



HAL
open science

La gestion des récifs coralliens de Polynésie française

Bernard Salvat, Annie Aubanel

► **To cite this version:**

Bernard Salvat, Annie Aubanel. La gestion des récifs coralliens de Polynésie française. Revue d'Écologie, 2002, 57 (3-4), pp.193-251. hal-03529929

HAL Id: hal-03529929

<https://hal.science/hal-03529929v1>

Submitted on 17 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA GESTION DES RÉCIFS CORALLIENS DE POLYNÉSIE FRANÇAISE

Bernard SALVAT¹, & Annie AUBANEL²

SUMMARY

In the Central Pacific, the 84 high volcanic islands and 34 atolls are inhabited by 231 000 Polynesians who arrived from South East Asia some two thousands years ago. Their culture is oceanic with an intimate connection between man and coral reefs and their resources. Culture and traditions are still strong. After being colonized by France in 1842, French Polynesia became autonomous in 1984 with its own government, and total control of the environment. Tourism and black pearl export are the main economic activities at the moment. The PNP is the largest of all the 23 countries or territories of the South Pacific.

The island diversity of these young oceanic islands is important, especially for low islands from open to very close lagoons. Important scientific knowledge of coral reefs come from intensive studies made over 40 years, especially in Moorea, with more than 800 publications.

Natural perturbations affecting coral reefs are catalogued along with their impacts. Tsunamis and cyclones are very rare or rare but play a major role in the morphological evolution of atolls. Coral bleaching with mortality has become more frequent over the 3 last decades with major events in 1991, 1994 and 1998. According to some scenario related to global climatic change and sea surface temperature increase for the next century, we can expect the worst with a complete collapse of coral reefs if the corals and their symbiotic algae do not adapt.

Human activities, almost exclusively in some Society Islands, especially Tahiti and its large urban zone, have major impacts on coral reefs. Extracting activities of coral sand and blocks is now prohibited but embankments are frequent. Populated islands such as Tahiti and Moorea urgently need some collectors of sewage whose nutrients benefit to algae more than to corals. Fishing is culturally and economically important for Polynesian people even if it is for subsistence and very local market. Depletion of stocks occurred only in populated areas of some Society Islands. Other edible resources (molluscs, echinoderms, crustaceans) are much less important and turtle are protected. After a colonial exploitation of the mother-of-pearl oyster during the two last centuries for the nacreous button market, the black lip oyster is now cultivated for the production of about 11 tons of black pearls in 1999. But the millions of oysters in more than 50 lagoons with employment of more than 5000 persons, need some regulations for the ecology of the coral reef ecosystem as for the world black pearl market. Aquaculture never developed due to rarity of land and cost of labour. Tourism activities need healthy reefs and lagoon waters due to such a nature and ecotourism destination.

Many coral reef monitoring programmes have been launched with different time scale and areas of study. A lot of results identify both natural and anthropogenic causes of degradations. Only a few protected coral reef areas exist but none with tourism activities.

¹ Ecole Pratique des Hautes Etudes, UMR CNRS 8046, Université de Perpignan - CRILOBE BP 1013, Moorea, Polynésie française. <bsalvat@univ-perp.fr>

² Service de l'Urbanisme, IFRECOR-Polynésie, BP 866, Papeete, Tahiti, Polynésie française. <annie.aubanel@urbanisme.gov.fr>

Reef and lagoon management plans are under way from consensus of all stakeholders. Restoration of degraded sites are experimental but very expensive. Environmental associations are inescapable political partners.

Preservation of culture and natural heritage with such an intimacy between man and coral reefs are cornerstones for the future of French Polynesia and constitute its originality in the world.

RÉSUMÉ

Au cœur du Pacifique, la Polynésie française (84 îles hautes volcaniques et 34 atolls) compte 231 000 habitants. Arrivé du sud-est asiatique il y a quelque deux millénaires, ce peuple de la mer a une culture, encore très forte de nos jours, intimement liée à l'environnement corallien et à ses ressources. Colonie française en 1842, la Polynésie française est un Territoire autonome avec son propre gouvernement qui a toute compétence en matière environnementale. Le tourisme et la production de perles noires sont les deux activités économiques majeures et le PNB par habitant est le plus élevé des 23 pays du Pacifique Sud.

La diversité de ces jeunes îles océaniques est importante, tout particulièrement celle des atolls, des plus ouverts aux plus fermés. Les récifs coralliens de Polynésie française sont les mieux connus du Pacifique Sud, notamment ceux de Moorea, suite à une intense activité de recherche depuis 40 ans, avec plus de 800 publications.

Les perturbations naturelles comme les tsunamis et les cyclones sont relativement rares, mais jouent un rôle important dans l'évolution morphologique des atolls. Les phénomènes de blanchissement et de mortalité des coraux sont devenus plus fréquents au cours des trois dernières décennies, notamment en 1991, 1994 et 1998. Les prédictions d'élévation de température des eaux océaniques au cours du prochain siècle, en raison du changement climatique mondial, font craindre une disparition complète des récifs si les coraux et leurs algues symbiotiques n'ont pas la capacité de s'adapter.

La dégradation des récifs coralliens en raison d'activités humaines est limitée aux îles de la Société, tout particulièrement dans la zone urbaine de Tahiti. Les extractions de matériaux sont maintenant interdites, mais les remblais en zone frangeante sont fréquents. La collecte et le traitement des eaux usées sont devenus une impérieuse nécessité à Tahiti et à Moorea où l'enrichissement en nutriments favorise les algues au détriment des coraux. La pêche est une pratique culturelle et une activité économique importante même s'il ne s'agit que de consommation locale. Elle entraîne dans les îles peuplées (îles de la Société) une forte diminution des stocks de poissons. Les autres ressources des récifs et lagons sont moins importantes ; les tortues sont protégées. Après une exploitation de deux siècles de la nacre pour le marché florissant des boutons, l'huître nacrée est maintenant élevée pour la production de perles noires (11 tonnes en 1999). Mais les élevages de millions de ces nacres dans quelque 50 îles (plus de 5 000 emplois) exigent des réglementations pour la préservation écologique des lagons et pour l'exportation des perles sur le marché mondial. L'aquaculture ne s'est pas développée en raison du peu de terres disponibles et d'une main d'œuvre relativement chère. Tahiti ayant l'image touristique d'une destination nature, la préservation d'un état de santé satisfaisant des récifs et des lagons est d'autant plus indispensable qu'elle doit être associée à l'écotourisme.

Plusieurs programmes de surveillance du milieu corallien ont été mis en place depuis une dizaine d'années et couvrent l'ensemble du Territoire. De nombreux résultats illustrent l'impact sur les récifs des perturbations naturelles et anthropiques. Les quelques sites coralliens protégés n'ont aucune insertion dans l'économie touristique. Des plans de gestion des espaces lagunaires se mettent en place après consensus des catégories d'usagers. Les restaurations de sites coralliens dégradés sont rares, expérimentales et très coûteuses. Le mouvement associatif pour la défense de l'environnement est devenu un partenaire politique incontournable.

La culture polynésienne est intimement liée au patrimoine naturel, et tout particulièrement au domaine corallien. C'est ce qui fait l'originalité de cet ensemble au niveau mondial et ce qui constitue son atout majeur pour l'avenir à condition que culture et milieu naturel soient préservés.

INTRODUCTION

La Polynésie française en plein cœur du Pacifique est un des hauts lieux du monde corallien. Ses 118 îles réparties en 5 archipels offrent un éventail original et unique de diversité géomorphologique et de communautés coralliennes adaptées. Ce patrimoine naturel océanique et littoral, un des mieux connus de l'Océanie, fait partie intégrante de la culture polynésienne. Le monde corallien polynésien est le mieux préservé à l'échelle de la planète, loin des masses continentales et des pressions d'une démographie humaine galopante. Mais il subit toutefois les conséquences des perturbations naturelles ou des activités humaines qui se développeront dans l'avenir et dont il faut être au fait pour tenter d'y remédier. Les conséquences des prévisions du réchauffement climatique mondial ne doivent pas être absentes du débat. Les ressources des récifs et des lagons, qu'il s'agisse de prélèvements ou d'utilisation de l'espace, ont toujours été et sont toujours au cœur de l'économie de la Polynésie française : consommation des produits de la mer, perliculture et tourisme, pour ne citer que les plus essentielles à l'heure actuelle. La surveillance de l'état de santé des récifs et lagons s'impose pour identifier les modifications qui interviennent, pour évaluer les tendances et déterminer les causes et les responsables de ces modifications. La conservation et la gestion durable du milieu corallien et de ses ressources sont à l'ordre du jour et doivent se développer.

Tels sont les thèmes qui seront abordés dans cet article. Les récifs et les lagons seront toujours l'âme et les atouts économiques de la Polynésie française et de ses habitants.

PRÉSENTATION DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

LA POLYNÉSIE FRANÇAISE DANS LE PACIFIQUE

Située dans le Pacifique Sud, la Polynésie française occupe environ 2 500 000 km² d'océan du 134° 28' (Temoë) au 154° 40' Ouest (Manuae ou Scilly) et du 7° 50' (Motu One) au 27° 36' Sud (Rapa) (Fig. 1). Cette superficie est équivalente à celle de l'Europe de l'Ouest. La zone exclusive économique (ZEE) est de 5 500 000 km². Tahiti, l'île la plus haute et la plus grande de Polynésie française (2 241 m ; 1 042 km²) est située au milieu du Pacifique Sud, à 6 100 km de Sydney, à 8 000 km de Santiago du Chili, à 6 400 km de Los Angeles et à 9 500 km de Tokyo. La surface totale émergée des îles de Polynésie française est de 3 430 km². Les formations coralliennes représentent une surface de 1 800 km² et un linéaire de récifs face à l'océan de plus de 2 000 km (Gabrié, 1998). Les lagons ont une superficie de 7 000 km² (Wells, 1998). Le rapport terre-mer est de 0,16 %.

La Polynésie française fait partie du triangle polynésien qui ne couvre que 8 733 km² de terre pour 13,2 millions de km² d'océan (Wauthy, 1986), ce qui donne un rapport terre-mer de 0,066 %. Ce triangle polynésien dont les trois sommets sont les Hawaï, la Nouvelle-Zélande et l'île de Pâques compte plusieurs États ou Territoires associés : Cook, Kiribati, Niue, Pitcairn, Samoa américaines, Samoa occidentales, Tokelau, Tonga, Tuvalu, Wallis et Futuna. Avec la Micronésie et la Mélanésie, la Polynésie constitue l'Océanie. Toutes ces régions, caractérisées par d'innombrables petites îles groupées en archipels, ont des surfaces terrestres

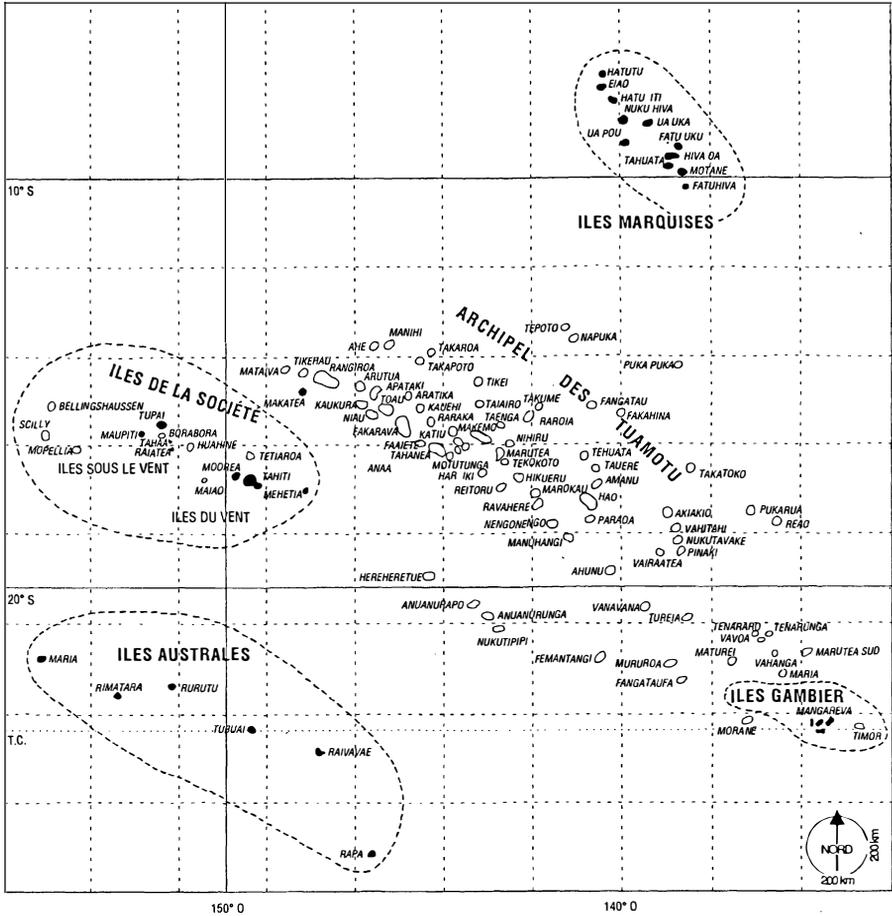


Figure 1. — Carte de la Polynésie française, 34 îles hautes volcaniques (en noir) et 84 atolls (en blanc). [Service Plan et Aménagement, Papeete, 1988, in Salvat *et al.*, 2001].

très faibles comparées aux étendues océaniques qui les entourent (Bleakely, 1995) ce qui induit une culture et une économie particulières, propres aux peuples d'Océanie.

LES CINQ ARCHIPELS

La Polynésie française est constituée de 118 îles dont 84 îles basses ou atolls (Tab. I) et 34 îles hautes volcaniques dont la plupart sont montagneuses avec un intérieur difficilement accessible. Les îles forment cinq archipels dont quatre sont constitués exclusivement ou en majorité d'îles volcaniques (Société, Gambier, Marquises et Australes) alors que le cinquième comprend uniquement des atolls au nombre de 76 (Tuamotu). Tahiti est l'île volcanique la plus grande (1 041 km²) et la plus haute (2 241 m). Toutes les autres ont une surface inférieure à 330 km² dont

TABLEAU I

Distribution des îles hautes volcaniques et des atolls dans les différents archipels de la Polynésie française.

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

19 inférieure à 50 km², leurs altitudes s'échelonnent entre 54 et 1 255 m. Les îles de chacun de ces archipels s'étirent le long d'un axe sud-est à nord-ouest. Cette orientation est liée à la présence de points chauds fixes sous le plancher océanique et à la dérive des plaques océaniques vers le nord-ouest, double phénomène qui a donné naissance aux chapelets d'îles de chaque archipel. L'âge des îles augmente

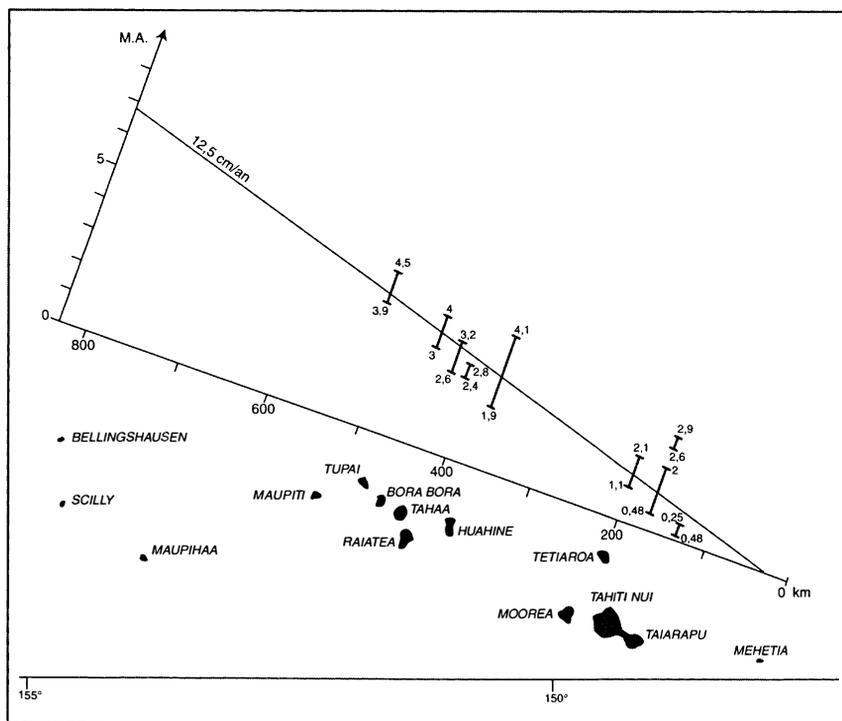


Figure 2. — Âges des îles dans l'archipel de la Société. Il est d'autant plus grand qu'il est éloigné du point où l'île fut formée (sud-est) avant de dériver vers le nord-ouest (Brousse, 1985, *in* Salvat *et al.*, 2001).

donc quand on se déplace du sud-est vers le nord-ouest (Fig. 2). L'archipel des Tuamotu est une exception à cet égard puisque les îles qui le forment ont donné naissance aux chapelets d'îles de chaque archipel. L'âge des îles augmente donc quand on se déplace du sud-est vers le nord-ouest (Fig. 2). L'archipel des Tuamotu est une exception à cet égard puisque les îles qui le forment sont le vestige corallien de sommets volcaniques d'un mini-continent qui fut formé sur la ride Est Pacifique et qui s'enfonça au cours de son déplacement vers le nord-ouest.

Salvat (1985) donne une classification géomorphologique des 84 îles basses. La taille de ces atolls varie énormément entre Rangiroa qui est le plus grand avec 1 800 km² et les plus petits qui ne dépassent pas 2 km². De plus amples renseignements sur la morphologie, la faune et la flore, ainsi que le secteur polynésien de l'océan Pacifique avec ses courants, sont donnés par Wells (1988), Gabrié & Salvat (1985), Rougerie & Rancher (1994), Payri & Bourdelin (1998), Hutchings & Salvat (2000), Salvat *et al.* (2001). Les principales valeurs climatiques moyennes sont données dans le tableau II.

TABLEAU II

Moyennes annuelles des données climatiques caractérisant la Polynésie française.

		Marquises	Tuamotu/Gambier	Société	Australes
Températures moyennes mensuelles estivales (°C)		25-27	23-28	24-28	20-26
Précipitations annuelles	Hauteur (m)	0,7-1,5	1,2-2,5	1,5-3	1,5-2,5
	Nb jours > 0,1 mm	120-200	190-230	150-250	160-180
	Nb jours > 10 mm	30-35	35-45	50-100	45-55
Orage (nb jours/an)		0-5	10-20	20-30	10-15
Insolation (nb heures)		2 400/2 900	2 800/2 900	2 600/2 700	2 100/2 300

LA POPULATION

La population de Polynésie française était de 231 500 âmes au 1^{er} janvier 2000 contre 220 000 lors du recensement de 1996, ce qui correspond à une densité de l'ordre de 55 habitants au km². Cette population se caractérise par un taux de croissance naturel d'environ 1,6 % par an (à mi-chemin entre les extrêmes que sont les Samoa Occidentales – 0,5 % — et les îles Salomon – 3,3 %), par sa jeunesse (51 % a moins de 25 ans) et par une certaine diversité ethnique (polynésiens, chinois, européens). Le ralentissement de la croissance démographique est le résultat de la baisse de natalité malgré un taux de fécondité encore élevé (2,7).

L'espérance de vie est de 71,5 ans (naissance en 1996). La population active est de l'ordre de 100 000 personnes. La projection du nombre d'habitants est de 257 000 pour 2007.

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 la population du Territoire vit dans la zone 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. Elle a augmenté aux îles Sous-le-Vent et aux Tuamotu par suite du développement de la perliculture et du tourisme ainsi qu'en raison de l'amélioration des infrastructures publiques.

Fondamentalement, l'ensemble de la population se concentre le long des étroites plaines littorales des îles hautes et sur une partie de couronne de chaque atoll car elle a toujours vécu de l'exploitation des ressources côtières. Au cours des 20 à 30 dernières années, l'augmentation de la population et une urbanisation galopante ont induit dans certaines zones une surexploitation 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 populations vers les villes, chacun partant à la recherche d'un emploi et d'un mode de vie différent.

LE CONTEXTE CULTUREL

Les polynésiens sont originaires de l'Asie du Sud-Est (Philippines et Indonésie) qu'ils ont quittée il y a environ 4000 ans avant J.C. Ils sont arrivés aux Marquises vers 200 à 300 avant J.C. à partir des îles Samoa et s'installent aux îles de la Société, puis aux Australes et enfin aux Tuamotu. Ces navigateurs entretiendront des relations soutenues avec les Tonga et les Samoa. Les peuplements des îles Hawaii et de l'île de Pâques vont avoir lieu de façon concomitante vers 500 ans après J.C., à partir des Marquises et du centre de la Polynésie. Puis ce sera le tour de la Nouvelle-Zélande. Peuples de la mer venus sur de grandes pirogues, la mer et ses ressources font partie de leur culture.

Les premiers européens à la recherche de la route des Indes vont découvrir les îles polynésiennes : Magellan à Puka-Puka ou Fakahina vers 1513 et Mendana aux Marquises en 1595. Ce n'est qu'en 1767 que Wallis fera une escale de 33 jours à Tahiti, puis Bougainville en 1768 (9 jours) et Cook en 1769 (3 mois) pour une mission scientifique sur une éclipse de Vénus. La population de Tahiti est alors estimée à 70 000 habitants, avant de chuter à 35 000 en 1797. L'unité sociale de base du polynésien est la maisonnée qui rassemble une famille étendue, communautaire et non individualiste comme le modèle européen. Les maisonnées sont regroupées, 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 un secteur de cercle allant d'un sommet de 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 au-delà du récif barrière.

