtels doivent avoir leur propre station d'épuration des eaux usées, l'eau ainsi traitée peut être utilisée pour arroser les jardins. Les études menées par Wolanski *et al.* (1993) à Moorea, ont révélé que cette eau peut atteindre le lagon par le biais de la nappe phréatique, en charriant dans le lagon tous les polluants qu'elle contient. De tels problèmes peuvent être exacerbés dans les atolls où il existe une faible lentille d'eau douce utilisée pour de nombreux usages domestiques. La pollution aurait de sérieuses conséquences pour tous les habitants de l'atoll où la pluviosité est souvent intermittente et où l'eau de pluie est réservée à la boisson.

Comme il est prévu que le tourisme augmente dans les 10 prochaines années, une planification minutieuse est nécessaire pour assurer des conditions nécessaires à la survie des récifs coralliens. Ceci devrait se traduire par une diminution de l'impact des constructions, la gestion des eaux d'alimentation et le traitement des déchets. Il est certain que sur les atolls où la population locale vit des ressources du milieu, la construction d'un hôtel cinq étoiles aura des impacts importants à la fois sur l'environnement terrestre et sur l'environnement marin ainsi que sur l'environnement humain par, l'augmentation de la fréquentation aérienne et les besoins en eau et en nourriture etc... L'écotourisme se développe dans les atolls comme Rangiroa ainsi que sur de nombreuses îles de l'archipel de la Société.

Mention est faite des activités récréatives qui endommagent les récifs et dont sont responsables les touristes de toute origine (étrangère et locale). Marcher sur les récifs frangeant et barrière, casser les coraux, ramasser les coquillages et les morceaux de corail comme souvenirs sont des impacts communs sur toutes les îles visitées où l'éducation des populations et la protection des espèces sont insuffisantes.

Impacts généraux

Généralités

Les impacts humains sur les récifs de la Polynésie française sont un problème primordial dans les îles de la Société et dans certains atolls développés mais pas sur la plupart des autres îles. Une étude récente faite sur les récifs coralliens de Polynésie française (Gabrié 1998) a montré que 20 % des récifs frangeant des zones urbaines de Tahiti, surtout autour de Papeete, ont été détruits mais cela ne représente que 1/7 de toute la côte de la grande île. La qualité du récif a décliné depuis les 25 dernières années à la fois sur le récif frangeant et sur le récif barrière. Dans les îles Sous-le-Vent, au moins 6 % du récif frangeant ont été totalement détruits et 7-11 % des récifs coralliens ont été perturbés par les extractions de corail et les opérations de mise en valeur des terres. A Bora-Bora, 44 % des récifs de tels chiffres ne sont pas disponibles. Mais l'on peut présumer que sur de nombreuses îles les récifs sont intacts, sauf aux endroits endommagés par les cyclones, le blanchissement ou les acanthasters. Dans ce cas, leur état s'améliorera mais la façon lente.

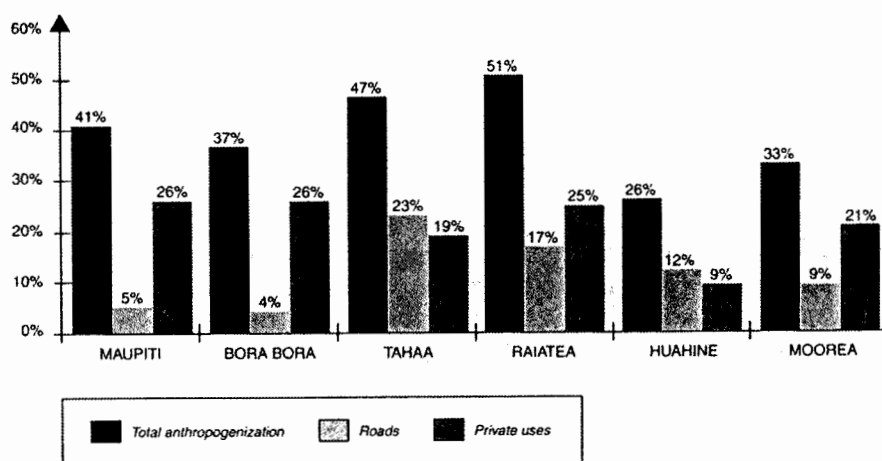


Figure 4
Taux des catégories d'anthropisation sur la ligne de rivage des îles hautes de l'archipel de la Société précisant le pourcentage lié aux routes et aux usages privatif, (Aubanel and Salvat, 1999).

Modification de la ligne de rivage

La vaste modification de la zone côtière a commencé dans les zones urbaines de Tahiti et de Moorea et souvent aussi dans les zones touristiques où sont construits les hôtels. Depuis les années 1950 beaucoup d'extractions ont été faites autour de Tahiti de Moorea pour des projets comme les constructions du port et de l'aéroport, jusqu'à ce qu'en 1984, ces extractions soient interdites. Néanmoins les extractions et les remblais sont toujours actualité et vu le coût élevé des matériaux provenant de sites terrestres (avec d'autres impacts sur l'environnement) il est difficilement imaginable qu'ils s'arrêtent un jour. Jusqu'à présent, aucune réhabilitation des zones d'extraction sur les récifs frangeant n'a été entreprise et comme c'est souvent le cas ces zones justifient des remblais. Une étude récente (Aubanel *et al.*, 1999) sur l'étendue des modifications de la ligne de rivage dans l'archipel de la Société a montré que près de 50 % de ces modifications sont le fait des activités humaines.

Beaucoup moins de changements se sont produits dans les atolls, sauf peut-être pour la construction de pistes d'aéroports qui sont nombreuses, mais dont la plupart n'ont eu que peu d'impact sur l'écosystème corallien.

Pollutions telluriques

Des coulées de terre considérables se produisent dans les îles hautes de Tahiti et de Moorea pendant la saison des pluies et Demougeot (1989) a estimé qu'environ 1 000 tonnes de sédiments se retrouvent dans le lagon annuellement. Frouin (2000) a montré que ces sédiments traversent le lagon de Tahiti et que certains aboutissent au récif barrière. Bien que des promoteurs continuent à terrasser les collines des îles hautes de Tahiti et de Moorea, pour les constructions ou pour l'agriculture, peu d'études ou de réglementation ont été mis en place pour minimiser l'érosion des terres. Quand la végétation est éclaircie et après les fortes pluies, on peut voir des coulées terrigènes flottant vers le récif. De tels sédiments ont un fort impact sur les colonies de corail et sur les peuplements des fonds meubles. Il y a quelques années d'importants éboulements ont eu lieu aux îles Sous le Vent. La terre descendue de la montagne a servi à faire des remblais et certaines zones ont été déclarées dangereuses.

Les sédiments peuvent aussi contenir des pesticides et des fertilisants. Les taux des pesticides dans les eaux des lagons ont été mesurés à plusieurs reprises autour de Tahiti et ces analyses ont mis en évidence une forte variation de ces taux à la fois dans les sédiments, dans la colonne d'eau et dans les organismes sessiles comme les moules tout autour de l'île (voir Hutchings *et al.*, 1994, pour les détails).

L'étude de carottes de sédiments dans le port de Papeete à Tahiti donne l'histoire des 150 dernières années de ces sédiments (Harris, 1998) à savoir: d'une part une diminution du carbone corallien et une augmentation des argiles et des limons provenant du milieu terrestre et d'autre part une eutrophisation depuis 1960 avec une augmentation de 10 à 20 fois des taux de carbone organique, de nitrates et de phosphates ainsi qu'une augmentation significative des métaux lourds, hydrocarbures et PCB dont la source est anthropique. Cette étude a été réalisée dans la zone la plus polluée de la Polynésie française que sont le centre urbain et le port de Papeete.

Il est évident que les coulées de terre sont pratiquement inexistantes dans les atolls, mais dans les lagons plus ou moins fermés avec un faible renouvellement de l'eau, les activités terrestres (y compris l'élimination des déchets) devraient être soigneusement contrôlées pour prévenir les modifications chimiques de l'eau des lagons et avec elles la prolifération d'algues dangereuses.