Ce Territoire devient une colonie française en 1842 et les annexions s'échelonnent jusqu'en 1901 (Rimatara). Lorsqu'en 1874 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 terres et des lagons des anciens

polynésiens. La notion de propriété privée fait son apparition et avec elle celle d'un domaine public maritime inaliénable et imprescriptible. Ce bouleversement a provoqué pour le domaine terrestre l'installation d'une indivision systématique.

À partir de 1848 les premiers mariages mixtes donnent naissance à une classe sociale plus qu'ethnique : les demis. C'est à partir de 1865 qu'arrivent des chinois de Hong-Kong pour travailler le coton à Tahiti. Mais c'est au début du XX^e siècle que prend naissance la communauté chinoise avec l'arrivée de milliers de personnes en exode à Tahiti. Aujourd'hui, bien que la distinction entre les ethnies ne soit pas retenue au niveau des recensements, il est admis que les polynésiens (demis compris) représentent 83 % de la population, les européens 11 % et les chinois 4 %.

La société polynésienne est très tolérante et n'affiche aucun rejet ou ressentiment quelconque vis-à-vis des sociétés occidentales. Les polynésiens sont fiers de leur origine, de leur culture et de leurs traditions. Dans le cadre d'une large autonomie, d'un bon niveau de vie, et du présent développement économique, tous ces éléments concourent à un regain d'intérêt pour la culture et les traditions. À l'Université de Polynésie française un diplôme est délivré sur « héritage culturel et naturel ».

LE CONTEXTE POLITIQUE

En 1958 la Polynésie française devient Territoire d'outre-mer (TOM), ainsi que Wallis et Futuna, et la Nouvelle-Calédonie. En 1977 elle est dotée d'un statut d'autonomie de gestion puis en 1984 d'un statut d'autonomie interne et obtient toute compétence en matière d'environnement, entre autres.

Le Territoire est dirigé aujourd'hui par une assemblée législative dont le nombre de conseillers territoriaux est passé de 41 à 49 avec une proportion nettement plus importante de femmes suite à la loi sur la parité. Ces conseillers 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 gouvernement de la Polynésie française comprend différents services dont certains assument des responsabilités au niveau de l'environnement marin et de ses ressources. Le représentant de l'État est un Haut-commissaire. L'évolution statutaire du Territoire va vers une plus large autonomie et des compétences élargies au niveau international.

Depuis 1984, suite à la promulgation de la loi d'autonomie, toutes les questions relatives à l'environnement sont de la compétence de la Polynésie française. En 1985, la délégation à l'environnement est créée et placée sous la responsabilité du Ministre de l'Environnement. D'autres ministères ont la responsabilité de secteurs comme la mer (avec les services de la pêche et de la perliculture), l'aménagement du territoire, la recherche, le tourisme, etc.

Le Territoire de la Polynésie française est un des 22 États et Territoires membres de la Commission du Pacifique Sud, devenue en 1997, la Communauté du Pacifique Sud. Cette organisation apolitique a été créée en 1947 sous l'impulsion de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande avec les puissances métropolitaines d'alors (États-Unis, Grande-Bretagne, France et Pays-Bas). La Polynésie française n'est pas membre du Forum du Pacifique Sud créé en 1971 et regroupant 15 chefs d'États indépendants et autonomes du Pacifique Sud. La Polynésie française fait partie de l'Union Européenne, comme la Nouvelle-

Calédonie et Wallis et Futuna, de même que les anciens Territoires du Commonwealth. À ce titre et en tant que PTOM (Pays et Territoires d’Outre-mer), la Polynésie française bénéficie de dotations du Fond Européen de Développement (FED) et de prêts de la Banque Européenne d’Investissement (BEI). Ce régime d’association sera en vigueur jusqu’en 2011. La monnaie en cours en Polynésie française est le franc CFP dont la parité avec le franc et donc avec l’euro est fixée par la France : 1 euro = 119,33 FCFP.

Les conventions internationales ratifiées par la France sont applicables aux Territoires d’Outre-mer. En matière d’environnement il s’agit de la convention de Ramsar sur les zones humides (1971), de la convention du patrimoine mondial de l’humanité de l’UNESCO (1972) même si aucun site n’a été retenu en Polynésie française, de la convention de Washington (CITES) sur les espèces en danger et leur commercialisation (1973), de la convention de Bonn sur les espèces migratrices concernant les oiseaux, les tortues et les mammifères marins (1979), et de la convention de Rio sur la diversité biologique (1992).

Des conventions internationales régionales ont été signées en 1976 à Apia et en 1996 à Nouméa, concernant la protection des ressources naturelles dans le Pacifique Sud. Le PROE, Programme Régional Océanien sur l’Environnement du Pacifique Sud, basé à Apia aux Samoa, aide tous les pays de la région à protéger et à gérer leurs ressources environnementales marines. Il est le correspondant du Programme des Nations Unies pour l’Environnement (PNUE). 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 est en progrès.

LE CONTEXTE ÉCONOMIQUE

Un contrat de développement a été signé entre l’État français et la Polynésie française, afin de maintenir une partie des transferts financiers de la France métropolitaine vers la Polynésie à la fin des essais nucléaires en 1996. Ce contrat de développement doit permettre à la Polynésie française, qui exporte quelques produits, d’acquérir une certaine indépendance économique. Le dernier contrat de développement (2000-2004) n’a été que partiellement mis en œuvre au cours de ses deux premières années.

Le secteur tertiaire est dominant économiquement (1996) avec près de 70 % des emplois contre 15 % à l’agriculture, 9 % à l’industrie et 6 % à la construction (ITSTAT, 1999). Le secteur pêche n’est pas recensé en tant que tel ; les pêcheurs qui n’ont pas de statut professionnel sont comptabilisés dans le secteur agricole.

L’exportation actuelle 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 représentait 90 % des exportations en 1999 avec un chiffre d’affaires de l’ordre de 163 millions d’euros (19,5 milliards CFP) et une production de 10,8 tonnes. Sur l’ensemble de la décennie, ce secteur a insufflé dans l’économie polynésienne une somme de devises équivalant à 880 millions d’euros. Mais les exportations de perles brutes affichent un recul de 33 % sur l’année 2001. Les raisons avancées sont : la baisse de la qualité des perles et les ventes parallèles à celles des enchères

internationales. La seconde exportation concerne le « Nono » ou « Noni » fruit d'un arbre, le *Morinda citrifolia*, pour utilisation pharmacologique et cosmétique, et qui représente environ 15 % de la production agricole mais seulement 4 % en valeur avec 2,2 millions d'euros (261 millions de francs CFP). 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.

Le tourisme reste toutefois la première industrie du Territoire puisqu'il représente un chiffre d'affaires estimé à 305 millions d'euros (417 milliards CFP), soit 7 % du PNB. On compte actuellement 50 hôtels et 3 305 chambres auxquels il faut ajouter les pensions de famille. Cette industrie emploie environ 4 500 personnes. Au cours de l'année 2000, quelque 252 000 visiteurs sont venus en Polynésie, ce qui est moins qu'aux Fiji (300 000) et beaucoup moins qu'à Guam (1 million) ou qu'aux Hawaï (7 millions). Ce dernier chiffre inclut les croisiéristes (paquebots croisières). Le tourisme dans les états insulaires du Pacifique Sud ne représente que 0,5 % du tourisme mondial et la Polynésie y émerge pour 6,5 % (Salvat & Pailhe, 2002). Le tourisme à Tahiti est relativement récent et ne débuta que dans les années 1960. En 1970 on comptait moins de 50 000 touristes pour 1 300 unités hôtelières. 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 apnée ou en bouteille, du shark-feeding, ainsi que des sports nautiques. La plupart des hôtels se trouvent à Tahiti, Moorea et Bora-Bora. L'événement du 11 septembre 2001, la fermeture du Club Méditerranée (300 unités) en décembre 2001 et l'arrêt des deux paquebots croisières Renaissance (690 cabines, 47 211 passagers en 2000) ont sérieusement modifié les résultats attendus puisque les 11 premiers mois de 2001 affichent une chute de 8,54 % du nombre des touristes. En revanche, les données restent dans l'ensemble supérieures à celles enregistrées en 1999. Le rapport du nombre de touristes au nombre d'habitants reste voisin de 1. Face aux touristes, le polynésien fait preuve d'une grande hospitalité et les considère sur le même pied d'égalité et non de servilité, de dépendance, ou d'infériorité à l'occasion des prestations qu'il leur offre (di Castri, 2002).

Au sein du Pacifique Sud, la Polynésie française présente un PNB par habitant très important (16 930 US \$ en 2000) surtout comparativement aux archipels les plus proches. Niue, Cook et Tokelau ont un PNB par habitant compris en 4 000 et 7 000 US \$ alors que pour Tonga et Kiribati il est inférieur à 2 000. Il est de 3 630 US \$ à Wallis et Futuna mais de 15 160 US \$ en Nouvelle Calédonie.

LES RÉCIFS CORALLIENS DE POLYNÉSIE FRANÇAISE

L'objectif de ce chapitre n'est pas de résumer toutes les connaissances scientifiques accumulées sur les récifs et les lagons de Polynésie française car notre propos essentiel est celui des ressources des récifs et de leur état de santé. Il s'agit de présenter l'originalité de ces formations et de donner quelques indications et des références sur les connaissances acquises et les travaux en cours.

LA DIVERSITÉ GÉOMORPHOLOGIQUE DES ÎLES ET LEUR ORIGINALITÉ

La plupart des 118 îles de la Polynésie française comportent un récif frangeant accolé à la partie terrestre, un lagon plus ou moins grand et un récif

barrière. On note toutefois quelques exceptions à ce schéma général, comme les îles Marquises, Mehetia île récente de l'archipel de la Société et Rapa dans l'archipel des Australes. Un des intérêts majeur de la Polynésie française pour la recherche scientifique tient à la grande diversité géomorphologique de ses formations insulaires où chaque île et lagon est un laboratoire unique d'évolution. Tous les intermédiaires existent entre des îles volcaniques jeunes et sans récif et les atolls qui sont leur stade ultime d'évolution. Tous les intermédiaires existent entre des atolls aux lagons largement ouverts sur l'océan par des passes assurant d'importants échanges d'eaux entre océan et lagon, et des atolls totalement fermés. De plus, la faible largeur du système récifo-lagonaire (souvent moins d'un kilomètre) entourant les îles hautes, entre la terre et la pente externe côté océan, est une caractéristique originale qui fournit des opportunités particulières pour le développement de problématiques scientifiques.

De ce fait, ces îles ont été le lieu de nombreux programmes de recherches pluridisciplinaires sur les récifs et les lagons. Des problématiques écologiques intéressantes peuvent trouver un terrain expérimental de choix dans la diversité géomorphologique présente en Polynésie française. Un exemple en est l'expédition franco-australienne en 1994 sur l'atoll de Taiaro, réserve de biosphère, dans l'archipel des Tuamotu. Cette expédition a étudié comment les populations de poissons se nourrissaient et se reproduisaient dans le lagon de cet atoll légèrement surélevé et sans entrées d'eau océanique permanentes ou directes induisant une salinité des eaux bien supérieure à celle de l'océan. Alors que ce lagon contient peu d'espèces océaniques du 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).

Les 84 atolls de Polynésie française sont essentiellement regroupés dans l'archipel des Tuamotu qui en comporte 76, étant l'archipel qui compte au monde le plus d'unités insulaires. Ces atolls offrent une extrême diversité de l'atoll ouvert avec 3 passes (Amanu) à l'atoll comblé par les sédiments (Nukutavake) et même soulevé (Makatea). Par ailleurs, les atolls de Polynésie française se caractérisent par l'important isolement de leurs lagons comparativement aux 336 autres atolls de Micronésie, de Mélanésie ou d'ailleurs dans le monde (Salvat, 1967). Ce degré de fermeture s'exprime par le nombre réduit d'atolls ouverts présentant une ou plusieurs passes. Il s'exprime aussi par la rareté de secteurs submergés des couronnes coralliennes des atolls des Tuamotu. Ailleurs, les lagons sont plus ouverts sur l'océan. Les caractéristiques de confinement des eaux lagunaires des atolls de Polynésie française leur confèrent des compositions floristique et faunistique très particulières et toutes différentes d'un lagon à l'autre. Ce confinement est responsable de l'extraordinaire dominance de quelques espèces qui, comme les huîtres nacrées du genre *Pinctada*, ont été et sont des ressources économiques importantes : leur nacre depuis deux siècles et leur élevage pour la perliculture depuis une trentaine d'années.

LA CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE DES RÉCIFS

Le progrès des connaissances scientifiques sur les écosystèmes coralliens de Polynésie française a été le fait de services territoriaux et d'organismes de recherche depuis une quarantaine d'années. Les premiers dépendent du Gouvernement du Territoire et il s'agit essentiellement de travaux appliqués avec un

regard accentué sur les problèmes économiques et de gestion des ressources. Les seconds travaillent dans des domaines fondamentaux et/ou appliqués. Concernant le milieu corallien et en retenant les structures existant en 2002, il s'agit pour les premiers, des services de la pêche, de la perliculture, de l'hygiène et de la salubrité publique, de l'urbanisme, du tourisme, ainsi que des délégations à l'environnement et à la recherche. Pour les seconds, l'Institut de Recherches Médicales Louis Malardé dépend du territoire alors que les autres sont des organismes métropolitains : le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement de Moorea, antenne de l'École Pratique des Hautes Études (CRIOBE-EPHE) dont la base arrière est au Centre d'Ecologie Tropicale de Perpignan (association avec le CNRS), l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), l'Institut de Recherches pour le Développement (IRD, ex. ORSTOM), l'Université de Polynésie Française (UPF). Signalons également une antenne de recherche de l'Université de Berkeley (Californie) : la « GUMP Station » à Moorea. Une bibliographie sélective relative à la biologie et à l'écologie des récifs de Polynésie française portant sur les années 1960 à 1990 a été publiée (Salvat, 1991). Elle contient plus de 300 références. Depuis 1982 les publications scientifiques issues des travaux de recherches menées au CRIOBE sont recensées dans un bulletin de liaison annuel ou bisannuel, « OFAI ». En 1988 l'ORSTOM a publié un répertoire bibliographique des travaux menés par ses chercheurs entre 1955 et 1988 (Monnet *et al.*, 1988), mais aucun autre répertoire de ce type n'a été publié depuis.

Les études environnementales en milieu corallien — pour l'essentiel des études d'impact — commencèrent en 1970. Le nombre important de ces études recensées par Aubanel & Salvat (1990) démontrait à la fois, la préoccupation de l'administration et du secteur privé à une certaine préservation de l'environnement, mais aussi la disponibilité des organismes et l'intérêt qu'ils portaient aux problèmes de gestion de l'espace et de ses ressources et au développement du Territoire. Les équipes du seul centre de recherches CRIOBE de Moorea ont réalisé quelque 120 études contractuelles sur des dizaines d'îles de Polynésie française, études qui sont toutes consultables à Moorea et à Perpignan.

Grâce au nombre important d'études menées en milieu marin, de nombreux récifs polynésiens sont bien connus. Le complexe récifal le plus étudié, et maintenant un des mieux connus au monde, est celui du secteur de Tiahura, au nord-ouest de Moorea avec plus de 350 publications et une cinquantaine de thèses au cours des 30 dernières années. C'est à partir du centre de recherches de Moorea, créé en 1971, actuellement « Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement de l'École Pratique des Hautes Études » (CRIOBE-EPHE) que se sont développées ces recherches sur Moorea et sur quelque 70 îles du Territoire. Il est important de noter que de très nombreuses données scientifiques sont disponibles sur les récifs de Moorea et sur ceux de l'atoll de Takapoto, par suite de la focalisation des recherches sur ces deux îles dans le cadre du programme MAB (l'Homme et la Biosphère) de l'UNESCO. Lancé en 1971 sur le thème de la gestion rationnelle des écosystèmes insulaires, ce programme développa des études pluridisciplinaires en sciences naturelles, économiques, sociales et médicales (Salvat, 1988 pour références bibliographiques). Par ailleurs, les récifs de Tahiti et les atolls de Mataiva et de Tikehau ont été particulièrement étudiés pour diverses raisons : Tahiti, grâce à de nombreuses études d'impact en zone littorale (littérature grise) ; Tikehau, suite à un programme de recherches « Atoll » lancé par l'ORSTOM en 1982 (Intes & Caillart, 1994 pour références) ; Mataiva par de

nombreuses études liées au projet d'exploitation des phosphates du lagon, exploitation qui n'a jamais vu le jour (Delesalle, 1985 pour références). Les atolls de Moruroa et de Fangataufa ont été particulièrement étudiés avant et après les essais nucléaires qui ont eu lieu sur ces atolls de 1966 à 1996 (Guille *et al.*, 1993 ; Bouchez & Lecomte, 1995 ; Bablet *et al.*, 1997 ; pour nombreuses références).

La perliculture devenant un intérêt économique primordial pour le territoire, un premier Programme Général de Recherche sur la Nacre (PGRN) a été lancé, suivi d'un second tout au long des années 1990. Une quinzaine de thèses ont été soutenues sur ce sujet dans des domaines très variés, allant de la génétique à la physiologie, en passant par l'écologie de la nacre (et de ses épibiontes), et des conséquences des élevages de la nacre sur le milieu. Sans doute plus d'une centaine de travaux ont-ils été publiés sur le sujet sans compter les rapports à diffusion restreinte. On doit malheureusement déplorer que le recensement de cette abondante littérature ne soit pas disponible.

En 1993 l'ORSTOM publiait « l'Atlas de Polynésie française » avec les contributions de nombreux auteurs relatives aux récifs et lagons coralliens. Un programme de recherches a été lancé en 1994 par l'ORSTOM devenu depuis Institut de Recherche pour le Développement (IRD) : « Typatoll ». L'objectif du programme était la réalisation d'études pluridisciplinaires en sciences de la nature sur une douzaine d'atolls pour établir leurs caractéristiques de structure et de fonctionnement et aboutir à une classification de tous les atolls de la Polynésie française (Dufour & Harmelin-Vivien, 1997). Les études ont porté sur les communautés benthiques et planctoniques des lagons, la typologie des atolls, les cycles du carbone et de la matière organique, les temps de séjour des eaux lagunaires et sur les interrelations entre toutes ces caractéristiques. L'approche par télédétection a été une composante importante de ce programme pour plusieurs des domaines susmentionnés (voir Andrefouet *et al.*, 2001 ; Pages & Andrefouet, 2001 pour références). L'étude de 9 atolls du centre des Tuamotu a mis en évidence les relations entre les caractéristiques géomorphologiques et leurs conséquences hydrodynamiques, d'une part, et la diversité des peuplements macro-benthiques, d'autre part (Adjeroud *et al.*, 2000). Par diverses analyses statistiques, les auteurs ont démontré plusieurs corrélations entre ces caractéristiques (surface, pâtés coralliens, passes, degré d'ouverture sur l'océan...) et les peuplements, comme la richesse spécifique qui augmente avec la surface des lagons ou encore avec la présence et l'abondance de pâtés coralliens.

LA RÉPARTITION DES COMMUNAUTÉS DES RÉCIFS CORALLIENS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES

La faible diversité des principaux peuplements 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 & Schulter, 1997). Avec un total de 1159 espèces de mollusques, 346 d'algues, 168 de coraux et 30 d'échinodermes, la Polynésie française est une zone de faible diversité de la « Province Pacifique » (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. À titre comparatif, notons que la Grande Barrière de Corail d'Australie héberge 350 espèces de coraux (avec 110 genres), 4 000 espèces de

mollusques et plus de 1 500 espèces de poissons (Veron, 1993). Deux raisons principales expliquent cette différence : 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 de toutes les espèces (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 adaptées à une dispersion à 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 & 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 comparativement 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, d'une part, et les autres, d'autre part (Gabrié, 1998).

Les Acroporidés (*Acropora*, *Montipora*), les Faviidés (*Favia*, *Leptastrea*,...), et les Agariciidés (*Pavona*, *Leptoseris*,...) présentent la plus grande diversité en nombre d'espèces. Dans les lagons des îles hautes, certains genres sont dominants comme *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 près de la moitié des colonies), les *Acropora* et les *Porites*. Le pourcentage de recouvrement en corail vivant y est d'environ 40 à 60 %, dans des conditions saines et jusqu'à environ 15 mètres de profondeur, mais le recouvrement corallien peut dépasser 90 % à des profondeurs plus importantes de la pente externe du récif, jusqu'à 90 mètres comme c'est le cas des communautés à *Pachyseris-Leptoseris*.

La répartition des colonies de coraux autour de l'île haute de Moorea a été étudiée récemment par Adjero (1997, 2000), 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 communautés benthiques de fonds meubles ont été récemment étudiées autour de l'île de Tahiti (Frouin, 2000 ; Frouin & Hutchings, sous presse) alors que d'autres plus anciennes avaient été réalisées à Moorea (Thomassin *et al.*, 1982) et dans le lagon de Moruroa (Salvat & Renaud-Mornant, 1969).