Bloom algal et eutrophication

Les développements des dinoflagellés benthiques toxiques *Gambierdiscus toxicus* ont été enregistrés de temps en temps en différents endroits de la Polynésie française mais surtout sur les récifs à l'intérieur du lagon des Îles Gambier (Bagnis *et al.*, 1990). Les auteurs suggèrent que l'apparition de ces « bloom » dans divers endroits de l'archipel peut être reliée à de nombreuses perturbations naturelles (cyclones, hautes mortalités des coraux) et à des perturbations anthropiques comme la construction de l'aéroport qui a endommagé les récifs du lagon de 1965 à 1974 et a entraîné une augmentation du pourcentage des coraux morts qui ont servi de support aux dinoflagellés. Les toxines de ces dinoflagellés se fixent dans la chair des poissons herbivores qui se nourrissent de ces dinoflagellés et s'ils sont consommés par les humains provoquent la ciguatera. La diminution du taux de ces dinoflagellés depuis 1980 semble être reliée à une augmentation de la couverture corallienne sur ces récifs.

Les eaux usées

Le traitement des eaux usées en Polynésie française va de la fosse septique individuelle à la station d'épuration privée construite pour un immeuble ou un hôtel. Hélas il existe également des rejets directs qui par l'intermédiaire des rivières se retrouvent dans le lagon. C'est le cas de quelques constructions précaires ou de certains élevages de porcs. Actuellement, il n'y a pas de réseaux d'égout ni de station d'épuration dans la zone urbaine malgré le nombre élevé des études réalisées. La collecte et le traitement des eaux usées existent sur la moitié de l'île de Bora-Bora, là où se trouvent la plupart des hôtels, et son extension sur l'ensemble de l'île est prévue pour les prochains mois. La première pierre du réseau d'assainissement de la zone touristique de la commune de Punaauia a été posée mi juin.

En plus des problèmes de santé publique déjà mentionnés, la qualité des eaux à l'embouchure des rivières et des eaux souterraines qui s'écoulent vers les lagons ont un impact sur les colonies coralliennes. Par exemple, l'augmentation du taux de nutriments dans la colonne d'eau autour de l'aéroport de Tahiti-Faaa a induit le développement d'une importante couverture d'algues sur le récif, ce qui a provoqué la prolifération d'oursins, qui se nourrissent de ces algues en grattant le substrat. Précédemment, l'importance de la population d'oursins était contrôlée par les poissons prédateurs, mais une diminution de ceux-ci, suite à une surpêche dans la zone, a permis une multiplication des oursins. Le grattage des oursins sur de grandes étendues empêche toute colonisation par de nouveaux

coraux, ce qui fait que le récif s'érode plus vite qu'il ne se renouvelle. Les taux nets de perte par grattage sont estimés à $6,87 \pm 2,16$ kg/m³/an pour ce site précis (Pari *et al.*, 1998). Sur d'autres récifs étudiés dans la zone, non assujettis à l'eutrophisation, les taux nets varient de $0,89 \pm 1,24$ kg/m³/an à $0,33 \pm 0,20$ kg/m³/an.

Zones de récifs coralliens protégées et aménagement de la zone côtière

Les atolls de Scilly et de Bellinghausen, tous deux inhabités, ont été déclarés réserves naturelles marines. L'atoll de Taiaro, dans l'archipel des Tuamotu, un atoll fermé et privé a été déclaré Réserve Biosphère en 1997 (Programme MAB de l'Unesco). Une autre réserve est l'îlot de Motu One, un banc de sable encerclé d'une plate-forme corallienne dans le nord des Marquises. Cependant, ces réserves représentent environ 1 % des récifs de la Polynésie française et il est clair qu'elles ne recouvrent pas la diversité des écosystèmes coralliens de la région.

Quelques projets prévoient la création de parc marin en relation avec les activités touristiques. Il s'agit du parc marin de Rangiroa incluant quelques sites remarquables du lagon et celui du nord de l'île de Moorea.

La réserve de biosphère de l'atoll de Taiaro - 2000 ha - ne correspond plus aux critères définis dans le programme de l'Unesco « l'Homme et la Biosphère » qui doivent permettre à la fois la protection de l'environnement et l'essor des activités humaines dans le cadre d'un développement durable. Cette réserve est donc en cours d'extension et de restructuration et sera composée de 7 atolls: Aratika, Fakarava, Kauehi, Niau, Raraka, Tairao et Toau, les deux derniers étant inhabités. Les habitants de ces atolls sont partie prenante dans ce projet de nouvelle réserve et particulièrement au niveau de la délimitation des zones centrales tampon et périphériques définies par l'Unesco. Dans le même temps les plans d'aménagement terrestre et lagonaire seront réalisés pour les 7 atolls.

Les atolls de Scilly (11 300 ha) et de Bellinghausen (1240 ha) dans l'archipel de la Société sont des réserves territoriales depuis 1992, dans le cadre du Programme Régional Océanien de l'Environnement (PROE). Depuis 1996 certaines activités humaines (la perliculture, la pêche et la navigation dans le lagon et jusqu'à 100 mètres de la crête récifale côté océan) sont contrôlées par le service des ressources marines mais l'exécution de ces contrôles est peu satisfaisante.

Devant l'importance des récifs coralliens de la Polynésie, le gouvernement de la Polynésie française a mis en place un plan de gestion de l'espace maritime (PGEM). Dans le premier temps il s'agit de gérer les conflits d'utilisation de cet espace communautaire (exploitation des ressources et utilisation de l'espace). La réalisation de PGEM implique des négociations avec les utilisateurs du milieu et la recherche d'un consensus sur le choix du zonage et des activités. Deux PGEM sont en cours d'élaboration à Moorea et à Bora-Bora.

La première réunion du PGEM de Bora-Bora a permis de mettre en place quatre commissions qui ont été créées avec comme sujet la pêche, l'hôtellerie, les activités touristiques et les équipements collectifs. A Bora-Bora, la commission la plus fréquentée travaillait sur les activités touristiques alors qu'à Moorea il s'agissait de la commission traitant de la pêche lagonaire. Ce type de commission peut promouvoir et assurer la mise en place de la surveillance des récifs coralliens en utilisant la méthode Reef-Check afin d'évaluer l'état de santé de leurs récifs.

Surveillance

De nombreux réseaux de surveillance des récifs coralliens ont été mis en place en Polynésie française par le territoire et le Criobe-Ephe centre de recherches installé à Moorea depuis 1970.

La délégation à l'Environnement, ministère de l'Environnement, a mis en place un programme de surveillance annuelle autour de l'île de Tahiti, avec 8 sites de prélèvements. Ces sites sont choisis afin d'étudier les impacts anthropiques autour de l'île et surveiller à la fois le niveau de dégradation et la population benthique.

Le ministre de la santé surveille la qualité des eaux de baignade dans 5 îles (Tahiti, Moorea, Bora-Bora, Raiatea et Huahine) sur 157 points de prélèvements que représentent 1 300 échantillons analysés par an. En se référant aux normes européennes, seulement 5,5 % des points sont de mauvaise qualité. La principale cause semble être l'absence d'un assainissement collectif et le mauvais fonctionnement de certaines stations d'épuration privées. Les résultats sont diffusés chaque année au moyen d'une carte indiquant la qualité des eaux de baignade des 5 îles.

Le service des ressources marines a entrepris des enquêtes dans les lagons des atolls où se pratiquent la culture de la perle. Il collecte des données sur la température et la qualité de l'eau, un indicateur de « santé » des huîtres perlières ainsi que tout phénomène pouvant avoir un impact sur le lagon et les huîtres.

Le centre de recherches Criobe-Ephe de Moorea poursuit actuellement deux programmes complets de surveillance.