LA RÉPARTITION DES COMMUNAUTÉS DE POISSONS

La diversité des poissons, environ 800 espèces, a été établie dans l'écosystème corallien de Polynésie française (Randall, 1985) ainsi que leur structure communautaire, leur répartition (Galzin, 1987a ; Galzin & Legendre, 1988 ; Legendre *et al.*, 1997) et leur abondance supérieure à 2 tonnes par hectare (Chauvet & Galzin, 1996). La variation des peuplements de poissons est bien

connue à différentes échelles temporelles de la plus petite — jour, mois, saison (Galzin, 1985 ; Galzin, 1987b ; Planes *et al.*, 1993) 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 sont basées sur les comparaisons inter-îles entre différents écosystèmes (atolls et îles hautes), entre différentes îles et archipels jusqu'à des considérations biogéographiques à l'échelle du Pacifique (Galzin, 1985 ; Galzin *et al.*, 1994 ; Planes, 1997 ; Planes *et al.*, 1996).

Les études sur les structures trophiques et la production sont également importantes, principalement sur la radiale de Tiahura à Moorea et sur l'atoll de Tikehau (Caillart *et al.*, 1994 ; Arias Gonzales *et al.*, 1997). Les études sur le recrutement larvaire et les résultats obtenus ont conduit à envisager certaines applications comme le ré-ensemencement en juvéniles de zones dépeuplées (Dufour & 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 et à la région. Les résultats obtenus seront à intégrer dans la gestion des stocks exploités pour la pêche de subsistance en relation avec les aires marines protégées (Planes & Galzin, 1998).

LES PERTURBATIONS NATURELLES ET LEURS IMPACTS SUR LES RÉCIFS

À l'échelle récente de l'observation humaine, échelle séculaire ou tout au plus millénaire, force est de constater que ce sont sans conteste les perturbations naturelles qui sont les plus dévastatrices pour les récifs coralliens. Lorsque ces perturbations naturelles interviennent, elles ont des conséquences sur les récifs sans commune mesure avec les impacts des activités humaines, somme toute limitées dans l'espace. Il n'est que de penser aux effets d'un cyclone anéantissant tout le couvert corallien de la pente externe d'une bonne partie d'un atoll, comme ce fut le cas à Mataiva ou à Tikehau (cyclone Veli en janvier 1998). Il n'est que de penser à la mortalité d'une colonie corallienne sur cinq sur les pentes externes des îles de la Société à la suite du phénomène de blanchissement de 1991. Il n'est que de penser aux crises dystrophiques et aux marées rouges ou vertes, parfois d'algues toxiques, qui se développent régulièrement dans les lagons aux eaux confinées à la faveur de conditions météorologiques et océanographiques défavorables, et qui entraînent la mortalité totale des peuplements comme ce fut le cas encore tout récemment à Bora-Bora en janvier 2002. Il n'est que de se souvenir des ravages occasionnés dans la communauté corallienne, en particulier pour les coraux branchus (*Acropora*) lors de l'explosion démographique de l'étoile de mer épineuse (*Acanthaster planci*) dans les années 1980. Ces perturbations naturelles s'abattent sans distinction sur toutes les îles, habitées et inhabitées, et l'ampleur des dégâts n'a d'équivalent que le secteur géographique concerné. À l'inverse, bien souvent, les dégradations et pollutions provoquées par l'homme restent limitées à quelques îles quand ce n'est pas à certains secteurs de ces îles, du moins pour la Polynésie française. C'est lors de ces perturbations naturelles que l'écosystème récif-lagon « vit » et se modifie, naturellement. Cela ne justifie pas que l'on puisse considérer comme dérisoires et sans importance les efforts d'une gestion rationnelle et durable du milieu et de ses ressources face aux dégradations et abus dus aux activités humaines. En effet, l'affaiblissement de la vitalité des

récifs par des causes anthropiques ne peut que rendre plus problématique encore la reprise des récifs après des événements catastrophiques naturels, et inversement.

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 des ces "blooms" dans divers endroits de l'archipel peut être reliée à de nombreuses perturbations naturelles (cyclones, haute mortalité des coraux) et à des perturbations anthropiques. Citons à titre d'exemple, 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 TSUNAMIS

Les tsunamis, ou raz de marées provoqués par des bouleversements sous-marins, sont peu fréquents en Polynésie française. Il faut distinguer ceux qui proviennent de l'activité volcanique de la ceinture de feu du Pacifique et qui ont pour origine des cataclysmes sous-marins en raison des mouvements de tectonique des plaques, et ceux qui peuvent être locaux et originaires de Polynésie française.

Les tsunamis atteignant la Polynésie française sont nés de forts séismes des zones de subduction à la périphérie du Pacifique. Le Territoire situé à plus de 8 000 km de la majorité de ces régions (à l'exception de la fosse des Tonga-Kermadec à 2 500 km) bénéficie d'une position privilégiée car une certaine dispersion d'énergie a eu lieu avant que les ondes hydrauliques ne l'atteignent. On considère que les blocs de platiers, tels que les blocs cyclopéens sur le récif nord-ouest de Rangiroa, sont le témoignage de tsunamis, du moins pour les plus imposants d'entre eux (12 × 10 × 5 m, 2 000 tonnes). Aucune datation précise n'a été faite du déplacement de tels blocs et donc des dates de tsunamis. La datation par les traditions orales et les généalogies feraient remonter à un tsunami très dévastateur vers le milieu du XVI^e siècle. Les tsunamis d'importance au cours du XX^e siècle ont eu lieu en 1946 et 1960 (origines respectives Aléoutiennes et Chili) et n'ont pas donné lieu à des ravages considérables. Faute de tsunamis importants récents, aucune étude scientifique n'a été possible quant à leur impact sur le milieu corallien.

Les bouleversements sous-marins d'origine locale sont peu documentés, mais l'atoll de Moruroa a donné l'exemple de glissements coralliens et sédimentaires en loupe de la partie supérieure de la pente externe à la suite d'expérimentations nucléaires souterraines entre 1977 et 1979 (Bablet *et al.*, 1995). Les marques de tels glissements sont très visibles sur les photographies aériennes où apparaît très nettement une échancrure topographique de la partie supérieure de la pente externe. Des constats analogues ont été faits sur des photos aériennes de pente externe d'atolls n'ayant pas subi d'expérimentations nucléaires souterraines, tel que Rangiroa (Bouchez & Lecomte, 1995). Ces fractures bordières sont du domaine des phénomènes naturels surtout si l'on considère la situation alternativement émergée puis à fleur d'eau des atolls au cours des périodes glaciaires et

interglaciaires du quaternaire. Ces effondrements donnent lieu à des ondes hydrauliques et à des vagues dévastatrices pouvant déferler sur l'atoll. Tel fut le cas à Moruroa en 1979 avec une vague de 2 mètres de hauteur qui recouvrit la partie sud-ouest de l'atoll. Il est évident que de telles vagues peuvent occasionner des dégâts sur les platiers récifaux et sont peut-être à l'origine de blocs de platiers que l'on trouve épars sur certains récifs extérieurs de la plupart des atolls.

LES CYCLONES

Les cyclones constituent une importante menace pour les récifs de la Polynésie française car ils sont inhabituels et les formations et communautés récifales ne sont pas adaptées à de telles perturbations. Les termes anglo-saxons et français prêtent à confusion pour désigner ces cyclones. La correspondance est la suivante avec les vitesses maximales près du centre de la dépression : a) dépression tropicale - tropical cyclone : 46-62 km/h. b) tempête tropicale - tropical storm : 63-116 km/h. c) cyclone tropical - hurricane : plus de 116 km/h.

Au cours du ^{xx}e siècle, la Polynésie a été parcourue par 47 dépressions et cyclones entre les latitudes sud 10 et 30 et entre les longitudes ouest 135 et 165. Une vingtaine de dépressions ou cyclones ont traversé les Tuamotu du centre. La plupart des cyclones dévastateurs en Polynésie française ont sévi au début du siècle en 1903-1906 avec plusieurs centaines de morts et plus récemment en 1982-1983. Au cours de cette dernière période, correspondant à un phénomène El Niño, 5 cyclones ont atteint le Territoire et la trajectoire de 3 d'entre eux est passée sur les îles de la Société. Les événements El Niño survenus en Polynésie française dans le passé récent, sur les 137 années de 1852 à 1990, ont été repérés par l'étude d'une carotte de corail (*Porites*) grâce à la composition isotopique en oxygène (Boiseau *et al.*, 1998).

Comme les tsunamis et les fractures bordières des pentes externes, les cyclones peuvent être responsables de la mise en place de blocs de platiers sur les couronnes récifales des atolls. C'est ce qui a été observé lors de la période cyclonique de 1982-1983 et que nous avons nous-mêmes noté sur l'atoll de Nukutipipi en 1983. Toutefois, ces blocs n'avaient pas les dimensions des plus énormes qu'on puisse rencontrer et qui sont vraisemblablement le témoignage de tsunamis.

Les impacts des houles cycloniques sur les pentes externes des atolls ont été étudiés avec parfois une mortalité totale du peuplement corallien. En effet, les colonies ont été cassées ou descellées par la violence des actions hydrodynamiques puis ballottées et projetées sur d'autres colonies en les cassant, avant de passer dans le lagon ou de rouler sur la pente externe vers les grands fonds (Harmelin-Vivien & Laboute, 1986).

Par ailleurs, le réseau de surveillance des peuplements coralliens des pentes externes mis en place au début des années 1990 (une quinzaine d'îles dans l'ensemble de la Polynésie) a permis de noter la vitesse de recolonisation naturelle après une destruction importante du couvert corallien. Quelques pentes externes de Moorea (entre les baies d'Opunohu et de Cook, Haapiti) prospectées chaque année, affichaient des recouvrements coralliens de 12 à 16 % en 1993-1994, puis de 35 à 42 % en 2000, approchant l'optimum de recouvrement corallien pour cette partie de l'écosystème (50-55 %).

LES PHÉNOMÈNES DE BLANCHISSEMENT

Le blanchissement des coraux est la conséquence d'un stress qu'ils subissent et qui entraîne la rupture de leur association avec les algues symbiotiques

zooxanthelles qu'ils hébergent dans leurs tissus. La perte des zooxanthelles laisse voir le squelette calcaire blanc du corail à travers ses tissus translucides. Si le stress est important et persiste, tel qu'une température estivale anormalement élevée, les coraux peuvent mourir et se recouvrir rapidement d'un fin gazon algal. Dans le cas contraire, ils récupèrent des zooxanthelles et reprennent leurs couleurs.

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, 1992a, b), l'île de Moorea en 1994 (Hoegh-Guldberg & Salvat, 1995) et la barrière récifale de Tahiti la même année (Fagerstrom & Rougerie, 1994). Ces événements ont eu pour conséquence une importante mortalité du corail. Tous ces blanchissements ont été corrélés à une température anormalement élevée de la surface de la mer au cours des mois d'été (Hoegh-Guldberg, 1999) (Fig. 3). En 1991 les observations réalisées permettent d'estimer que 20 % des coraux ont blanchi, puis sont morts sur les pentes externes de Moorea. L'importance du blanchissement a varié en fonction des espèces et en fonction de la profondeur, mais lors de ces phénomènes majeurs presque toutes les espèces étaient atteintes. Les espèces d'*Acropora* ont été les plus sensibles (de 89 à 100 % des colonies complètement blanchies) et les *Porites* les moins atteintes (13 à 42 %). L'importance du blanchissement de 1994 était similaire à celle de 1991, mais la plupart des colonies blanchies ont récupéré et le taux de mortalité n'a pas été aussi important qu'en 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

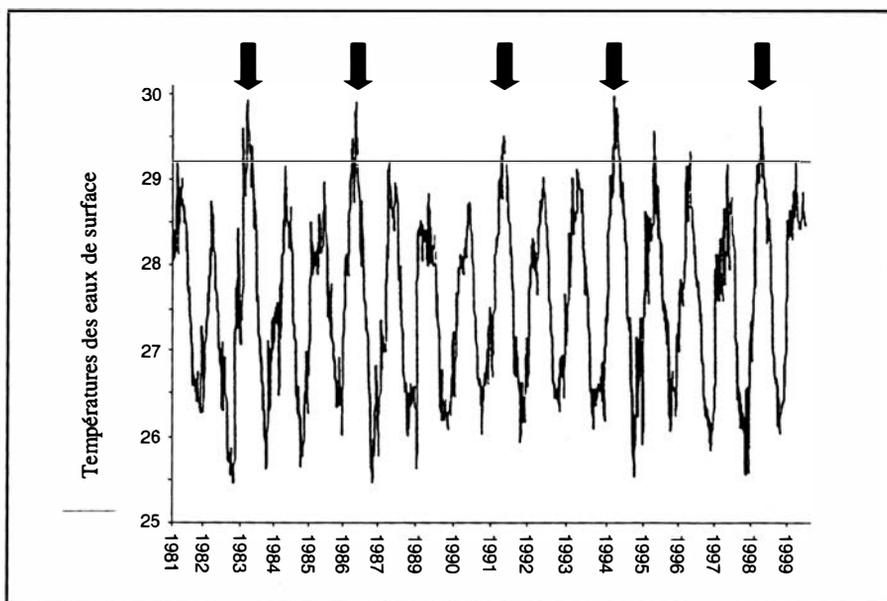


Figure 3. — Températures hebdomadaires de l'eau en surface autour de Tahiti (149,5°W - 17,5°S). Les flèches indiquent les phénomènes de blanchissement décrits dans la littérature. L'horizontale indique la température au-dessus de laquelle survient un phénomène de blanchissement [d'après Hoegh-Guldberg, 1999].

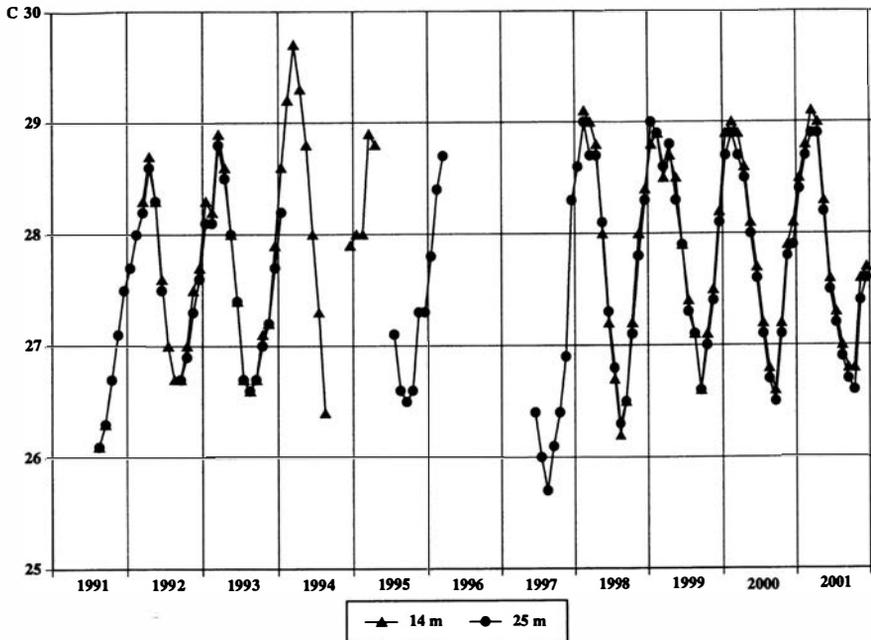


Figure 4. — Températures mensuelles des eaux océaniques baignant la pente externe de Moorea, secteur de Tiahura, de 1991 à 2001.

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. Des blanchissements ont aussi été observés en 1998, mais à des degrés variables dans les atolls et dans des zones bien localisées de ces atolls. Un fort taux de blanchissement a été observé dans certaines zones comme Takapoto où le recouvrement en corail vivant, de 20 % observé en 1994, s'est trouvé réduit à 12 % quatre années plus tard. Un blanchissement sévère est aussi apparu à Rangiroa et à Manihi avec un taux de mortalité significatif (Wilkinson, 1998). La figure 4 donne les températures moyennes mensuelles des eaux océaniques ayant baigné les communautés coralliennes de la pente externe de Moorea Tiahura entre 1991 et 2001, après donc le fort blanchissement du début 1991. Deux courbes pratiquement similaires donnent ces repérages pour deux stations aux profondeurs de 14 et 25 m où se situent les transects de surveillance de l'état de santé des récifs. Les courbes montrent bien les conditions thermiques lors de l'événement de 1994 et leurs variations au cours de la dernière décennie. Les services de la pêche et de la perliculture ont mis en place en 1998 un réseau pour le relevé des températures dans 24 lagons des Tuamotu, des Gambier et de quelques îles Sous-le-Vent. La figure 5 donne les résultats obtenus en un faisceau de courbes ; les températures estivales ont dépassé le seuil de 30° dans plusieurs lagons en 1998 et 2000, ce qui a déterminé des blanchissements occasionnels.

En décembre 2001 et janvier 2002 des blanchissements ont été notés dans plusieurs lagons des îles de la Société suite à des conditions météorologiques et

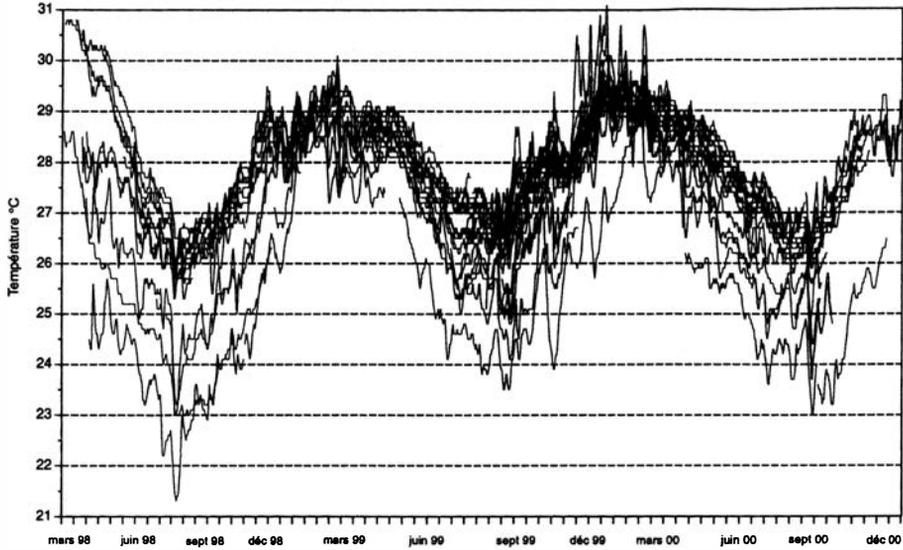


Figure 5. — Courbes de températures relevées entre 1998 et 2000 dans 24 lagons d'îles des Tuamotu, des Gambier et de quelques îles sous le vent des îles de la Société [Communication des Services de la pêche et de la perliculture, Papeete, Tahiti].

océanographiques particulières (absence de vent et de houle océanique, fortes précipitations, forte irradiation, confinement des eaux lagunaires, élévation de température des eaux...). Ces blanchissements étaient localisés dans des lagons. Des mortalités de scléactiniaires, d'autres peuplements benthiques et de poissons de l'ordre de 90 à 100 % ont été notés à Bora Bora (Salvat *et al.*, sous presse). Toutefois, ces événements dans les lagons n'ont pas l'ampleur des phénomènes de blanchissement sur les pentes externes car, dans ce dernier cas, ils sont la résultante d'eaux océaniques anormalement chaudes. Le cadre géographique du phénomène est bien plus large et intéresse plusieurs îles sinon tout un archipel, sinon toute la Polynésie française.

Les récifs de la Polynésie française ont donc subi au cours des dernières décennies des températures estivales océaniques anormalement élevées comme la plupart des récifs coralliens de la planète au cours de phénomènes El Niño. Si la fréquence des phénomènes de blanchissement augmente, elle peut mettre en danger le maintien de ces récifs, aussi bien en Polynésie française que dans le reste du monde (Hoegh-Guldberg, 1999). Voir ci-après le paragraphe consacré au changement climatique global.

LES CRISES DYSTROPHIQUES DANS LES LAGONS

Les crises dystrophiques (dysfonctionnement dans la chaîne trophique) ne se produisent que dans les lagons des îles hautes ou des atolls. Elles sont généralement causées par une abondance soudaine de nutriments qui ne sont pas rapidement dilués dans le lagon et l'océan et favorisent alors la multiplication

exponentielle du phytoplancton. L'origine de ces nutriments est souvent liée à des conditions défavorables, occasionnelles en période estivale (exondation, température élevée, sous-oxygénation, exposition à de fortes pluies) qui entraînent un début de mortalité des communautés benthiques. La décomposition de la matière organique par les bactéries amène une importante augmentation de sels nutritifs. Il suffit que le phénomène dure quelques jours pour qu'on assiste alors à une efflorescence algale, le phytoplancton étant le premier à bénéficier de ces apports de nutriments. La très forte augmentation des biomasses bactérienne et planctonique épuise rapidement l'oxygène dissous et provoque alors par asphyxie des mortalités spectaculaires des communautés benthiques et des poissons. Le développement de l'efflorescence algale, plusieurs multiplications-génération par jour, peut prendre de vitesse le zooplancton qui s'en nourrit et qui habituellement régule la population phytoplanctonique. Le bloom planctonique prend des couleurs variées (marées rouges ou vertes) en fonction des espèces de phytoplancton qui prolifèrent. Les groupes d'algues planctoniques concernés sont le plus souvent des diatomées ou des dinoflagellés mais d'autres classes peuvent être impliquées (prymnésiofycées, chlorophycées, cryptophycées, cyanophycées, prasinophycées ou euglénophycées). Ces espèces peuvent être un danger pour tous les autres organismes du complexe récifal. Certaines sont toxiques alors que d'autres ont des formes qui mettent à mal leurs prédateurs lorsqu'elles sont ingérées en si grand nombre. Les prédateurs peuvent être des espèces zooplanctoniques mais aussi des bivalves filtreurs comme les nacres. L'inventaire de ces algues n'a été abordé que dans quelques atolls (Manihi, Rangiroa, Takapoto...) et demeure insuffisant (Delesalle, com. pers.).