Le premier se situe au nord-ouest de Moorea et permet, depuis 1990, de collecter annuellement des données quantitatives sur le récif barrière et la pente externe du secteur de Tiahura (Augustin *et al.*, 1997). Ces résultats sur les variations des populations des récifs coralliens et les relations entre ces variations et les perturbations naturelles et anthropiques sur 10 ans ont été publiés (Salvat, 1992; Galzin *et al.*, 1993; Hoegh-Guldberg et Salvat 1995; Augustin *et al.*, 1997; Augustin, 1998; Augustin *et al.*, 1999). Les variations à moyen terme dans le secteur de Tiahura ont été observées et la figure 5 représente les abondances

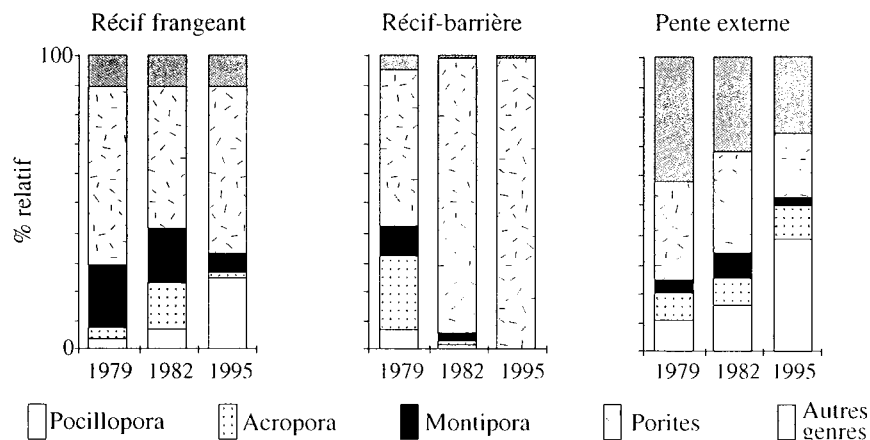


Figure 5

Abondance relative de coraux sur le récif frangeant, le récif barrière et la pente externe en 1979, 1982 et 1996 (from David, 1998).