Des mortalités catastrophiques de la faune sont parfois observées dans les lagons d'atolls ou d'îles hautes. Elles sont suivies ou non de dystrophies et d'efflorescences algales. Mais ces efflorescences algales peuvent aussi provoquer à leur tour des mortalités. Compte tenu de la rapidité du phénomène, à apparaître comme à disparaître, il est souvent très difficile de déterminer ce qui est cause et ce qui est conséquence. Ces situations peuvent se produire au cours d'événements El Niño car les effets peuvent être encore plus importants si la température des eaux océaniques est anormalement élevée, comme on vient de le voir lors des phénomènes de blanchissement, ou si le niveau de l'océan est plus bas que d'ordinaire ce qui concourt au confinement des eaux du lagon.

Une des plus spectaculaires efflorescences algales a été observée à Hikueru en 1994 avec la mortalité totale des poissons et des nacres dans le lagon (Fichez & Harris, 1995), mais aussi à Manihi la même année (Delesalle, 1994). En janvier 2002, des îles de la Société (Bora Bora, Huahine, Tahaa et Raiatea) ont vu des eaux vertes couvrir d'importants secteurs lagunaires avec de fortes mortalités des peuplements benthiques et des poissons.

LES EXPLOSIONS DÉMOGRAPHIQUES D'ÉTOILES DE MER

De nombreuses proliférations de l'étoile de mer épineuse *Acanthaster planci* ont débuté en Polynésie française vers la fin des années 1970, et au début 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 des lagons. Les *Acanthaster* s'attaquent préférentiellement aux *Acropora* quelles que soient leurs formes de croissance (tabulaire, parasol, en chou-fleur) et secondairement aux

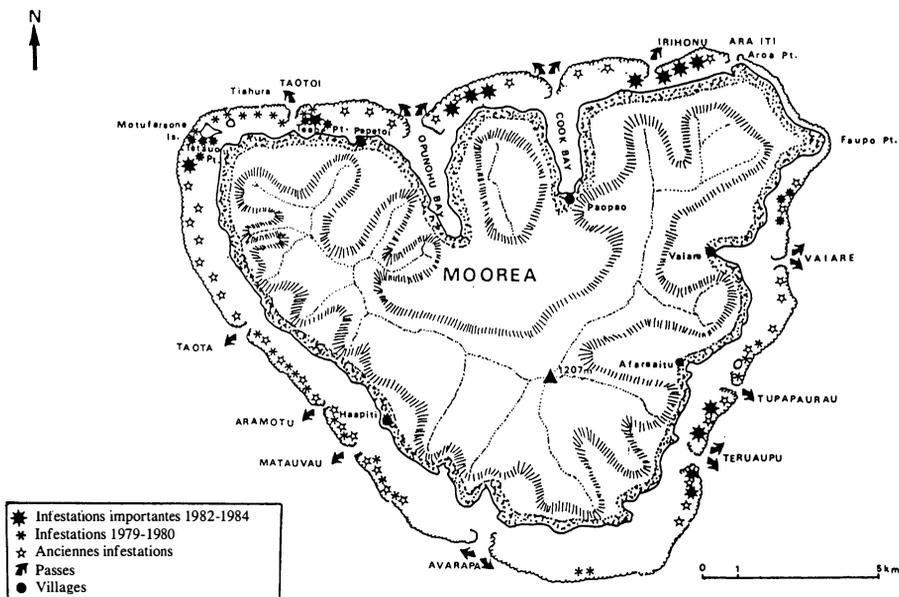


Figure 6. — Localités infestées par la prolifération d'*Acanthaster planci* à Moorea entre 1979 et 1984 [d'après Faure, 1989].

Montipora et *Pocillopora*. La pullulation de l'étoile de mer débuta sur la pente externe en 1978 et était très forte dans le lagon en 1982 avec des densités de 3 à 4 individus par m² dans certains secteurs. Les localités d'infestation ont été nombreuses tout autour de Moorea, tout particulièrement importantes dans le nord (Fig. 6 ; Faure, 1989). 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 même période, ce qui était sans doute lié au phénomène El Niño qui s'est déclenché à ce moment-là (Pirazzoli, 1985). Les denses populations d'étoiles de mer ont disparu aussi rapidement qu'elles étaient apparues. Depuis ces pullulations, quelques rares individus sont occasionnellement aperçus sur les récifs de Moorea, pente externe ou zone barrière, mais aucune prolifération n'a été rapportée.

LES PRÉDICTIONS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL ET LEURS CONSÉQUENCES SUR LES RÉCIFS CORALLIENS

Le changement climatique global, tel que pronostiqué par les spécialistes dans le concert d'une controverse générale, correspond à un réchauffement de la planète, ce qui induit principalement une élévation du niveau des océans et une augmentation de la température des eaux de surface. Les valeurs retenues par le Panel International du Changement Climatique sont de 1,4 à 5,8 °C pour la température de la planète et une élévation du niveau de l'océan de 80-90 cm à

l'horizon 2100. Pour les eaux océaniques, on retient une augmentation moyenne de 1 à 2 °C à l'horizon 2100 (Hoegh-Guldberg, 1999). Bien que les deux phénomènes — et tous ceux qui agissent en synergie avec eux — soient concomitants, l'étude de leurs effets sur l'écosystème corallien n'a été approchée que séparément. La complexité des phénomènes en cascade et les interférences avec les populations humaines, leur évolution et leur pression sur l'environnement sont telles que toutes les prédictions sur les conséquences de ce réchauffement planétaire sur les édifices coralliens et les îles qu'ils protègent sont du domaine des hypothèses. Il n'en demeure pas moins que ces études révèlent un certain nombre de constats, d'éventualités et de dangers.

L'ÉLEVATION DU NIVEAU DES OCÉANS

Sur l'île haute de Moorea, les effets d'une éventuelle élévation du niveau de la mer de 1 cm par an sur une période de 30 ans ont été discutés par Salvat & Aubanel (1993) en considérant l'évolution prévisible de la population humaine et de ses activités. Selon le taux de croissance retenu à l'époque pour Moorea (à savoir : 1,6 ou 3,8 %), la population devrait passer de 8 000 à 14 000 ou à 35 000 d'ici l'an 2020 (notons qu'en 2002 elle est déjà de 14 000 habitants). La plupart des actifs travailleront dans l'industrie touristique. La population ne considère pas aujourd'hui qu'il pourrait y avoir une perte possible de zones terrestres due à l'élévation du niveau de la mer. Cette population en augmentation formera de plus en plus une communauté urbaine. Les auteurs pensent que la barrière récifale extérieure qui entoure l'île et qui protège la zone côtière des vagues durant les dépressions tropicales devrait persister et continuer à jouer son rôle. En revanche, l'état de santé des colonies coralliennes en zone barrière et frangeante sera très perturbé suite à l'accroissement des activités humaines dans le lagon avec pour conséquence une dégradation écologique générale. Par ailleurs, alors que la zone occupée par le récif barrière devrait rester de même superficie, l'anthropisation de la zone frangeante et de la ligne de rivage devrait s'accélérer. En 1992 environ 33 % de la ligne de rivage de Moorea était déjà artificielle suite au développement économique de l'île. Cette artificialisation correspond à des remblais et à des murets de protection supprimant plage et infra littoral peu profond, à des quais et marinas, qu'il s'agisse d'aménagements publics ou privés. En 2001, soit 9 années plus tard, cette artificialisation-anthropisation avait progressé et s'élevait à 48 %. Avec la croissance démographique prévue et la pression sur l'environnement à l'horizon 2030, une ligne de rivage artificielle ayant empiété sur les plages et zones frangeantes finira par isoler presque complètement le lagon des parties émergées. Les auteurs estiment qu'il en sera ainsi pour 75 % du rivage. Dès lors une élévation du niveau de la mer de 30 cm ne pose plus qu'un problème matériel d'aménagement sans grand risque de perdre des surfaces émergées.

Sur les atolls, une prédiction d'élévation du niveau de la mer de 30 cm sur une période de 30 ans ne menacera pas l'existence de l'île. En effet, la croissance des algues calcaires du récif côté océan suivra cette légère élévation. Et, par ailleurs, le platier récifal aura une population corallienne plus dense par suite de sa submersion, alors qu'actuellement elle est quasiment inexistante du fait de son niveau par rapport à celui de l'océan. En revanche, certaines modifications apparaîtront au niveau de la lentille d'eau douce.

L'AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE

Le problème de l'augmentation de la température des eaux océaniques est préoccupant. Cette question a déjà été évoquée dans le paragraphe consacré aux

blanchissements des coraux suivi parfois de leur mortalité. Les études révèlent que partout dans la zone intertropicale ces phénomènes ont été plus nombreux, plus largement répartis et plus intenses au cours des dernières décennies. C'est ce qui a permis de considérer que l'écosystème corallien était un écosystème sentinelle d'un éventuel réchauffement, compte tenu de sa très grande sensibilité à une très faible augmentation des eaux qui baignent les coraux constructeurs de récifs (Salvat, 1991). Une analyse de plusieurs modèles prédictifs de l'évolution du climat amène certains auteurs à considérer que les événements de blanchissement, et corrélativement de mortalité des coraux, vont se multiplier au cours des prochaines années, de même que le nombre de cyclones et de dépressions. Hoegh-Guldberg (1999) considère que l'écosystème corallien est menacé à l'échelle de la planète si le réchauffement se poursuit tel qu'actuellement prédit. La figure 7 extraite de sa publication (Hoegh-Guldberg, 1999) traite précisément de prédictions sur Tahiti à partir d'un modèle donné et développé selon un scénario envisagé en 1992 par le Panel International sur le Changement Climatique. La prédiction est catastrophique car à partir de 2020 la température des eaux océaniques estivales excéderait toujours 30 °C ce qui engendrerait des phénomènes de blanchissement et de mortalité des coraux quasi annuellement. Des problématiques de recherches qui ont émergé au milieu des années 1990 se développent actuellement pour savoir si les coraux scléractiniaires, organismes constructeurs des récifs, seraient capables d'une certaine adaptation à cette faible élévation de température. Un groupe de travail sous l'égide de la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI-UNESCO) a été mis en place afin d'étudier les aspects biochimiques, physiologiques et écologiques de ces éventuelles adaptations. La question reste ouverte.

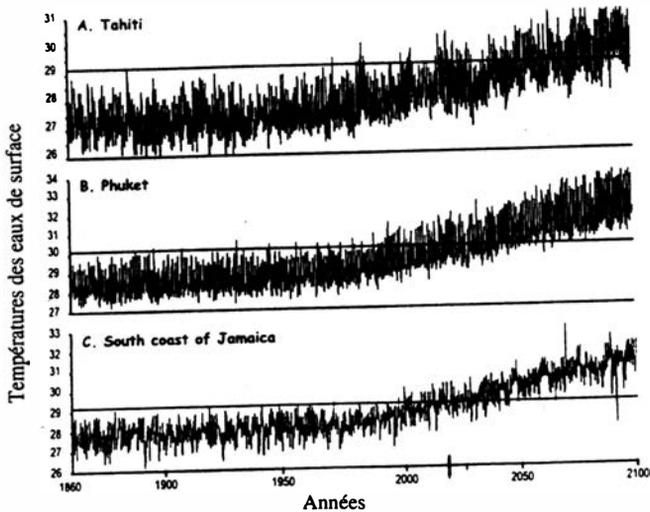


Figure 7. — Prédiction de l'évolution des températures océaniques superficielles autour de Tahiti selon un modèle couplé atmosphère-océan-glace et sur la base d'un scénario de 1992 du panel international sur le changement climatique. Les prédictions concernent également Phuket en Thaïlande et la Jamaïque [d'après Hoegh-Guldberg, 1999].

LES ACTIVITÉS HUMAINES ET LEURS IMPACTS SUR LES RÉCIFS

Sur les 118 îles que compte la Polynésie française, certaines sont inhabitées (42) ou très peu habitées, d'autres sont éloignées et à l'écart de liaisons régulières de sorte que la plupart d'entre elles, avec leurs récifs coralliens, ne souffrent aucunement des activités humaines. En revanche, 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. Formulons toutefois une réserve à ce sujet pour les atolls où se développe intensivement la perliculture comme nous l'avons souligné plus haut.

Les impacts anthropiques se limitent donc en majorité aux îles de la Société qui sont les plus « développées » en termes d'infrastructures, avec une concentration dans les zones urbaines ou villageoises. Une étude récente sur les récifs coralliens de Polynésie française (Gabrié, 1998) a montré que 20 % des récifs frangeants des zones urbaines de Tahiti, surtout autour de Papeete, ont été détruits ce qui ne représente que 1/7 de toute la côte de la grande île. La qualité des récifs autour de Tahiti varie du récif en bonne santé au récif très dégradé. À Moorea, 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 % des récifs frangeants ont été totalement détruits et 7 à 11 % des récifs coralliens ont été perturbés par les extractions de corail et les opérations de mise en valeur des terres. À Bora-Bora, 44 % des récifs sont intacts et 56 % menacés, mais la grande majorité des récifs frangeants sont modérément à sévèrement endommagés. Pour la plupart des récifs de tels chiffres ne sont cependant pas disponibles.

LES EXTRACTIONS DE MATÉRIAUX

L'exploitation minière du phosphate sur l'atoll soulevé Makatea (70 m) dans les Tuamotu s'est déroulée de 1917 à 1966. À 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 est seulement d'une quarantaine de personnes. La surface de l'atoll est profondément découpée par un système karstique bien apparent après les extractions de phosphate, mais les récifs frangeants tout autour de l'île semblent être en bonne santé malgré les vestiges des infrastructures de transfert du minerai vers les bateaux minéraliers lors de l'exploitation (Montaggioni, 1985). L'extraction du phosphate dans l'atoll de Mataiva, Tuamotu, à faible profondeur sous le lagon aux vasques cloisonnées, semblait rentable, mais l'exploitation minière n'a pas démarré compte tenu d'une forte opposition de la population locale.

Les extractions de matériaux coralliens dans les lagons des îles hautes pour les besoins du développement ont servi en majorité à la construction des routes, des ports, des quais et des aéroports mais aussi aux constructions privées, 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 ces anciennes zones draguées ont des effets destructeurs sur les récifs environnants, suite à la remise en suspension des fines (particules sédimentaires très fines qui « étouffent » les coraux), à quoi il faut ajouter l'enlaidissement des paysages. À Moorea, on ne compte pas moins d'une douzaine de ces anciennes zones

d'extraction de matériaux coralliens. Elles se situaient à proximité immédiate des besoins en matériaux de façon à réduire au maximum les coûts de transport au lieu d'utilisation, d'où leur multiplication. Néanmoins, le gouvernement a décidé en 1984 d'interdire ces extractions de sable corallien, avec de temps en temps des autorisations exceptionnelles réalisées toutefois dans de meilleures conditions. Des études d'impact, une cartographie et des estimations de stocks de matériaux sédimentaires disponibles ont été réalisées à Tahiti et à Moorea, avec indication d'une plus ou moins grande priorité de préservation face au nécessaire besoin de matériaux pour le développement. Dans un premier temps, ces études ont contribué à limiter le nombre de zones d'extraction puis à sélectionner les moins dommageables pour l'environnement. Les zones frangeantes, où les matériaux fins sont abondants et facilement dispersés par les courants, ont été abandonnées au profit de stocks sédimentaires de la zone barrière aux sables plus grossiers. Conjointement, de nombreuses études écologiques et technologiques ont permis de proposer des méthodes d'extraction limitant considérablement les effets nocifs alentour des panaches de fines étouffant les coraux (Porcher, 1993). Des techniques par aspiration plus que par dragage, des barges de décantation, des écrans géotextiles ont été mis en place délimitant les zones d'extraction et empêchant la propagation d'eaux turbides chargées de sédiments. Les extractions sont toujours d'actualité vu le coût élevé des matériaux provenant de sites terrestres (avec d'autres impacts sur l'environnement) et il est difficilement imaginable qu'elles s'arrêtent un jour. Mais, de plus en plus, les matériaux devront provenir de sites sans risque majeur pour l'environnement. Il est clair que la solution d'avenir réside dans l'exploitation des gisements considérables de sable qui sont présents dans les lagons d'atolls, mais cela sous-entend des décisions politiques avec leurs conséquences sur le prix de revient des matériaux. La protection de l'environnement est à ce prix.

Jusqu'à présent, aucune réhabilitation des zones d'extraction sur les récifs frangeants n'a été entreprise et, comme c'est souvent le cas, ces zones justifient des remblais pour mettre un terme à la pollution et supprimer l'inesthétique de ces zones dans des îles qui affichent le tourisme comme moteur de développement.

La sensibilisation à ces problèmes a été forte et les résultats conséquents, aussi bien auprès du secteur privé (hôtels par exemple) désireux de conserver un environnement corallien de qualité, que de la part de l'administration dans les dérogations qu'elle accorde ou qu'elle s'accorde. Cette sensibilisation a également porté ses fruits auprès de la population et les associations de protection de la nature, aux objectifs souvent très localisés géographiquement, s'insurgent et s'opposent à ces extractions dans le lagon, comme ce fut le cas en 2001 sur la façade nord de Moorea entre les deux baies.

REMBLAIS ET ANTHROPISEMENT DU RIVAGE

Une étude récente (Aubanel *et al.*, 1999) sur l'étendue des modifications de la ligne de rivage dans 6 îles de l'archipel de la Société a montré que près de 50 % de ces modifications sont le fait des activités humaines (Fig. 8). L'anthropisation de la ligne de rivage se présente sous forme de parapets en blocs basaltiques protégeant des propriétés privées en bord de lagon, de parapets identiques pour la protection de la route de ceinture, de quais et de marinas, d'anciens chemins de dragues pour extraction de matériaux coralliens. Cette artificialisation-anthropisation varie selon l'île considérée de 33 à 51 %. Elle a progressé à Moorea de 33 % en 1992 à 48 % en 2001.

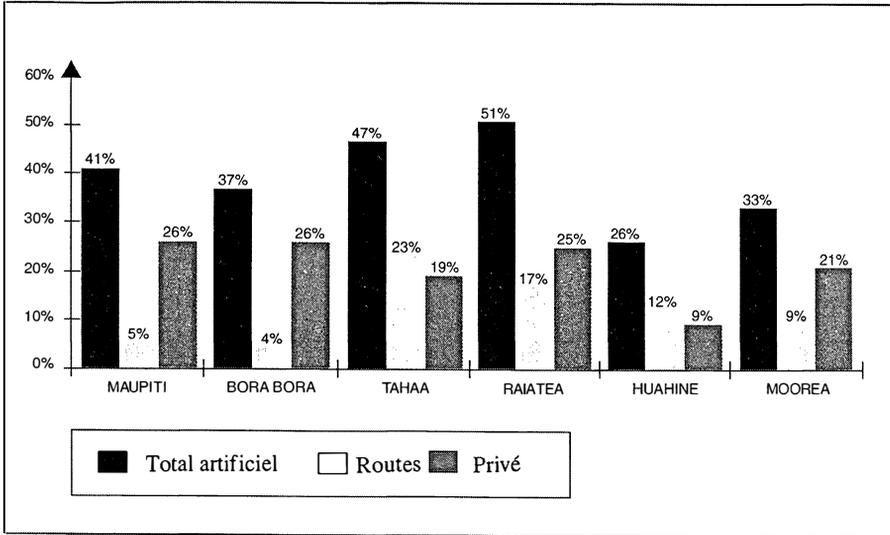


Figure 8. — Taux des catégories d'anthropisation de la ligne de rivage des îles hautes de l'archipel de la Société. La colonne de gauche en noir indique le pourcentage total de la ligne de rivage devenue artificielle. Les deux autres colonnes détaillent ce pourcentage pour la protection des routes, d'une part, et pour celle des propriétés privées, d'autre part [Aubanel & Salvat 1999, *in* Salvat *et al.*, 2001].

La mise en place de parapets de protection correspond toujours à un remblaiement d'une partie de la plage et fréquemment d'une partie de la zone frangeante, au-dessous du niveau de basse mer. Ces parties sont donc gagnées sur le lagon, dans une zone dont l'intérêt écologique est important puisqu'elle correspond à la zone de refuge et de grossissement des post-larves de poissons de très nombreuses espèces avant qu'elles ne s'établissent au milieu des peuplements adultes qui sont, selon les espèces, en zone frangeante ou barrière.

AMÉNAGEMENTS TERRESTRES ET POLLUTION TELLURIQUE DES RÉCIFS

Ce type de pollution est particulièrement important dès que se développent les implantations humaines au-delà de la plaine littorale dans les îles hautes. C'est le cas à Tahiti où les habitations gagnent progressivement sur les versants de la montagne surplombant la ville et le port. La viabilisation des terrains de lotissements privés et la construction de routes pour y accéder, mettent à nu le sol latéritique qui par érosion se retrouve dans le lagon. Les panaches d'eaux rouges et turbides sont fréquents aux débouchés des rivières de la côte nord-ouest de Tahiti (zone urbaine) après de fortes précipitations. C'est aussi le cas à Moorea où des plantations d'ananas mettent le sol à nu et où le ravinement est parfois extrême lorsque les pentes cultivées sont supérieures à 10 %.

Ainsi se produisent des coulées de terre considérables dans les îles hautes de Tahiti et de Moorea pendant la saison des pluies. Demougeot (1989) a estimé qu'environ 1 000 tonnes de sédiments se retrouvent annuellement dans le lagon de Tahiti. Frouin (2000) a montré que ces sédiments traversent le lagon de Tahiti et

que certains aboutissent au récif barrière. Une telle sédimentation a un fort impact sur les coraux et sur les peuplements des fonds meubles qu'elle étouffe littéralement. 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 à la fois dans les sédiments, dans la colonne d'eau et dans les organismes sessiles comme les moules (Hutchings *et al.*, 1994). En période cyclonique ou de dépression, on assiste à des glissements de terrain comme ce fut le cas en 2000 aux îles Sous-le-Vent, tout particulièrement à Tahaa et Raiatea. L'apport sédimentaire au lagon est alors préjudiciable aux formations coralliennes.

Dans la baie du port de Papeete, la faune et la flore ont été suivies pendant plusieurs années sur une douzaine de stations de substrat corallien ou sédimentaire (Adjeroud *et al.*, 2000). Au total, 104 espèces de poissons et 24 espèces de coraux et apparentés y ont été identifiées. Cette richesse spécifique à l'échelle globale du Port est comparable à celle des récifs frangeants des complexes coralliens des îles hautes subissant de faibles perturbations d'origine anthropique. Quelques secteurs de la baie présentent une diversité moindre en fonction de perturbations localisées dues aux activités humaines (sédimentation et pollution). Mais les deux passes, de part et d'autre de la zone portuaire, permettent suffisamment d'échanges entre les eaux océaniques et lagunaires, ce qui crée un milieu globalement satisfaisant pour les peuplements animaux et végétaux.

L'étude de carottes de sédiments dans le port de Papeete à Tahiti donne l'histoire des 150 dernières années (Harris, 1998) : 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 sédimentaire du port de Papeete dont on peut considérer qu'elle est la plus polluée de la Polynésie française.

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 ont été réalisées sur les impacts en milieu récifal et lagunaire. La réglementation pour minimiser l'érosion des terres est quasi inexistante.

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 toxiques.

POLLUTION PAR 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. 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.

La collecte et le traitement des eaux usées existent actuellement sur presque la totalité de l'île de Bora Bora ; l'achèvement est prévu pour 2002 (financement

du Fonds Européen de Développement FED, pour l'essentiel). Il n'y a actuellement aucun réseau d'égout ni de station d'épuration dans la zone urbaine de Papeete malgré le nombre élevé des études réalisées à cet égard. Le projet est toutefois à l'étude. Les travaux sont en cours sur la commune de Punaauia à Tahiti ; le raccordement des usagers ne se fera que lorsque la pose des compteurs pour faire payer l'eau au m³ consommé aura été réalisée. L'émissaire rejettera les eaux traitées chimiquement à une profondeur de 60 mètres sur la pente externe par une canalisation traversant le lagon et empruntant la passe. L'étude d'impact est en cours.

En plus des problèmes de santé publique, la qualité des eaux à l'embouchure des rivières et des eaux souterraines qui s'écoulent vers les lagons a un impact sur les communautés coralliennes (Payri *et al.*, 1998). Par exemple, l'augmentation du taux de nutriments dans la colonne d'eau autour de l'aéroport de Tahiti-Faaa a induit une eutrophisation et le développement d'une importante couverture d'algues sur le récif, ce qui a provoqué la prolifération d'oursins, se nourrissant de ces algues en grattant le substrat. La population d'oursins était auparavant 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. Les taux nets de perte par grattage sont estimés à $6,87 \pm 2,16$ kg/m²/an pour ce site précis. Sur d'autres récifs en bonne santé, étudiés dans la zone et non assujettis à l'eutrophisation, les taux nets varient de $0,8 \pm 1,24$ /m²/an à $0,33 \pm 0,20$ /m²/an. En conséquence, cet enrichissement en nutriments qui a favorisé les algues puis des oursins au détriment des coraux, fait que le récif s'érode plus vite qu'il ne se renouvelle, ce qui met en danger sa pérennité.

Nous reviendrons sur cette question des eaux usées dans le paragraphe consacré aux activités touristiques et à propos des hôtels. Nous y reviendrons également dans le paragraphe sur la surveillance du milieu lagonaire et récifal.

LA PÊCHE

Les poissons

L'exploitation des stocks de poissons en Polynésie française relève de la subsistance, d'une part, et d'une activité commerciale, d'autre part. Elle inclut les espèces lagonaire et les espèces pélagiques avec une préférence pour le thon. On peut distinguer 3 catégories de pêche :

a) la pêche côtière dont la flottille est constituée de bonitiers (60 en 2001) et de poti marara (250 en 2001). La production globale est d'environ 2 500 tonnes en 2001, en augmentation de 24 % par rapport à 2000 ;

b) la pêche hauturière avec une flottille étrangère principalement coréenne (3 000 tonnes en 1999) dans la Zone Economique Exclusive et une flottille polynésienne dont l'essor au cours des dernières années a été spectaculaire. Cette flottille est composée de palangriers (57 en service en 1999). La production était de 7 811 tonnes en 2001, une augmentation de 13 % par rapport à 2000. 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 ;

c) la pêche lagonaire et récifale qui nous intéresse ici puisqu'elle correspond à l'exploitation d'organismes de l'écosystème corallien et qui apparaît comme une

« laissée pour compte » bien qu'elle soit très importante au plan social et économique (subsistance) avec en particulier la fixation des populations dans les îles.

Il n'existe que très peu de statistiques concernant la pêche lagunaire, mais on estime le nombre de pêcheurs, dont le statut n'est toujours pas défini, à 3 ou 4 000 personnes. Les prises des espèces lagunaires sont d'environ 4 000 tonnes par an, réparties en 3 500 tonnes pour la pêche de subsistance, le reste — 500 tonnes — étant destiné à la vente. Du poisson vendu au marché de Papeete, environ 100 tonnes viennent de Rangiroa et de Tikehau dans l'archipel des Tuamotu où ces pêches commerciales procurent l'essentiel des revenus des habitants. En polynésie, plus d'un ménage sur deux pratique l'autoconsommation (biens colligés par soi-même et non achetés) et même 8 sur 10 dans les archipels éloignés. 56 % de cette autoconsommation est constituée de poissons qui représentent une valeur de 100 millions d'euros. Une étude récente de marché indique un volume annuel de consommation de poissons dans les îles de Tahiti et de Moorea de l'ordre de 3 000 tonnes dont 61 % seraient vendus (38 % dans les marchés et commerces + 23 % en bord de route) et 39 % en autoconsommation familiale. Deux études de cas ont été réalisées au début des années 1990 à Tikehau, d'une part, et à Moorea, d'autre part.

À Tikehau l'étude a été menée par Caillart *et al.* (1994). Une importante pêcherie exporte sur Papeete de grandes quantités de poissons. Alors que plus de 276 espèces de poissons sont 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 par les pêcheurs professionnels pour l'exportation hors de l'atoll, 40 tonnes pour l'autoconsommation locale et 40 tonnes par les pêcheurs occasionnels pour la vente locale. Ce qui équivaut à une moisson annuelle de 0,7 tonne par km². Les poissons sont attrapés dans des pièges à poissons placés dans la passe et appartiennent à des espèces essentiellement carnivores, alors que d'autres espèces pourraient être capturées en diversifiant les méthodes et les lieux de pêche.

À Moorea, île de la Société proche de Tahiti, une étude socio-économique de la pêche lagunaire a été réalisée en 1992 (Aubanel, 1993). Pour une surface émergée de 134 km², le lagon est de 49 km² entourant 70 km de rivage sur 1 km de largeur en moyenne. Pour une population active de 2 763 personnes, le nombre des pêcheurs est estimé à une cinquantaine mais ceux dont c'est l'activité principale ne sont qu'une quinzaine. Les méthodes de pêche sont relativement sélectives et non destructives (fusil sous-marin, ligne) comme le sont celles pratiquées dans le sud-est asiatique (empoisonnement, Eldredge, 1987 ; muro-ami, Gomez *et al.*, 1987 ; dynamite, Alcalá & Gomez, 1987). Le pêcheur est très sensible à la préservation du milieu corallien pour assurer la pérennité de la ressource qu'il exploite. C'est une pêche traditionnelle qui a lieu toute l'année et qui est sous-tendue par une consommation autochtone restée à l'écart des circuits hôteliers et du mareyage. Le tonnage pêché annuellement est estimé à 50 ± 16 tonnes soit 7 à 13 kg/hectare/an. L'exploitation ne concerne qu'un nombre limité d'espèces dont 5 appartenant à 4 genres représentent 65 % du tonnage total (*Siganus*, *Mulloidés*, *Scarus*, *Naso*). Les pêcheurs lagunaires prennent une part active dans la mise en place des plans de gestion des espaces maritimes (PGEM, voir plus loin) ce qui traduit leur sensibilisation à la préservation de la ressource halieutique ainsi que la ré-appropriation du domaine récifal renouant en cela avec les traditions polynésiennes.

Les travaux de recherche sur le peuplement des poissons de lagon ont donné lieu à une découverte extrêmement intéressante (Dufour, 1996). On sait que les poissons se reproduisent par mélanges des semences mâles et femelles émises dans l'eau qui donnent naissances à des larves. Celles-ci sont dispersées dans l'océan et se développent pendant plusieurs semaines avant de revenir vers les îles pour peupler les lagons. C'est par millions que ces larves passent la crête du récif barrière avec les vagues déferlantes de l'océan. Ce franchissement de la crête se fait à des périodes bien précises qui ont été mises en évidence. Dans les jours qui suivent le passage de la crête, ces larves vont être décimées par prédation et mortalité naturelle dans la proportion de 99 %. Leur collecte au moment du franchissement de la crête par des filets adaptés et leur élevage pendant quelques jours permet deux types d'activités. La première concerne le repeuplement possible de lagons où les stocks d'espèces intéressant la pêche sont insuffisants. Cette expérimentation en vraie grandeur est sur le point d'être tentée à Moorea et dans d'autres îles de Polynésie française. La seconde activité concerne la création d'une filière pour l'approvisionnement des poissons d'aquarium, en considérant les espèces intéressantes à cet égard. Les larves, après avoir été « sauvées » d'une mort quasi certaine, sont élevées jusqu'à la taille commercialisable et les poissons sont totalement « domestiqués » car n'ayant jamais vécu en milieu sauvage. La mortalité est alors presque nulle tout au long du processus de développement des larves en juvéniles. Cette technique pionnière de récolte de larves et d'élevage jusqu'aux stades de juvéniles recherche actuellement un label ou une certification d'entreprise écologique respectueuse de l'environnement. Rappelons que le marché des poissons d'aquarium représente près d'un milliard de dollars annuellement. Jusqu'à présent les approvisionnements à destination essentiellement du marché américain (60 % du marché mondial) proviennent du sud-est asiatique où ces poissons sont souvent récoltés par des méthodes de pêche destructives (utilisation de cyanure de sodium, de roténone, de quinaldine, et autres poisons anesthésiants). Les poissons sont récoltés adultes à l'état sauvage, souvent incapables de bien s'acclimater en aquarium, ce qui entraîne, selon les experts, une mortalité de 40 à 60 %. L'avenir de ce marché est donc définitivement tourné vers des méthodes écologiquement respectueuses de l'environnement comme la collecte des larves, collecte qui ne nuit absolument pas aux stocks des espèces concernées.

Mollusques, échinodermes et crustacés

Le troca, *Trochus niloticus*, est un mollusque gastéropode exploité pour sa nacre depuis plus d'un siècle dans plusieurs archipels d'Océanie et en Australie. Ce coquillage était absent des eaux polynésiennes et son introduction, en 1957 à partir d'un lot d'une quarantaine d'individus provenant du Vanuatu, sur les récifs de Tautira à Tahiti a été une réussite. L'habitat de ce mollusque est surtout le récif barrière, mais aussi certains récifs frangeants des îles hautes, et la partie supérieure de la pente externe. L'objectif était de fournir une nouvelle ressource pour les habitants. Depuis, le troca a été introduit et s'est propagé dans plus de 70 écosystèmes coralliens insulaires. Il semble avoir occupé une niche écologique disponible sans inconvénient ni perturbation pour les peuplements récifaux locaux. Son abondance est parfois importante sur les récifs. Son exploitation pour sa nacre a été florissante avec des exportations conséquentes dès 1971, comme pour l'huître nacrifère, jusqu'à ce que le plastique ne supplante la nacre pour la confection des

boutons. Depuis, le marché est plus réduit mais encore existant et le troca est aussi beaucoup utilisé pour le marché de l'artisanat local. La collecte du troca est réglementée (secteurs géographiques délimités, saisons de ramassage, taille des individus, quotas).

L'escargot vert, *Turbo marmoratus*, un gastéropode de la famille des *Turbinidae* a été également introduit pour sa nacre en 1967 sur les récifs de Tahiti, à partir d'un lot provenant également du Vanuatu. Depuis cette date, des individus ont été transplantés dans plusieurs îles. L'espèce s'est établie sur la partie supérieure de la pente externe des récifs où elle est bien moins abondante que le troca. Sa pêche est aussi réglementée, mais les infractions sont nombreuses. Elles ont parfois fait la une des journaux lorsque des exportations interdites étaient déjouées.

Deux entreprises ont été créées en 1992 pour découper les coquilles de *Turbo marmoratus* et de *Trochus niloticus* afin de réaliser des bijoux artisanaux locaux, la plupart pour l'exportation. La chair de ces deux espèces est par ailleurs occasionnellement consommée. L'exploitation de ces deux gastéropodes fournit des revenus supplémentaires pour les pêcheurs et les gens des îles éloignées. Cependant, il y a toujours des problèmes liés aux quotas de collecte de ces deux espèces et au maintien de leurs populations.

Sur les atolls, et dans une bien moindre mesure dans les îles hautes bordées de récifs coralliens, plusieurs espèces d'invertébrés sont récoltées pour la consommation locale dans le cadre d'une économie de subsistance. Toutefois cette consommation est actuellement bien moindre qu'autrefois alors que des bateaux ne visitaient certaines îles basses qu'une fois par mois ou quelques fois dans l'année. Le développement des liaisons maritimes et aériennes a permis l'arrivée de denrées alimentaires dans ces atolls.

Les mollusques sont, après les poissons, les organismes des récifs coralliens les plus communément et traditionnellement consommés. Le bénitier, « pahua » en tahitien et « koeha » en paumotu, ou *Tridacna maxima*, est extrêmement abondant dans certains lagons où la consommation, il y a une cinquantaine d'années, était de l'ordre de 400 g par habitant et par jour (Salvat, 1967, 1971). Il en était de même du poulpe ou « fee » ou « kanoe », *Octopus*, consommé frais ou après séchage. Le gastéropode *Turbo setosus*, « maua » ou « oani », est récolté sur la crête des récifs extérieurs où il vit en abondance. Le vermet, « muko », *Dendropoma maxima*, autre gastéropode fréquent sur les platiers extérieurs, est un mets également apprécié. Dans les îles de la Société, ces mollusques ont été surpêchés et sont bien moins abondants sur les récifs, aux stocks parfois même complètement épuisés comme à proximité de la zone urbaine de Papeete. Toutefois ces mollusques sont des mets traditionnels et on les trouve en vente au marché de Papeete en provenance des îles proches ou de quelques atolls des Tuamotu. Les huîtres et moules, cultivées pendant un temps à Tahiti, ne font plus guère l'objet de production locale. Les habitants ont maintenant à leur disposition ces produits frais en provenance de Nouvelle-Zélande.

Quelques échinodermes des récifs sont également consommés. Les oursins en période de reproduction par extraction de leurs gonades au goût très iodé. Les espèces récoltées sont des *Echinothrix* et des *Tripneutes*, parfois des *Echinometra* plus petits. Au marché de Papeete, les gonades de ces oursins sont conditionnées dans de petits bocaux. Les concombres de mer, holothuries, ne sont récoltés qu'occasionnellement pour la restauration chinoise locale (trépang). L'espèce la plus abondante dans les lagons et tout spécialement les lagons d'atolls fermés,

Halodeima atra, n'a aucun intérêt alimentaire. Les espèces intéressantes, comme *Holothuria scabra* ou proches parentes et *Thelenota ananas*, sont trop peu abondantes sur les récifs pour donner lieu à une exploitation commerciale, que certains ont cependant tentée sans succès. Aucun projet d'écloserie ni de mariculture pour ces holothuries n'a vu le jour en Polynésie française, à l'inverse d'autres pays du Pacifique et de l'océan Indien.

La pêche et la commercialisation des langoustes et des crabes est interdite depuis 1999 au-dessous d'une taille de 18 cm pour les premières et de 12 cm pour les seconds, et pour toutes les femelles ovigères. De novembre à janvier, l'interdiction est totale quelles que soient les tailles. La plupart du temps les habitants consomment ces produits congelés en provenance de Nouvelle-Zélande, mais il s'en trouve parfois en vente au marché ou dans les grandes surfaces en provenance des Marquises.

Les tortues

Les eaux de Polynésie française comptent trois espèces de tortues marines qui sont toutes protégées. Une seule est fréquente : *Chelonia mydas*, « honu », la Tortue verte qui migre jusqu'en Nouvelle Calédonie et aux Solomon. Les deux autres espèces sont rares : la Tortue à écailles (*Eretmochelys imbricata*) et la Tortue luth (*Dermochelys coriacea*). Les aires de pontes importantes de la Tortue verte (novembre à février) sont peu nombreuses et se situent dans les atolls occidentaux de l'archipel de la Société, dont l'atoll de Scilly, réserve naturelle, qui est un haut lieu de ponte. La capture des tortues et leur consommation sont interdites sur le Territoire. La tortue était un mets traditionnellement consommé lors de certains événements et uniquement par les chefs et les prêtres. Elle fut ensuite très convoitée par tous pour sa chair et sa carapace. Partout dans le monde, les stocks sont en danger et la Tortue verte est sur la liste rouge de l'Union Mondiale pour la Conservation. Des dérogations de pêche sont exceptionnellement accordées. Mais le braconnage est fréquent, même sur l'atoll de Scilly qui ne bénéficie d'aucune surveillance sur place. Ce braconnage concerne parfois plusieurs tortues et, lorsque les autorités interviennent, ces opérations font la une des journaux locaux, ce qui arrive une ou deux fois par an.

L'EXPLOITATION DES HUÎTRES NACRIÈRES ET LA PERLICULTURE

L'exploitation de la nacre des huîtres Pinctada

Les très abondants stocks naturels de l'huître nacrifère *Pinctada margaritifera* dans les lagons de plusieurs atolls des Tuamotu ont été exploités dès le début du XIX^e siècle et jusqu'au milieu du XX^e pour leur nacre et la confection de bijoux et de boutons, avec des exportations de plus de 1 000 tonnes certaines années. L'exploitation a décliné lorsque les boutons en plastique ont fait leur apparition sur le marché (Doumenge, 1966 ; Salvat, 1971 ; Intes & Coeroli, 1985). Cette collecte qui intéressait 25 atolls pour les plus importantes récoltes sur 50 exploités est sans conteste un exemple type de prélèvement d'une ressource jusqu'à épuisement des stocks tel qu'il était pratiqué avant et pendant la période coloniale. Il y a plus d'un siècle et demi, des rapports faisaient déjà état de l'épuisement de certains lagons et de la nécessité de réglementer cette activité. Au début du siècle dernier, des

exportations annuelles ont atteint 600 tonnes et jusqu'à 1 329 tonnes en 1924. Au total, on considère que 100 000 tonnes de nacre, sinon plus, ont été exportées vers l'occident en deux siècles. Fort heureusement, l'élimination totale d'une espèce marine d'invertébré est pratiquement impossible et, bien qu'ayant complètement disparu dans certains lagons (Nukutipipi, Salvat, 1991), les stocks ont pu se reconstituer. Notons toutefois que la population de nacres dans les lagons occupe maintenant un habitat plus limité qu'avant toute exploitation, compte tenu de prélèvements plus faciles en faible profondeur que dans les fonds des lagons.

L'élevage des nacres et la perliculture

La perliculture repose sur la pérennité des stocks naturels de nacres tant que la production de naissains en éclosérie n'est pas totalement maîtrisée et opérationnelle pour répondre à la demande, ce à quoi s'emploient les services compétents du Territoire.

Des estimations de stocks de nacre ont été faites dans plusieurs lagons d'atolls dans les années 1980 (voir Intes, 1992) et avec des méthodologies plus précises à la fin des années 1990 (Zanini, 1999 pour Aratika, Manihi, Takapoto, Marutea Sud, Nengo Nengo, Taenga, Takapoto ; Zanini & Salvat, 2000). Les densités en nacres sont très variables de 0,8 individu pour 100 m² à Manihi à 10 individus pour la même surface à Scilly, atoll protégé. Ces estimations sont importantes car c'est essentiellement du stock naturel de nacre que dépend chaque année le recrutement des larves sur les collecteurs, larves qui vont être élevées jusqu'au greffage. Par ailleurs, le suivi du stock d'année en année permet d'établir sa variabilité alors que des mortalités massives ont été constatées dans certains lagons comme à Takapoto, que ces mortalités aient été la conséquence de phénomènes naturels ou induits par les activités humaines (épidémies, surcharge en nacres élevées induisant des modifications des conditions de milieu, prélèvements trop importants pour les besoins de la perliculture, pollutions diverses...). Ainsi, le stock naturel à Takapoto a été estimé entre 4,3 et 10,1 millions d'individus sur une période de 15 années avec des maxima et des minima que n'expliquent pas les années connues de fortes mortalités ou de bons recrutements (Zanini, 1999).