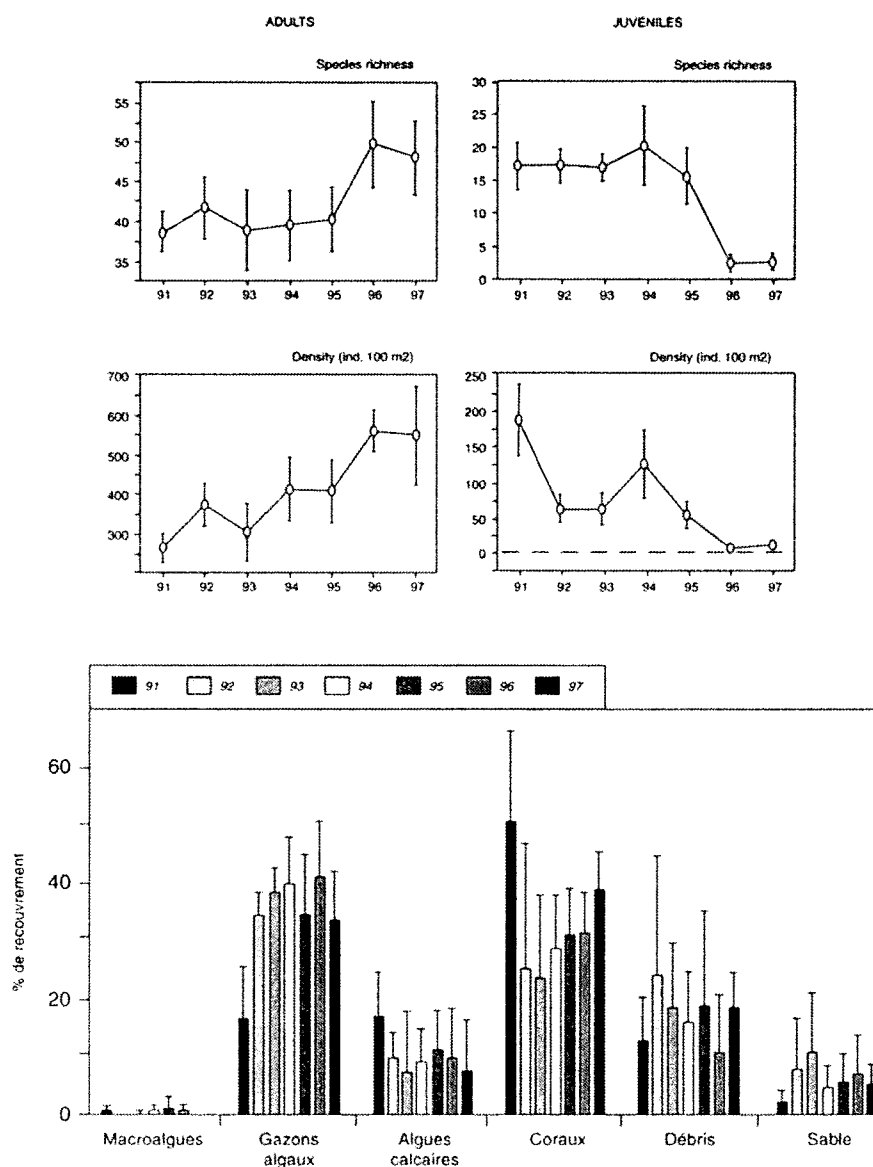


Figure 6
Variabilité temporelle des poissons et du benthos
entre 1991 et 1997 sur la pente externe de Tiahura, Morea,
île du réseau de surveillance.

relatives de corail vivant entre le récif frangeant, le récif barrière et la pente externe entre 1979 et 1995. Les cyclones, le blanchissement ainsi que les pollutions et les dégradations anthropiques sont responsables de ces variations. Un exemple du programme de surveillance lancé en 1990 sur le secteur de Tiahura est représenté sur la figure 6 qui montre les variations du benthos et des poissons de 1991 à 1997 sur la pente externe. Après le blanchissement qui a sévi juste après nos observations en 1991, une importante diminution de la couverture corallienne est apparue en 1992 et plus tard un lent recouvrement. La population de poissons n'a pas souffert après la mortalité du corail en 1991 mais il a été noté une importante variation de la richesse spécifique ainsi que de la densité au niveau des adultes et des juvéniles (recrutement) au cours des années 1996 et 1997.

Le second programme lancé en 1993 permet d'évaluer quantitativement la couverture de corail vivant sur les pentes externes de 14 îles qui sont disséminées dans tous les archipels (Tahiti, Moorea, Bora-Bora, Raiatea, Tetiaroa dans l'archipel de la Société; Mataiva, Tikeau, Rangiroa, Takapoto, Aratika, Nengo-Nengo, Marutea Sud dans l'archipel des Tuamotu; Rikitea dans l'archipel des Gambier; Ua Uka dans l'archipel des Marquises et Tubuai dans l'archipel des Australes). Les prospections ont lieu chaque 2 ou 3 ans ou plus souvent à la suite d'un événement particulier. Les résultats de cette surveillance permettent des corrélations et des explications quant aux changements de pourcentage de recouvrement par les coraux, d'années en années selon les impacts anthropiques et les impacts des événements naturels, comme les cyclones de 1996, le blanchissement de 1991, 1994 et 1998. Le tableau 6 montre des exemples de ces variations sur quelques pentes externes avec les causes de ces variations. Les données sont transférées à la base internationale de données sur les récifs de ICLARM à Manille, comme contribution au Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN) (Réseau global de surveillance des récifs coralliens) de l'International Coral Reef Initiative (ICRI) (Initiative Internationale sur les Récifs Coralliens).

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Causes de variations
Marutea Sud	-	37 (Août)	-	-	-49 (Mai)	-	54 (Sept)	Augmentation après le blanchissement de 1991
Moorea Entre 2 Baies	16 (Mars)	25 (Mai)	-	-	29 (Nov)	33 (Août)	-	Augmentation après le blanchissement de 1991
Tahiti Faaa	14 (Oct)	19 (Mai)	-	31 (Déc)	44 (Déc)	-	37 (Avril)	Augmentation après le blanchissement de 1991 et autre mortalité suite au blanchissement de 1998
Tetiaroa	47 (Juin)	45 (Mai)	-	-	38 (Déc)	-	31 (Jan)	Dégradation due à l'homme et mortalité suite au blanchissement de 1998
Tikehau	-	40 - (Juin)	-	-	-	4 (Sept)	-	Cyclone VELI Janvier 1998

Tableau 6
Pourcentage) de recouvrement en corail vivant sur la pente externe de quelques île du réseau de surveillance. Variations temporelle et causes.