La perliculture consiste à élever des nacres qui sont greffées. Un nucléus (petite sphère extraite de la coquille d'une moule d'eau douce du genre *Unio* ou un substitut) est introduit dans l'ensemble pied-glande génitale du bivalve conjointement à un fragment de manteau prélevé sur une autre nacre. La *Pinctada* ainsi greffée va enrober la bille de couches de nacre pour donner au bout de 18 mois (variable) une perle noire dont les qualités et la valeur s'apprécient en fonction de la taille (8 à 16 mm), de la forme, de la couleur, du lustre et de la pureté.

Les premiers essais de culture de perles ont été faits en 1961 dans le lagon de Bora Bora et vers 1972, l'exportation des perles noires s'est développée, même si le boom de l'industrie n'a eu lieu qu'aux alentours de 1983. Ce boom a induit une phénoménale croissance de l'occupation du domaine maritime. La surface totale des concessions maritimes accordées à la perliculture a été multipliée par un facteur 54 en 10 ans. Elle est passée de 1,7 km² en 1990 à 93,2 km² en 1999, soit environ 1 % de la surface totale des lagons (MEP, 2001). Pour les besoins de la perliculture, les larves de nacre sont maintenant collectées et élevées. La perliculture est une importante source de revenus pour plus de 5 000 personnes réparties dans 600 fermes perlières organisées en 100 coopératives dans 50 îles hautes et atolls. Les aspects sociaux et économiques de la perliculture sont

importants en Polynésie française, mais activités et productions ne peuvent être isolées du contexte mondial concurrentiel du marché des perles (Tisdell & Poirine, 2000).

Actuellement plus de 98 % de l'ensemble des perles noires mises sur le marché mondial sont produites en Polynésie française. La production actuelle de ces perles est plus de 10 fois ce qu'elle était en 1990. Elle représente depuis 1995 plus de 90 % des exportations en valeur. En 1999, le poids des produits perliers exportés a été de 10,8 tonnes pour une valeur totale de 163 millions d'euros (19,5 milliards CFP). Si le prix moyen du gramme de perle a régulièrement augmenté dès les premières exportations en 1972 pour atteindre un maximum de 80,3 euros (9 584 FCFP) en 1986, il a ensuite décliné pour n'atteindre que 11,3 euros (1 352 FCFP) en 2001 ; ceci en raison de la conjoncture internationale, du marché de la perle en particulier en rapport avec le Japon qui est le principal acheteur. Pour l'exportation, l'industrie perlière a développé un système de référence unique pour « les perles de culture de Tahiti » et est en train de limiter la production de perles de basse qualité pour renforcer l'exportation de perles de haute qualité. Le label « Perles de Tahiti », a été choisi car plus valorisant que l'appellation anonyme de « perles noires ».

Le Territoire a eu à faire face à d'importantes mortalités du cheptel en nacre, notamment à Takapoto en 1985. Dès lors des recherches considérables sur l'huître ont été menées tout au long des années 1990 pour tenter d'assurer la viabilité à long terme de cette activité économique (voir le paragraphe sur la connaissance des récifs). L'impact des millions d'huîtres suspendues en chapelet dans les lagons, et les modifications des conditions de milieu dans le lagon qu'engendre cet élevage, sont malgré tout encore mal connus. 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 dizaines de milliers de paniers d'huîtres élevées en pleine eau, diminue fortement le stock de larves des autres organismes par la prédation de tous ceux qui sont fixés sur les structures et supports des nacres élevées. Des règles sont censées contrôler le transport des huîtres d'un lagon à un autre afin d'éviter le transfert de microbes pathogènes et la propagation d'épidémies, mais ces règles ne sont guère appliquées. La mission d'évaluation et de prospective (MEP, 2001) recommande dans son rapport d'orienter les efforts de recherche vers la gestion des cheptels à l'intérieur des concessions, de mettre en place un suivi des zones d'élevage, de veiller à la capacité de charge en nacres des lagons et d'empêcher toute contamination par la protection aux frontières (les outils de greffe usagés venant de l'extérieur sont prohibés depuis le début de l'année 2000). Elle propose également de créer des zones de libre transfert ainsi que la mise en place de quelques mesures de formation et d'information.

L'AQUACULTURE

L'aquaculture est une activité relativement jeune en Polynésie française. Elle est importante pour certains produits, mais ne s'est pas développée comme dans d'autres pays où elle a connu un franc succès (Nouvelle-Calédonie, Japon, etc.).

La production de crevettes la plus forte s'est située en 1990 avec 79,8 tonnes. Depuis elle n'a cessé de décroître pour atteindre 44,9 tonnes en 1999. Cette production qui concerne actuellement une espèce d'Amérique centrale, *Litope-*

naeus stylirostris, est juste suffisante pour le marché local, aussi bien en produits frais qu'en produits surgelés. Mais, depuis la baisse des taxes d'entrée, elle est concurrencée par les crevettes importées de Nouvelle-Calédonie. Toutefois, ces dernières sont à leur tour concurrencées par celles du sud-est asiatique, moins prisées, mais dont l'approvisionnement est régulier. Il semble improbable que la superficie disponible pour l'élevage des crevettes puisse être augmentée en Polynésie française car les terres appropriées sont insuffisantes et indisponibles.

L'élevage de crevettes d'eau douce (*Macrobrachium*), à Tahiti et Moorea, est d'environ une tonne/ha/an et la production maximale a été de 20 tonnes en 1988. Là encore il y a peu de possibilités d'expansion.

Le loup tropical *Lates calcarifer*, barramundi pour les anglo-saxons, et d'autres poissons tropicaux sont l'objet de production aquacole. L'élevage commercial du loup a débuté en 1994. Les possibilités pour l'utilisation de cages pour l'élevage des *Lates* sont étudiées à Tahiti et des larves sont en cours d'élevage dans des bassins à terre. La construction d'une seconde ferme en 1999 devrait permettre un développement de la filière dont la production, hormis le boom de 10,7 tonnes en 1996, oscille entre 1,5 et 3,2 tonnes avec 2,5 tonnes en 1999.

Il faut toutefois signaler que le secteur aquacole est en nette stagnation avec une dizaine de fermes employant 23 personnes au total, et un chiffre d'affaires de 922 000 euros (110 millions FCFP). Cependant, de nouveaux projets et la diversification de la production permettent d'espérer un développement de cette activité. Un encadrement et la mise en place de mesures d'accompagnement semblent nécessaires pour l'ensemble de ce secteur.

TOURISME ET ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES

La construction d'hôtels a nécessairement des impacts sur la zone côtière. Au regard du complexe récifo-lagonaire, en marge duquel s'implante une infrastructure hôtelière, il y a lieu de considérer les problèmes liés à sa construction, à son fonctionnement et aux activités subaquatiques qu'elle propose aux touristes.

La plupart des implantations hôtelières des deux dernières décennies ont fait l'objet d'études d'impact préalables. Les remodelages linéaires et topographiques du rivage et de l'infra littoral (remblais, creusements, épis de protection, plages artificielles...) sont malheureusement encore très fréquents. Mais la nature fait rapidement valoir en dépit des dépenses importantes qu'engagent les sociétés hôtelières pour maintenir ce qu'elles ont modifié. La construction de bungalows sur pilotis en bordure du lagon s'obtient dans le cadre de concessions maritimes. Il existe environ 200 bungalows sur l'eau à Tahiti, Moorea et Bora Bora. Ceux-ci sont le plus souvent implantés sur des zones exclusivement sableuses. Les études ont montré que ces constructions n'étaient pas préjudiciables à l'environnement. Bien au contraire, elles permettent l'installation de flores et de faunes sur substrat dur artificiel (pilotis) puis corallien, par suite du recrutement naturel en coraux (Chancerelle, 1994). Leur existence pose un problème d'esthétique dans le paysage insulaire et lagonaire : elle peut être controversée mais est bien appréciée des touristes. Toutefois, leur construction ne va pas quelquefois sans dégâts sur des formations coralliennes frangeantes. Par ailleurs, il s'agit d'une occupation du domaine public maritime.

En l'absence d'assainissement collectif, sauf sur l'île de Bora Bora, les hôtels doivent avoir leurs propres stations d'épuration des eaux usées. Les études sur

Moorea en 1992 (Aubanel, 1993) ont montré que le fonctionnement de ces stations d'épuration est le plus souvent défectueux avec des contrôles administratifs insuffisants. De plus, tous les rejets ont lieu dans le lagon dans des zones qui auraient pu être mieux choisies, compte tenu des pollutions bactériennes toujours possibles et peu appréciées des habitants comme des touristes. L'eau ainsi traitée est parfois utilisée pour arroser les jardins, mais toujours chargée en nitrates, phosphates et autres polluants car insuffisamment épurée, elle atteint le lagon par le biais de la nappe phréatique (Wolanski *et al.*, 1993). La question de l'enrichissement du lagon en nutriments et des conséquences qui en résultent a été traitée précédemment. De tels problèmes peuvent être exacerbés dans les atolls où 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 qui sont parfois amenés à la boire lorsque les pluies sont insuffisantes.

Les activités récréatives en milieu aquatique endommagent bien entendu les récifs : les ancrages sauvages par les bateaux au milieu des pâtés coralliens, le piétinement des récifs frangeants, la casse des coraux au cours de plongées par des touristes inexpérimentés ou peu informés, la collecte des coquillages et de coraux, sont autant de dégradations qui existent en Polynésie française comme partout ailleurs à proximité des hôtels. Les activités subaquatiques sont très pratiquées par les touristes qui affichent une forte motivation pour les sports nautiques (29 % très importants — 24 % importants — 47 % peu importants). Près de 66 % pratiquent la plongée avec tuba et 18 % la plongée en bouteilles. Il existe 31 centres de plongée dont 21 dans les îles de la Société. Les plongées dans les passes, à Rangiroa notamment, sont des hauts lieux mondialement connus pour observer la faune et surtout les requins. Les nourrissages des requins et des raies pour les touristes se sont développés, en particulier à Moorea et à Bora Bora. Dans le cadre des plans de gestion des lagons, les autorités essaient d'en limiter le nombre et d'en fixer la localisation face à la pression et l'inquiétude des pêcheurs et des riverains. Des études sont en cours pour tenter d'établir l'impact de ces nourrissages sur l'abondance des requins et des raies dans le lagon et leur comportement. Alors que plusieurs pays tropicaux à vocation de plongée sous-marine (océan Indien et Caraïbes) coulent d'une manière appropriée des bateaux en fin de vie pour constituer des sites de plongée, le gouvernement polynésien s'y oppose toujours, mettant en avant le risque ciguatérique malgré la forte demande des clubs de plongée.

On note depuis quelques années une plus grande sensibilité des responsables et animateurs d'activités nautiques aux questions de dégradations des récifs. L'administration, les prestataires de service et les hôteliers ont fait des efforts notables d'information auprès des touristes par des dépliants et des panneaux.

La majorité de l'hôtellerie (chaînes internationales) est haut de gamme en Polynésie française ; près de la moitié des 51 hôtels sont dans les catégories luxe et grand tourisme. Mais le gouvernement essaie de développer le tourisme dans les petits hôtels et chez l'habitant. Cette volonté s'inscrit en partie dans un contexte d'écotourisme mais la destination Polynésie-Tahiti est médiatiquement une destination implicitement nature. D'ailleurs la beauté des paysages et de la nature constitue ce que les touristes apprécient le plus à la fin de leur séjour, avant la qualité de l'accueil et les diverses activités proposées. On note cependant peu d'efforts pour l'écotourisme culturel. Même dans les pensions de famille ou chez l'habitant, les touristes sont pris en charge par les prestataires de services qui opèrent auprès des grands hôtels. La seule exception notable à cet égard réside à

Rangiroa où, dans certains cas, l'intimité avec la nature s'accompagne d'une intimité avec la vie familiale et la culture des hébergeants (Salvat & Pailhe, 2002).

Comme il est prévu que le tourisme augmente dans les prochaines années, une planification minutieuse est indispensable pour assurer des conditions nécessaires à la survie des récifs coralliens. L'augmentation du nombre des touristes est souhaitée par 64 % de la population alors que 30 % estiment qu'une limitation de leur nombre est indispensable à la préservation de l'environnement. Ceci devrait se traduire par une diminution de l'impact des constructions, par la gestion des eaux d'alimentation et par 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 aurait des impacts importants, à la fois sur l'environnement terrestre et marin ainsi que sur l'environnement humain.

LES EXPÉRIMENTATIONS NUCLÉAIRES

Les recherches engagées dans le contexte des expérimentations nucléaires effectuées sur les atolls de Moruroa et de Fangataufa ont donné lieu à un considérable progrès des connaissances. C'est tout particulièrement le cas dans les domaines de la géologie, de la pétrologie et de l'hydrogéologie des atolls ainsi que sur l'édification et l'évolution des édifices aussi bien volcaniques sous-jacents que coralliens superficiellement (Guille *et al.*, 1993). Entre 1966 et 1991 les explosions nucléaires ont été au nombre de 175 dont 44 aériennes jusqu'en 1974, avant d'être souterraines avec des explosions thermonucléaires dans le soubassement volcanique des atolls. Les conditions de ces expérimentations et leurs effets sur le milieu vivant, aussi bien terrestre que marin, ont été présentés dans deux ouvrages de synthèse (Bouchez & Lecomte, 1995 ; Bablet *et al.*, 1997). Ces atolls avaient été choisis en partie pour leur relatif isolement et leur éloignement de Tahiti et des atolls très habités. Les études écologiques réalisées sur les récifs coralliens de ces deux atolls et sur d'autres atolls du voisinage ont permis à l'époque d'augmenter considérablement nos connaissances faunistiques, floristiques et écologiques. Les observations réalisées à partir de 1965 lors de missions et d'expéditions quasi annuelles, ont été rapportées dans de nombreux travaux publiés dans les *Cahiers du Pacifique*. C'est d'ailleurs à cette époque que se développent les recherches sur l'écosystème corallien à la surface de la planète. Le premier symposium international sur les récifs coralliens qui s'est tenu en 1969 ne rassembla qu'une cinquantaine de participants, alors que le 9^e symposium, à Bali en 2001, en rassembla plus de 1 500. C'est dire que les premières recherches, en 1965, avant les expérimentations qui débutèrent en 1966, sont des recherches de base. Elles vont se poursuivre tout au long de la période des expérimentations, essentiellement sur les Tuamotu mais aussi sur les archipels voisins ou éloignés et elles vont donner lieu à l'édition de volumes spéciaux des *Cahiers du Pacifique* (Moruroa, Gambier, Marquises, Australes). Mais la relative méconnaissance de l'écosystème corallien des atolls de Polynésie française et les méthodes d'études d'alors, n'ont pas permis, pas plus là qu'ailleurs, de mettre en place des projets de suivi rigoureux des peuplements ou de monitoring. Il n'en sera question que quelque 20 années plus tard dans le cadre de l'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens (ICRI) et de son Réseau de surveillance mondial des récifs coralliens (GCRMN). Les effets des expérimentations, aériennes et souterraines, ont néanmoins été étudiés et ont donné lieu à de nombreux travaux (voir les travaux cités au début de ce paragraphe pour références bibliographiques). Toutefois, certains

programmes avaient pris en compte dès le début la nécessité de comparaisons rigoureuses de peuplements avant et après les expérimentations. Les mollusques de récifs extérieurs ont été étudiés avec cette approche sur l'atoll de Fangataufa. Le suivi de ce peuplement était d'autant plus intéressant que c'est sur cet atoll que fut expérimenté l'engin de plus forte puissance au cours de toute la période des expérimentations aériennes sur les deux atolls. Le tir Canopus du 24 août 1968 d'une énergie de 2 100 kilotonnes (Bouchez & Lecomte, 1995 ; Warner & Kirchman, 2000) fut assez dévastateur. Les effets immédiats et à long terme sur les peuplements de gastéropodes récifaux ont été étudiés avant et après leur exposition aux 4 essais nucléaires atmosphériques intervenus sur l'atoll dont celui de Canopus (Salvat *et al.*, 1995 ; Lanctot *et al.*, 1997). Les résultats montrent que même si les densités de certaines espèces ont chuté considérablement (gastéropodes de l'étage supralittoral) juste après certaines expérimentations de forte énergie, la plupart des espèces ont été capables de recoloniser rapidement les récifs perturbés. L'ouvrage de Bablet *et al.* (2000) rend compte des effets de ces expérimentations à Moruroa et à Fangataufa sur la faune et la flore des récifs comme du domaine terrestre.

PROGRAMMES DE SURVEILLANCE DE L'ÉTAT DE SANTÉ DES RÉCIFS

De nombreux réseaux de surveillance des récifs coralliens ont été mis en place en Polynésie française par le Territoire et le CRILOB EPHE, centre de recherches installé à Moorea depuis 1970.

RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DU TERRITOIRE

La délégation à l'environnement, ministère de l'environnement, a mis en place en 1989 un programme de surveillance annuelle autour de l'île de Tahiti. Jusqu'en 1993, le programme comportait la visite régulière de 16 sites qui avaient été choisis afin d'étudier les impacts anthropiques autour de l'île et de surveiller l'évolution de l'état de santé des peuplements benthiques. Ce réseau n'a plus fonctionné qu'avec 8 stations de 1994 à 1996, pour être finalement abandonné.

Le service d'hygiène et de salubrité publique, ministère 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 qui représentent 1 300 échantillons analysés par an. Les résultats sont diffusés chaque année au moyen d'une carte indiquant la qualité des eaux de baignade dans les 5 îles. En se référant aux normes européennes (directive N° 76-160/CEE du 8 décembre 1975 qui est prise en considération) seulement 5,5 % des points sont dans la catégorie D, de mauvaise qualité, et devraient être interdits à la baignade. La principale cause semble être l'absence d'un assainissement collectif et le mauvais fonctionnement de certaines stations d'épuration privées. À Bora Bora, à titre d'exemple, les 20 points surveillés donnaient les résultats suivants en 2001 : 15 de catégorie A (bonne qualité), 3 de catégorie B (qualité moyenne) et 2 de catégorie C (momentanément pollué). La nécessité d'un tel contrôle n'a pas échappé aux maires ou aux hôteliers et dans certaines îles où le service territorial compétent a dû abandonner des points de prélèvement faute de moyens, les mairies et les hôteliers font appel à un laboratoire privé agréé pour connaître la qualité des eaux.

Les services de la pêche et de la perliculture ont entrepris des enquêtes dans les lagons des atolls où se pratique la culture de la perle. Ils collectent des données, le plus souvent auprès des perliculteurs eux-mêmes, sur la température et la qualité de l'eau, un indicateur de « santé » des huîtres perlières ainsi que sur tout phénomène pouvant avoir un impact sur le lagon et les nacres. La figure 5, évoquée dans le paragraphe consacré aux phénomènes de blanchissement des coraux, est un des résultats de ce réseau de surveillance. Elle donne le relevé des températures dans plus d'une vingtaine de lagons polynésiens depuis 1998.

RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DU CRIOBE-EPHE

Les scientifiques du centre de recherches CRIOBE-EPHE, implanté depuis 1971 à Moorea, ont focalisé leurs recherches sur le nord-ouest de l'île, dans le secteur de Tiahura. Aussi, d'année en année, des travaux ont-ils été publiés qui donnèrent bientôt lieu à des comparaisons sur l'évolution dans le temps des peuplements. Sur une période de quelque quinze années et sur le secteur de Tiahura, la figure 9 donne, à titre d'exemple, une idée des variations au sein du peuplement de scléactiniaires. Il ne s'agit que des proportions respectives des genres les mieux représentés et non pas des surfaces de recouvrement en corail vivant. On constate que la zone barrière a été particulièrement affectée (prédation d'*Acanthaster*, cyclones, mortalité due à des blanchissements, pollutions et dégradations diverses en raison des activités humaines...) et que la diversité s'est considérablement réduite au point d'observer une dominance écrasante du genre *Porites*.

La compréhension du fonctionnement de l'écosystème récifal et corallien exigeait que les variations des peuplements et leurs causes soient établies. Ces problèmes rejoignent la controverse d'actualité sur la stabilité ou l'instabilité des

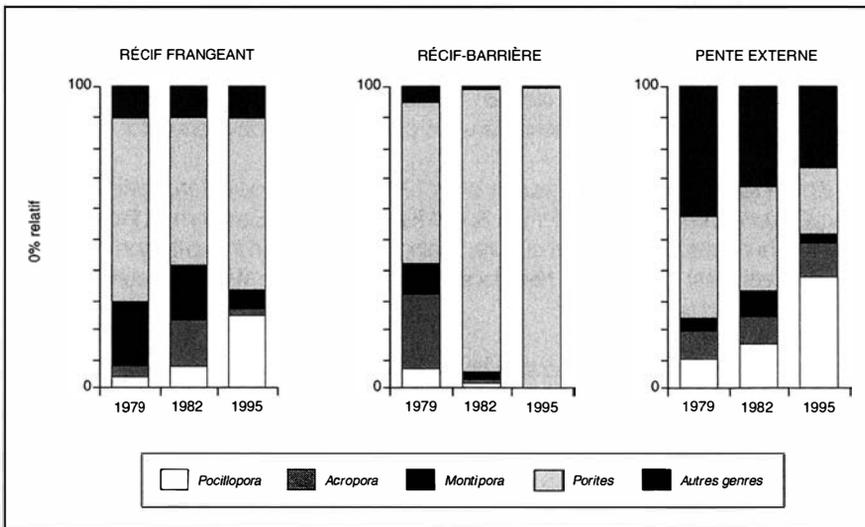


Figure 9. — Abondances relatives des coraux sur le récif frangeant, le récif barrière et la pente externe en 1979, 1982 et 1996 dans le secteur de Tiahura, Moorea [Augustin, 1998].

récifs et sur les causes de leur grande diversité. Au-delà d'observations étalées dans le temps par quelques chercheurs spécialistes de certains groupes d'animaux et de végétaux des récifs, le CRIOBÉ a mis en place deux programmes de surveillance de l'état de santé des récifs en Polynésie française. Ces deux programmes ont des objectifs tout à fait différents.

La surveillance des récifs de Tiahura - Moorea, le programme ATPP

Le premier, intitulé ATPP (Agencement Temporel des Populations et des Peuplements), se concentre sur le secteur de Tiahura. Depuis 1990 une équipe collecte annuellement des données quantitatives sur le récif barrière et la pente externe (Galzin *et al.*, 1993 ; Augustin *et al.*, 1997). Les résultats sur 10 années de la variation des populations d'espèces des récifs coralliens et des relations de ces variations entre elles (par exemple tout au long de la chaîne alimentaire) ou entre ces variations et les perturbations naturelles et anthropiques (par exemple blanchissement) ont donné lieu à de multiples publications (Salvat, 1992a, b ; Galzin *et al.*, 1993 ; Hoegh-Guldberg & Salvat, 1995 ; Augustin *et al.*, 1997 ; Augustin, 1998 ; Augustin *et al.*, 1999 ; Adjeroud *et al.*, sous presse).

Un exemple des résultats de ce programme ATPP de surveillance est donné par la figure 10 qui montre les variations du peuplement benthique et des poissons de 1991 à 1997 sur la pente externe de Tiahura. On notera qu'en 1991 le pourcentage de recouvrement en coraux vivants était de 50 %. Peu après la collecte de cette information un phénomène de blanchissement est survenu, suivi d'une importante mortalité (Salvat, 1992a, b). Ce pourcentage est tombé à 25, puis est remonté lentement en raison de la fixation de nouvelles larves de coraux d'année en année. Mais en 1997, soit 6 ans après l'événement, il n'était que de 40 % et n'affichait donc pas la vitalité qui était la sienne avant 1991. On remarquera que la population de poissons n'a pas déserté le récif après la mortalité partielle du peuplement corallien en 1991. On note également une importante variation de la richesse spécifique ainsi que de la densité des poissons adultes et des juvéniles (recrutement) au cours des années 1996 et 1997. Ces résultats montrent une certaine robustesse du récif corallien face aux événements naturels perturbateurs, à condition que ceux-ci ne soient pas catastrophiques et pas trop fréquents ; la mortalité des coraux en 1991 à la suite de l'épisode de blanchissement n'a été que de 20 % et, sur le même récif de Tiahura, le blanchissement de 1994 n'a pas été suivi d'une mortalité notable. Ces résultats donnent également une indication sur la vitesse à laquelle, sans autre perturbation naturelle majeure, le récif peut récupérer.

Un autre exemple des observations menées dans ce programme ATPP est illustré par la figure 11 qui donne la variation, de 1997 à 2002, de l'occupation du substrat sur la pente externe de Tiahura. Ces résultats proviennent d'une prospection sur le terrain d'une méthode dite à points équidistants : le long de 4 transects fixes de 25 m chacun on note le substrat qui se trouve tous les 25 cm. Cela donne 400 points d'observation dont le suivi dans le temps permet d'établir l'évolution de l'occupation du substrat. Pour la figure 11, nous avons regroupé les observations en 4 catégories dont les importances sont exprimées en pourcentage de recouvrement. On note une certaine stabilité du recouvrement en corail vivant depuis 1997, avec une légère augmentation les dernières années. Le recouvrement en corail est proche de son optimum — 50 % — (voir à la fin de ce paragraphe) ce qui indique que le récif s'est progressivement remis des perturbations subies précédemment et qu'il est en excellente santé.

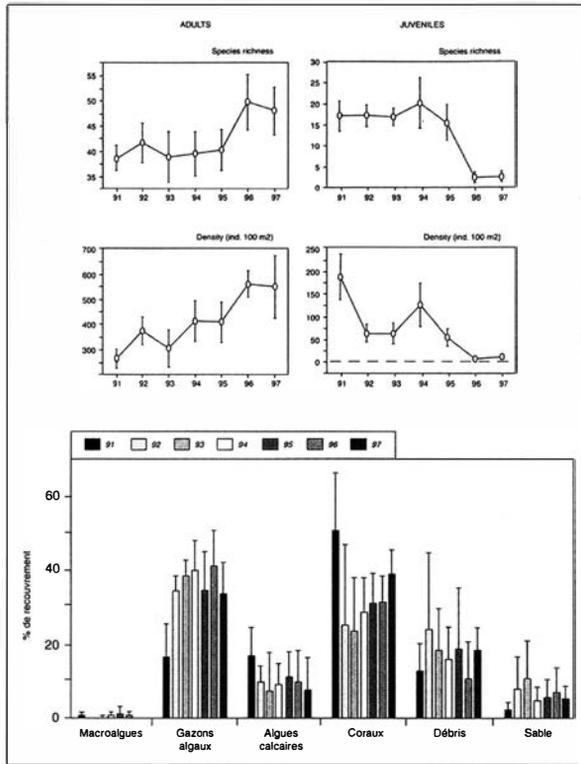


Figure 10. — Variabilité temporelle des peuplements benthiques et ichtyologiques entre 1991 et 1997 sur la pente externe du secteur de Tiahura, Moorea.

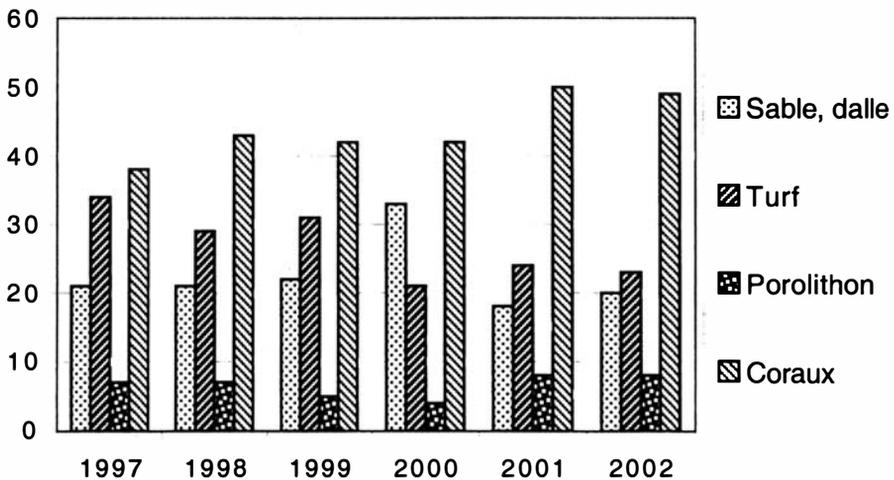


Figure 11. — Variations de l'occupation du substrat sur la pente externe du secteur de Tiahura, Moorea, de 1997 à 2002. Répartition en 4 catégories dont celle des coraux vivants.

Ce programme ATPP génère d'autres résultats pour chacun des groupes étudiés. C'est ainsi que pour la pente externe de Tiahura, à la profondeur d'une douzaine de mètres, les observations effectuées en avril 2000 tout au long de 20 transects de 25 m chacun (500 m au total où toutes les colonies interceptées par les transects sont identifiées) permettent d'établir la forte dominance de trois genres (*Pocillopora*, *Acropora* et *Porites*) qui à eux seuls représentent près de 66 % des 2 404 colonies coralliennes identifiées (Figure 12).

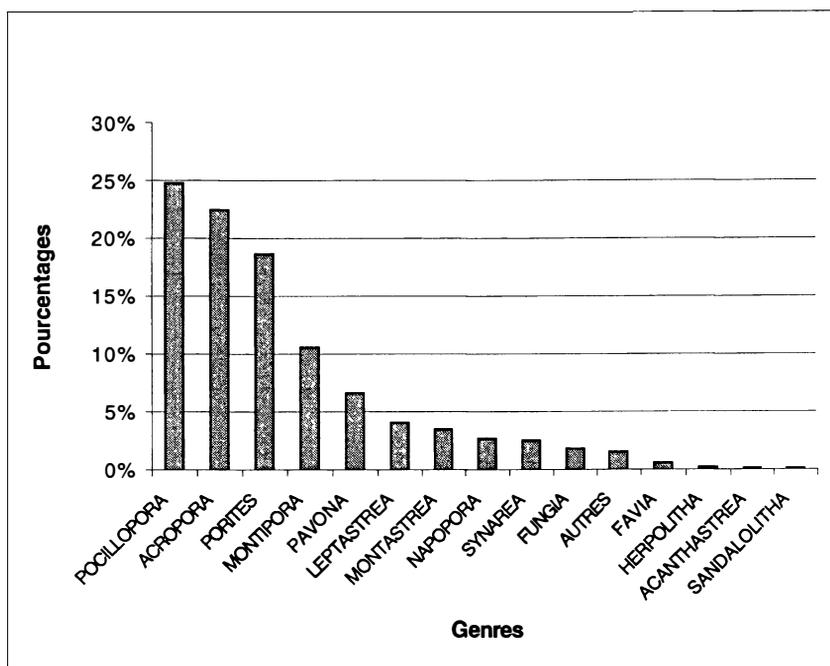


Figure 12. — Dominances des genres de scléractiniaires sur la pente externe du secteur de Tiahura, Moorea. Profondeur 12-15 m. Données établies en 2000 par la prospection de transects en continu, totalisant une longueur de 500 m et comptabilisant 2 404 colonies.

Le réseau de surveillance des pentes externes des îles

Le second programme de surveillance du milieu corallien du CRIOBE a été lancé en 1993. Il obéit à un tout autre objectif : évaluer les modifications du peuplement corallien et de l'état de santé des récifs sur le long terme. C'est le changement climatique global qui est visé. Pour cela il fallait « surveiller » une partie essentielle de l'écosystème corallien et, si possible, à l'abri des perturbations anthropiques. Ce programme s'est attaché à surveiller les pentes externes d'une quinzaine d'îles (hautes et basses) réparties sur l'ensemble du Territoire. En effet, les pentes externes présentent les caractéristiques et les avantages suivants pour l'objectif de cette surveillance : a) partie essentielle de l'écosystème (celle qui

actuellement « construit » le récif), b) partie baignée par des eaux océaniques qui sont beaucoup plus semblables d'une île à l'autre que les eaux lagunaires, c) partie à la géomorphologie analogue d'une île à une autre, d) partie ne subissant que très peu les pollutions et dégradations dues aux activités humaines. Le recouvrement en corail vivant y est de l'ordre de 40 à 60 % aux profondeurs de 10-15 mètres où ont été choisies les stations de surveillance. Les 15 îles sont disséminées dans tous les archipels (Tahiti, Moorea, Bora Bora, Raiatea, Tetiaroa dans l'archipel de la Société ; Mataiva, Tikehau, Rangiroa, Takapoto, Aratika, Nengo Nengo, Marutea Sud dans l'archipel des Tuamotu ; Mangareva 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 si survient un événement particulier. Ces pentes externes ne subissent que les perturbations naturelles que nous avons traitées dans un paragraphe précédent et parmi lesquelles les cyclones et les blanchissements suivis de mortalités sont les plus fréquents et les plus notables actuellement. La méthode de collecte des données repose sur des prises photographiques de transects de 20 mètres de longueur et qui sont exploitées par ordinateur. Les transects sont toujours les mêmes, repérés par des plots en acier fixés dans le récif. Les résultats de cette surveillance permettent des corrélations et des explications quant aux changements de pourcentage de recouvrement par les coraux, d'année en année, en fonction des impacts des événements subis par le récif. Les données sont transférées à la base internationale de données sur les récifs de ICLARM (The World Fish Center, Penang, Malaysia), comme contribution au réseau mondial de surveillance des récifs coralliens (Global Coral Reef Monitoring Network – GCRMN) de l'initiative internationale pour les récifs coralliens (International Coral Reef Initiative – ICRI).

La figure 13 donne les variations du pourcentage de recouvrement en corail vivant de quelques pentes externes prospectées occasionnellement depuis une dizaine d'années dans le cadre de ce réseau de surveillance. Le graphique concernant l'atoll de Tikehau montre l'impact sur le peuplement corallien des deux événements survenus en 1998 sur la pente externe : le cyclone Veli en janvier et un épisode de blanchissement les mois suivants avec mortalité des coraux. Le recouvrement en coraux vivants a été ramené à une valeur inférieure à 5 %, avec une faible reprise deux ans plus tard par recrutement de nouvelles larves de scléactiniaires. Les graphiques concernant Marutea Sud et Moorea entre deux baies, indiquent une croissance régulière du recouvrement corallien après des épisodes de blanchissement et de mortalité des coraux survenus en 1991. On constate que, fortement éprouvé par ces perturbations, le récif met environ une dizaine d'années à retrouver sa situation antérieure. Le graphique sur l'atoll de Tetiaroa montre un recouvrement corallien qui diminue régulièrement depuis la première prospection en 1993. Deux épisodes de blanchissement, mais peu sévères, et une dégradation continue par ancrage sauvage des bateaux pour activités subaquatiques sont responsables de cette diminution. Ces valeurs de recouvrement en corail vivant sont établies à partir de relevés plus précis au niveau des genres de coraux. La figure 14 montre pour le site de surveillance de Aratika ces variations par genres en 1997, 1999 et 2000. Des sites de surveillance relativement proches peuvent afficher des évolutions différentes. Tel est le cas des pentes externes face à la zone urbanisée du grand Papeete. La figure 15 regroupe les données sur trois sites qui ne sont distants que de quelques kilomètres. L'impact du phénomène de blanchissement de 1998 qui a atteint ces récifs est plus ou moins fort selon le site concerné.

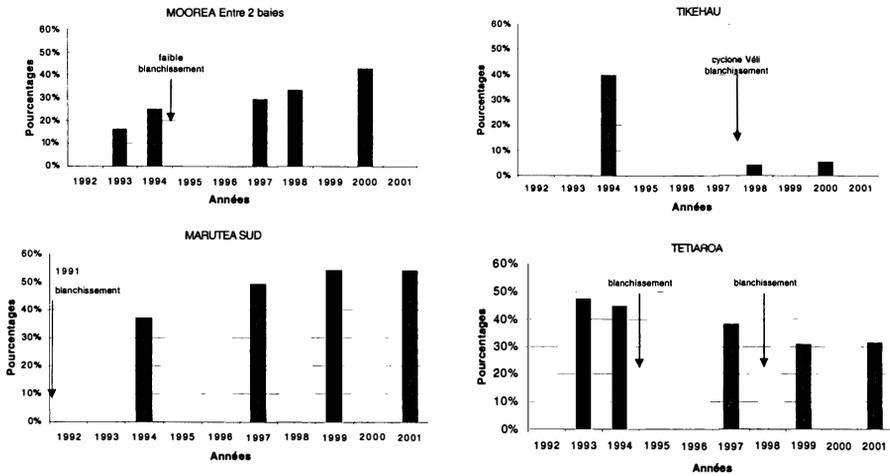


Figure 13. — Évolution dans le temps du recouvrement total en corail vivant sur les pentes externes de quelques îles du réseau de surveillance mis en place en Polynésie française. On note les événements naturels responsables des modifications du recouvrement en corail vivant.

Recouvrement corallien par genres

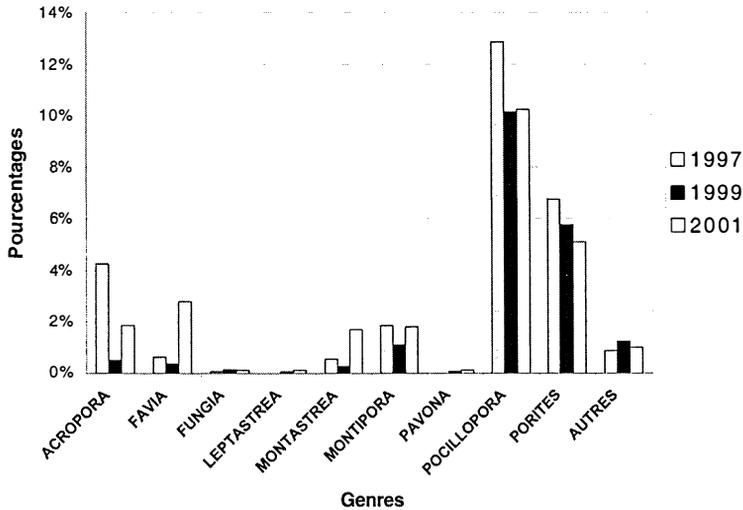


Figure 14. — Variations du recouvrement des différents genres de coraux sur la pente externe de Aratika en 1997, 1999 et 2001.

Un autre enseignement peut être tiré des observations réalisées dans le cadre de ce réseau de surveillance des pentes externes des récifs de Polynésie française. Il s'agit du pourcentage de recouvrement optimum en coraux qui traduit un état de santé satisfaisant de la pente externe. À la profondeur d'une douzaine de mètres,

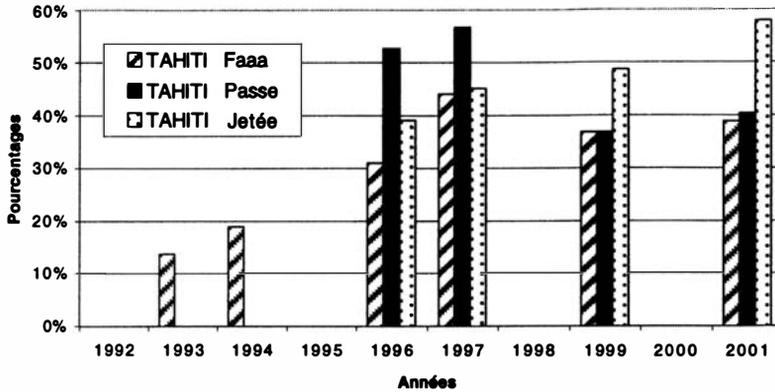


Figure 15. — Variations du recouvrement total en corail vivant sur trois sites de pente externe dans la zone urbanisée du grand Papeete au cours de la dernière décennie.

cet optimum se situe vers 55 %. Il peut y avoir des variations, notamment pour les récifs des archipels en périphérie comme les Australes ou les Marquises. Ceci nous permet d'affirmer qu'un recouvrement de cet ordre de grandeur sur la pente externe est une indication de l'excellent état de santé du récif. Un moindre pourcentage de recouvrement indique que le récif a subi plus ou moins récemment des perturbations et des dégradations telles que cyclones ou mortalités suite à des blanchissements. Cette information est une donnée essentielle de tout programme de surveillance qui vise à établir régulièrement l'état de santé d'un récif.

AIRES PROTÉGÉES ET GESTION DE LA ZONE CÔTIÈRE

L'AUTONOMIE DU TERRITOIRE EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT

Il convient de rappeler ce que nous indiquions au début de cet article. Depuis 1984, suite à la promulgation de la loi d'autonomie, toutes les questions relatives à l'environnement sont de la compétence du gouvernement de la Polynésie française. En 1985, la délégation à l'environnement a été créée et 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. Les textes qui régissent la protection de la nature en métropole et les directives européennes ne s'appliquent donc pas en Polynésie française, pas plus qu'aux autres Territoires d'outre-mer.

LES CONVENTIONS INTERNATIONALES

Les conventions internationales ratifiées par la France sont applicables aux Territoires d'Outre-mer. Elles comprennent les conventions suivantes : Ramsar sur les zones humides (1971), patrimoine mondial (1972) même si aucun site n'a été retenu en Polynésie française, CITES sur les espèces en voie de disparition (1973),

Bonn (1979) sur les espèces migratrices (qui comprend les oiseaux, les tortues et les mammifères marins), Rio sur la diversité biologique (1992). Plusieurs espèces marines sont déjà protégées en Polynésie française (mollusques, crustacés, poissons, coraux, corail noir, tortues et oiseaux) ; on note une application plus systématique par les autorités de la législation en vigueur. Par ailleurs, le gouvernement polynésien étudie actuellement un projet en faveur de la protection des cétacés avec la création d'une aire protégée.

Par ailleurs, un certain nombre de conventions régionales s'appliquent à la Polynésie française 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.