Politiques gouvernementales, lois et législation

Depuis 1984, suite à la promulgation de la loi d'autonomie, toutes les questions relatives à l'environnement sont de compétence de la Polynésie française. En 1985, la délégation à l'environnement a été créée et a été placée sous la responsabilité du Ministre de l'Environnement. D'autres ministères ont la responsabilité de secteurs comme la mer, l'aménagement du territoire, la recherche, le tourisme, etc. Actuellement il y a environ 15 associations qui se sont regroupées en une fédération (FAPE) qui s'occupe de la protection de l'environnement, cette fédération joue un rôle important dans le processus de décisions et de l'exécution des mesures environnementales. De plus en plus, les études sur les évaluations de l'impact sur l'environnement ont été faites, même si elles ne sont pas toujours prises en compte lors de la réalisation des projets.

Les conventions internationales ratifiées par la France sont applicables aux territoires d'outre-mer. Elles comprennent la convention de Ramsar sur les zones humides (1971), le patrimoine mondial (1972) même si aucun site n'a été retenu en Polynésie française, la Cites sur les espèces en voie de

disparition (1973), la convention de Bonn sur les espèces migratrices (qui comprend les oiseaux, les tortues et les mammifères marins) (1979), la convention de Rio sur la diversité biologique (1992). Il existe aussi les Conventions régionales dont celles signées en 1976 à Apia et en 1996 à Nouméa, concernant la protection des ressources naturelles dans le Pacifique sud. Le programme régional océanien sur l'environnement du Pacifique Sud basé à Apia, Samoa (PROE) aide tous les pays de la région à protéger et à gérer leurs ressources environnementales marines. Alors que plusieurs espèces marines sont déjà protégées en Polynésie française, comme certaines espèces de mollusques, de crustacés, de poissons, de coraux, le corail noir, les tortues et les oiseaux, une application plus systématique de la législation se développe.

Deux projets en rapport avec les récifs coralliens concernent la réalisation d'un système de tout-à-l'égout avec le traitement des eaux usées domestiques et industrielles. L'union européenne participera au financement de ces projets.

D'autres développements positifs comprennent la réalisation de plans de gestion de la zone marine qui devrait aboutir prochainement à Moorea et à Bora-Bora. Ils devraient permettre la résolution des conflits d'usage qui concernent l'exploitation des ressources récifales lagonaires comme la pêche ainsi que l'utilisation de l'espace comme le tourisme, la plongée et les promenades en bateau. De même certains progrès ont été faits sur la gestion de l'utilisation des terres et sur les rejets des élevages de porcs pour améliorer la qualité des eaux des rivières. La restauration de récifs a débuté à Bora-Bora (Porcher et Salvat, 1999). L'équivalent du conservatoire du littoral a été créé Polynésie française, au sein du service des domaines, pour acquérir petit à petit des zones du littoral afin de les protéger, cependant le peu de moyens financiers accordés à cette cellule l'ont empêchée de mener à bien sa mission et elle est entrée en désuétude même si elle existe toujours dans les textes. La mise en place de réglementation avec les législations française et européennes et un « code de pratiques environnementales » est aussi en cours d'élaboration.

Une prise de conscience voit le jour dans de nombreux services territoriaux et associations au travers de communiqués dans les journaux, la radio, la télévision, de la présentation de posters et de l'organisation de conférences. Chaque année a lieu des journées consacrées à la vulgarisation des connaissances scientifiques « la science en fête ». La fondation « Naturalia Polynesia » en association avec le Criobe-Ephe a publié pendant 5 ans (1995-99) une double page mensuelle sur les récifs coralliens dans les récifs coralliens dans les deux journaux édités en Polynésie française.

Lacunes au niveau de la surveillance et de la conservation et conclusions

Le réseau de surveillance de la population benthique du lagon de Tahiti, mis en place par la délégation à l'environnement, devra être étendu aux autres îles de l'archipel de la Société que se développent rapidement. La surveillance de la qualité des eaux du lagon est de plus en plus importante à la fois pour les ressources alimentaires mais également pour la santé des populations locales et développement touristique. De plus en plus de touristes réclament des informations sur la qualité des eaux.

Une capacité suffisante de conservation existe en Polynésie française mais il est indispensable d'améliorer la coordination entre les différents services concernés par les récifs coralliens, les ressources et les activités lagonaires, et les organismes de recherche ainsi que ceux en charge du développement afin d'obtenir de meilleurs résultats dans la conservation et la gestion durables. Un comité polynésien

en faveur des récifs corallien a été récemment et fait partie de l'Ifrecor, Initiative Française en faveur des Récifs Coralliens qui se décline elle même de l'Initiative Internationale en faveur des Récifs Coralliens d'ICRI (International Coral Reef Initiative). Il aura les moyens de faire progresser une gestion durable des récifs et de leurs ressources à condition qu'un intérêt constant anime les autorités de la France et du Territoire. Dernier: dernière ligne: « temps, surtout pour les récifs des concentrations de population ».

En résumé, alors qu'il y a une masse considérable d'informations disponibles sur les divers systèmes récifaux présents en Polynésie française, qui sont sans doute les mieux étudiés de la région, on constate une gestion médiocre de ces ressources, alors que les récifs sont fondamentaux pour l'économie de la Polynésie française en fournissant à la fois nourriture et supports de l'industrie de la perle noire et du tourisme, sans oublier la pêche hauturière de thon et certaines productions aquacoles.

Avec une population en forte croissance, les menaces qui pèsent sur les récifs et leurs ressources sont aussi en augmentation, surtout sur les îles développées de l'archipel de la Société. Il sera nécessaire de créer plus de zones marines protégées dans le cadre des conventions internationales (Patrimoine mondial, réserves de biosphères de l'Unesco, et Ramsar) et de la législation locale. Des programmes de gestion des récifs et écosystèmes associés doivent être lancés comme les plans de gestions des zones marines (PGEM) qui ont été mis en place à Moorea et à Bora-Bora. Les programmes de surveillance mis en place par le gouvernement devraient être opérationnels et annuels et être étendus géographiquement. Le renforcement de la loi est une nécessité qui a été mentionnée dans des rapports précédents. Une plus grande implication du gouvernement sur les questions environnementales et dans les programmes de gestion est nécessaire. Des données suffisantes existent et peuvent servir de base à des programmes de gestion, mais le temps presse, surtout pour les récifs à proximité des concentrations de population.

Références, voir pages 134.

DOCUMENTS
SCIENTIFIQUES
et TECHNIQUES

II5

Volume spécial

*Coral reefs in the Pacific:
Status and monitoring,
Resources and management*

**Les récifs coralliens du Pacifique :
état et suivi,
ressources et gestion**



Institut de recherche
pour le développement

CENTRE DE NOUMÉA

**DOCUMENTS
SCIENTIFIQUES
et TECHNIQUES**



Publication éditée par :
Centre IRD de Nouméa
BP A5, 98848 Nouméa CEDEX
Nouvelle-Calédonie
Téléphone : (687) 26 10 00
Fax : (687) 26 43 26

L'IRD propose des programmes regroupés en 5 départements pluridisciplinaires :

- I DME Département milieux et environnement
- II DRV Département ressources vivantes
- III DSS Département sociétés et santé
- IV DEV Département expertise et valorisation
- V DSF Département du soutien et de la formation des communautés scientifiques du Sud

Modèle de référence bibliographique à cette revue :

Adjeroud M. *et al.*, 2000. Premiers résultats concernant le benthos et les poissons au cours des missions TYPATOLL.
Nouméa : IRD. *Doc. Sci. Tech.* II 3, 125 p.

ISSN 1297-9635

Numéro **II 5** - **Septembre 2002**

© IRD 2002

Distribué pour le Pacifique par le Centre de Nouméa

*A regional symposium
International Coral Reef Initiative (ICRI)
Symposium régional*

International Coral Reef Initiative (ICRI)
22-24 Mai 2000
Noumea IRD Centre - New Caledonia

*Coral reefs in the Pacific:
Status and monitoring,
Resources and management*

Les récifs coralliens du Pacifique :
état et suivi, ressources et gestion