LES AIRES RÉCIFALES ET CORALLIENNES PROTÉGÉES

L'atoll de Taiaro, dans l'archipel des Tuamotu, un atoll fermé et privé, a été déclaré Réserve de la Biosphère en 1977 dans le cadre du Programme l'Homme et la Biosphère (Man and Biosphere – MAB) de l'UNESCO. Le concept de réserve de la biosphère a évolué. Ce ne sont plus des aires protégées des activités humaines mais des modèles de gestion dans le cadre du développement durable. Cette réserve de 2 000 hectares ne correspond donc plus aux critères actuels. Elle est en cours d'extension et de restructuration et sera composée de 7 atolls : Aratika, Fakarava, Kauehi, Niau, Raraka, Taiaro et Toau, les deux derniers étant inhabités. Les habitants de ces atolls sont acteurs dans ce projet, tout particulièrement quant à la délimitation des zones centrale, tampon et périphérique définies par l'UNESCO (Decoudras, 2001). 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 (1 240 ha) dans l'archipel de la Société sont des réserves territoriales depuis 1992, dans le cadre du Programme Régional Océanien de l'Environnement (PROE). Ces deux atolls sont inhabités, mais de nombreuses incursions des populations d'atolls voisins y sont assez fréquentes. Depuis 1996, certaines activités humaines (la pêche et la navigation dans le lagon et jusqu'à 100 mètres de la crête récifale côté océan) sont contrôlées par le service de la pêche. Toutefois, faute d'un gardiennage à demeure, la protection des ressources de ces îles (stock naturel de nacres et/ou lieu important de ponte de la Tortue verte) n'est pas satisfaisante malgré l'exécution de contrôles et parfois de verbalisations. Une autre réserve est l'îlot de Motu One, un banc de sable encerclé d'une plate-forme corallienne dans le nord des Marquises.

Ces réserves ne représentent qu'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. Il n'existe aucune réserve naturelle ni aucun parc qui soit utilisé pour le tourisme et sa promotion à l'étranger bien que quelques projets existent. Il s'agit du parc marin de Rangiroa, incluant quelques sites remarquables du lagon, et celui du nord de l'île de Moorea. Compte tenu de son exceptionnelle représentativité comme écosystème insulaire de « presque atoll », et compte tenu de la beauté de ses paysages, l'île de Bora Bora pourrait être choisie comme site du Patrimoine mondial de l'UNESCO. Mais d'autres îles de Polynésie française pourraient être également proposées et retenues dans le cadre de cette convention

internationale ou dans le cadre du programme l'Homme et la Biosphère. Tel est le cas de certaines des îles Australes ou des Marquises, et aussi de l'archipel des Gambier.

Les labels internationaux (Sites du Patrimoine mondial et Réserves de la Biosphère de l'UNESCO) sont pourtant des affichages valorisants et porteurs pour le tourisme international dans plusieurs pays. Ces labels prennent de plus en plus d'importance (Bridgewater, 2002). Il est temps que les autorités du Territoire se saisissent de ces possibilités alors qu'elles disposent de sites d'une incomparable beauté et que les conditions sont presque toutes réunies pour que ces sites soient retenus dans les instruments internationaux.

Notons que des aires lagunaires sont protégées par une réglementation d'interdiction de certaines activités dans le cadre des plans de gestion de l'espace maritime qui se mettent en place à Moorea et à Bora Bora (Voir ci-après).

LE PAVILLON BLEU

Au cours des trois dernières années (2000, 2001 et 2002), l'île de Bora Bora s'est vue décerner le Pavillon bleu par la Fondation pour l'Environnement en Europe, reconnaissant ainsi les efforts faits par cette commune pour l'amélioration de la qualité des eaux côtières. C'est la première fois qu'un tel label était donné à une collectivité hors d'Europe. Cette commune est en effet la première à avoir mis en place un réseau d'assainissement collectif par la volonté de son conseil municipal, s'appuyant sur le désir des habitants et des hôteliers de protéger la qualité des eaux lagunaires. De plus, une usine de dessalement de l'eau de mer a été construite pour faire face à toute pénurie d'eau d'alimentation car le relief et la configuration de l'île font que ses réserves naturelles en eau sont modestes. Enfin, Bora Bora doit se doter cette année d'un PGA (Plan Général d'Aménagement) pour la partie terrestre et d'un PGEM (Plan de Gestion de l'Espace Maritime) pour la partie lagunaire.

LES PLANS DE GESTION DE L'ESPACE MARITIME (PGEM)

Compte tenu de l'importance de ses récifs et lagons coralliens, le gouvernement de la Polynésie française a lancé en 1998 le concept de Plan de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM). Dans un premier temps, il s'agit de permettre la résolution des conflits d'usage qui concernent l'exploitation des ressources récifales lagunaires (pêche) ainsi que l'utilisation de l'espace (tourisme dont plongée, nourrissage de requins...). La réalisation de PGEM implique des négociations avec tous les partenaires utilisateurs du milieu et la recherche d'un consensus sur le choix du zonage et des activités. Cette concertation se fait en présence de représentants de l'administration dont le but est de formaliser les consensus intervenant entre les pêcheurs, les prestataires de services d'activités aquatiques, les riverains et les hôteliers. Deux PGEM sont en cours d'achèvement à Moorea et à Bora Bora. Un troisième devrait voir le jour dans la commune de Fangatau (atolls de Fangatau et de Fakahina) pour assurer la gestion de la ressource en bénéficiers. À titre d'exemple la première réunion de concertation pour le PGEM de Bora Bora a permis de mettre en place quatre commissions avec comme sujet la pêche, l'hôtellerie, les activités touristiques et les équipements

collectifs. A Bora Bora, la commission la plus fréquentée était celle sur les activités touristiques alors qu'à Moorea il s'agissait de la commission traitant de la pêche lagonaire.

Au-delà de sa mise en place par un zonage des activités autorisées, interdites ou réglementées, le concept de PGEM repose sur le consensus obtenu entre tous les partenaires. Il donne lieu à une véritable appropriation des récifs, du lagon et de ses ressources par les utilisateurs, ce qui s'oppose à des réglementations imposées par une administration qui a toutefois le pouvoir de décision sur cette partie du domaine public. La figure 16 donne à titre d'exemple le PGEM de Moorea, actuellement en cours d'officialisation avec l'indication sommaire des zones protégées ou à activités réglementées.

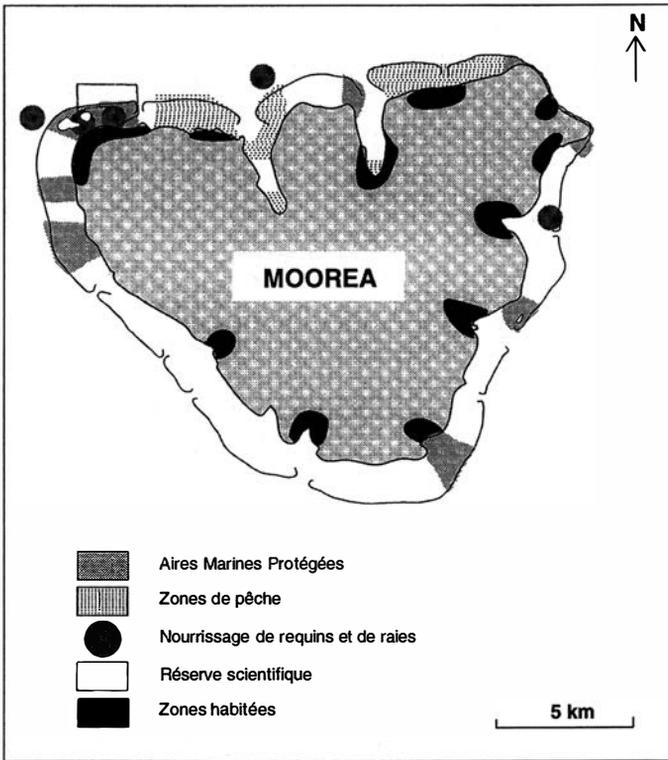


Figure 16. — Plan de gestion de l'espace maritime (PGEM) de Moorea. Projet de zonation des activités humaines réglementées [d'après carte PGEM, Aubanel & Decoudras].

L'équivalent du conservatoire du littoral a été créé en 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 ne s'est pas développée comme on aurait pu le souhaiter avec l'achat de terrains côtiers pour leur préservation.

LA RESTAURATION DES ZONES CORALLIENNES DÉGRADÉES

Les zones de récifs ou de lagon dégradées par les activités humaines (extraction de matériaux) ou par des événements catastrophiques naturels (mortalités en raison de dystrophies) doivent être restaurées pour des raisons écologiques de fonctionnement de l'écosystème mais aussi pour des raisons économiques, notamment en rapport avec le tourisme.

Cette restauration peut intervenir naturellement et avec du temps en supprimant la cause des dégradations. Dans le cadre des PGEM des propositions de restauration de sites dégradés sont faites. C'est ce à quoi s'attachent les réglementations pour une gestion des terres sans conséquences fâcheuses pour l'écosystème corallien. Qu'il s'agisse de terres agricoles ou de parcelles en cours de viabilisation pour toute implantation humaine, ces réglementations doivent éviter un trop grand lessivage des terres mises à nu et une sédimentation terrigène fatale aux coraux. Il en est de même pour des rejets inconsidérés dans les rivières, et donc dans le lagon, des eaux polluées provenant des lisiers des élevages de porc.

La restauration peut être effectuée, ou aidée, par des actions humaines directes. Après quelques essais au début des années 1990 dans le lagon de Moorea, un projet de restauration a été réalisé à Bora Bora (Porcher & Salvat, 1999). Au sud de l'île, dans un secteur hôtelier, une zone avait été dégradée par suite d'extractions de matériaux coralliens et du creusement d'un chenal, ce qui induisait par ailleurs une importante érosion du littoral. Le projet a consisté à construire des blocs de bétons aux formes variées et pouvant être assemblés en des dispositions différentes, et à y transplanter des coraux prélevés sur des sites donateurs voisins. Suivie pendant plus de deux ans l'opération a été un succès jusqu'à ce qu'une crise dystrophique dans l'ensemble de la partie méridionale du lagon de Bora Bora (décembre 2001) ne mette à mal les colonies coralliennes transplantées et celles qui s'y étaient développées naturellement. Toutefois, la réalisation de ce projet a permis de maîtriser totalement les méthodes à utiliser pour le succès de telles opérations.

L'INITIATIVE FRANÇAISE POUR LES RÉCIFS CORALLIENS (IFRECOR)

Dans le cadre de l'Initiative Internationale en faveur des Récifs Coralliens (ICRI = International Coral Reef Initiative) dont le secrétariat a été assuré par la France en 1999 et en 2000, une Initiative Française en faveur des Récifs Coralliens (IFRECOR) a été créée avec une représentation dans chaque collectivité française d'outre-mer. Le comité national de l'IFRECOR, sous l'égide du ministère de l'environnement et du secrétariat d'état outre-mer, et les 7 comités locaux des collectivités territoriales françaises d'outre-mer, 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, et des associatifs.

Dans ce cadre, l'IFRECOR Polynésie française développe et soutient plusieurs actions menées par des associations en liaison avec les services territoriaux et les institutions scientifiques implantées sur le Territoire.

LA SENSIBILISATION DE L'OPINION ET LE MOUVEMENT ASSOCIATIF

Au-delà de l'augmentation des connaissances scientifiques sur les récifs et lagons qui ont été l'objet d'un très grand nombre de recherches fondamentales et

appliquées depuis une quarantaine d'années sur le Territoire, la communication des résultats de ces recherches auprès des instances décisionnelles et politiques a porté ses fruits. La prise en compte des problèmes environnementaux et la nécessité de la préservation des ressources sont maintenant acquises.

La sensibilisation du grand public se fait à travers la presse écrite ou télévisée et la radio (très importante pour les habitants des archipels éloignés). Des journées consacrées à la vulgarisation des connaissances scientifiques, « la science en fête », sont organisées chaque année par l'association « Proscience » avec présentation de posters et organisation de conférences. La fondation « Naturalia Polynesia » en association avec le CRIOBE-EPHE a publié pendant 5 ans (1995-1999) une double page mensuelle sur les récifs coralliens dans les deux journaux quotidiens de Polynésie française.

La création de l'IFRECOR a permis la formation de riverains à la méthode de surveillance de l'état de santé des récifs dite « Reef-Check » sur les îles de Moorea et de Bora Bora. Faisant suite au phénomène cité précédemment et ayant entraîné la mort des coraux et des poissons à Bora Bora, un programme de surveillance a été mis en place avec la participation de l'association « Nature Eveil Bora Bora » implantée sur l'île et avec l'aide des chercheurs du CRIOBE et de l'UPF.

Il y a actuellement une quinzaine d'associations de protection de l'environnement qui se sont regroupées en une fédération (FAPE) afin de conjuguer leurs efforts. Cette fédération joue un rôle important dans le processus de décision et d'exécution des mesures environnementales. Une fédération analogue est en cours de formation à Moorea où plusieurs associations sont très actives. Par ailleurs les études d'impact sur l'environnement sont de plus en plus fréquentes, même si elles ne sont pas toujours prises en compte lors de la décision et de la réalisation des projets. Le mouvement associatif augmente son audience et ses actions sur le Territoire et les autorités doivent de plus en plus composer avec leurs objectifs de préservation de l'environnement.

CONCLUSIONS

Le Territoire de la Polynésie française, aussi étendu que l'Europe, est un territoire océanique et corallien. Isolées au cœur du Pacifique les 118 îles qui le composent présentent tous les intermédiaires géomorphologiques d'évolution des îles océaniques depuis leur naissance volcanique jusqu'à leur achèvement en atolls. La diversité des îles basses coralliennes quant à l'isolement plus ou moins important de leur lagon par rapport à l'océan, est une caractéristique essentielle de cette région qui permet d'aborder des thématiques de recherches originales. L'ensemble se situe dans une zone de la province indo-pacifique où la diversité des groupes faunistiques et floristiques, et des espèces, est moindre. Ceci n'affecte en rien la prospérité et la santé des récifs de Polynésie française mais permet, là encore, d'aborder plus facilement des thèmes de recherches particuliers et des comparaisons avec d'autres régions du monde. Cette zone est un théâtre privilégié d'opérations pour des études sur la diversité génétique des populations récifales.

L'origine et le contexte culturel des populations polynésiennes attestent une très grande intimité avec l'océan, les récifs et leurs ressources, qui est exceptionnelle et unique au monde. Nulle part ailleurs les récifs coralliens n'ont autant imprégné ces populations qui y demeurent très attachées. La pression démogra-

prique est moindre et n'est pas celle du sud-est asiatique. Le Territoire présente un niveau de développement très important comparativement à tous les autres états insulaires du Pacifique sud, un niveau de vie (PNB par habitant) qui dépasse celui de plusieurs pays de l'Union Européenne. L'économie repose actuellement sur deux éléments essentiels : le tourisme dont on note toutefois la fragilité dans le temps et la perliculture pour l'instant incontestée au plan international par la production de perles noires mais qui subit également des crises. Soulignons que ces deux ressources reposent sur et exigent un environnement récifal et corallien en bonne santé. Les récifs coralliens sont le dénominateur commun de la culture polynésienne et de son avenir économique. Sans oublier l'importance encore actuelle des ressources des récifs pour l'alimentation des populations pour des raisons de nécessité en milieu rural mais aussi avec un fonds culturel et traditionnel qui perdure avec force. Soulignons enfin que le Territoire est largement autonome par rapport à la France métropolitaine et que cette autonomie ne peut que s'élargir. Remarquons que les questions environnementales sont sous son entière autorité. Notons enfin que les rapports avec l'Union Européenne sont assez étroits et que la Polynésie française bénéficie jusqu'en 2011 d'un nouveau régime d'association et de coopération entre la Communauté Européenne et les PTOM (Pays et Territoires d'Outre-mer). Par ailleurs le Territoire est maintenant éligible au 6^e Programme Cadre de Recherche et Développement Technologique (PCRDT).

Les récifs coralliens de Polynésie française sont les mieux connus du Pacifique Sud grâce aux travaux menés depuis une quarantaine d'années par les chercheurs. La renommée et l'attraction que suscitent certains sites pour entreprendre des programmes de recherches nationaux et internationaux se développent, fruit d'une importante collaboration des institutions de recherche, de développement et d'enseignement avec l'extérieur. Cette activité intellectuelle est à la mesure de la volonté de rayonnement de la Polynésie française dans le contexte du Pacifique dominé par les anglo-saxons (histoire coloniale, culture, langue, relations économiques, politique).

Plusieurs réseaux de surveillance de l'état de santé des récifs coralliens ont été mis en place. Ils renseignent et renseigneront sur les évolutions des peuplements coralliens, des ressources et des conditions de milieu dans les lagons. Le court terme est appréhendé dans cette surveillance, mais on peut regretter que les réseaux territoriaux n'aient pas assez de moyens pour établir d'année en année aussi bien la qualité des eaux que l'état de santé des lagons dans les îles très habitées. Ces informations permettraient de faire face à une plus grande exigence de qualité demandée par les touristes quant aux baignades et activités en milieu aquatique. Et si les résultats des surveillances étaient bons, ils pourraient être valorisés aux yeux de la clientèle touristique à la recherche de destinations saines et sûres. Par ailleurs, elles permettraient aux élus locaux de connaître les localités en voie de dégradation, situations auxquelles il faudrait remédier. Peut-on bien gérer l'environnement sans connaître son état de santé et les tendances de son évolution ? La surveillance des récifs pour le long terme est parfaitement appréhendée par le réseau de surveillance des pentes externes d'une quinzaine d'îles réparties sur tout le Territoire ; c'est la partie essentielle de l'écosystème qui est surveillée et pour laquelle on peut redouter des évolutions catastrophiques si l'on prend en compte les prévisions de changements climatiques globaux.

Les récifs coralliens de Polynésie sont les mieux conservés et protégés de la planète comme l'atteste les derniers rapports internationaux (Bryant *et al.*, 1998). Pression démographique, surexploitation des ressources, pollutions et dégrada-

tions n'ont rien à voir en Polynésie française avec la situation dans les pays du sud-est asiatique. Mais ceci n'exclut pas les problèmes auxquels la Polynésie doit faire face avec force et vigilance pour son avenir qui sera toujours lié à son environnement naturel et tout particulièrement aux récifs coralliens.

La question des changements climatiques globaux et de ses conséquences sur les milieux insulaires et leurs récifs, dépasse bien entendu largement les seules possibilités d'action du Territoire. Mais la participation française pour lutter contre l'effet de serre doit être de premier plan compte tenu des collectivités territoriales insulaires de l'outremer français présentes dans les trois océans. Il n'est qu'à espérer que le niveau des océans montera moins que prévu, que les cyclones ne seront pas plus fréquents et que les eaux océaniques ne se réchaufferont pas suffisamment pour déclencher des mortalités catastrophiques de coraux qui construisent et assurent la pérennité du récif et de ses ressources.

S'agissant des impacts des activités humaines polynésiennes sur les récifs du Territoire, une plus grande attention serait de mise, dans les îles de la Société notamment. Des mesures ont déjà été prises relativement à l'interdiction d'extractions de matériaux coralliens dans les lagons, mais les dérogations sont encore nombreuses. Les trop nombreux remblais de zones littorales frangeantes, autorisés ou sauvages, sont néfastes pour l'écologie des lagons et des récifs et la suppression de ces zones d'alevinage des poissons menace la ressource en poissons adultes pour la pêche encore très pratiquée. Une meilleure réglementation devrait être envisagée pour les activités à terre, lors de la viabilisation de terrains ou pour des activités agricoles, avec pour objectif la limitation des conséquences préjudiciables aux lagons qui sont en aval. Les plans de gestion de l'espace maritime (PGEM) qui aboutissent par consensus des partenaires à un zonage d'activités aquatiques et subaquatiques, devraient être généralisés avec une intégration des PGA (Plan Général d'Aménagement) qui concernent le domaine terrestre.

La perliculture, outre les problèmes propres à cette activité, ne se maintiendra que si les lagons où sont élevées des millions de nacres restent en bonne santé. Le Territoire serait bien avisé de renouer avec les PGRN (Programmes Généraux de Recherches sur la Nacre) mis en place au début des années 90 puis interrompus. C'est du progrès des connaissances — que les objectifs de recherche aient été orientés ou non — que peuvent émerger des solutions en cas de crise. Le développement avec une telle ampleur de ces élevages de nacres en pleine eau, n'est pas sans conséquences sur l'écologie des lagons concernés — près de la moitié des atolls en Polynésie —, sur leur équilibre et leur robustesse.

Le tourisme enfin, première industrie au monde, ne demande pas que du soleil, des cocotiers et des plages de sable blanc corallien (encore que ces dernières deviennent rares dans certaines îles). Les touristes exigent et exigeront de plus en plus une qualité environnementale irréprochable. La concurrence sera rude pour les états insulaires tropicaux vivant du tourisme alors que se développe l'écotourisme (2002 est l'année de l'écotourisme). Les décisions à prendre dans la perspective du développement touristique relèvent d'une plus grande considération de l'état de santé des lagons et des récifs, de la lutte contre les pollutions et dégradations directes et indirectes, de la collecte des eaux usées dans les zones urbanisées et les îles à vocation touristique et de la mise en place de réseaux d'assainissement, de la création de parcs et réserves avec leur valorisation touristique au plan international, de la diversification des produits touristiques, de l'obtention de labels pour des hôtels qui œuvrent en faveur de la protection de l'environnement et du développement durable (zones et parcs protégés et

entretenus, recommandations pour limiter l'utilisation inconsidérée de l'eau et promouvoir le respect de l'environnement, emploi de matériaux locaux). N'oublions pas enfin, qu'au delà d'un environnement naturel dans lequel se plonge le touriste, il y a aussi l'environnement humain. Cet aspect du tourisme culturel sera de plus en plus important et il permet, s'il est valorisé, de donner à chaque destination sa « marque et son identité ». La Polynésie est riche de cette culture dont les éléments doivent être proposés aux touristes, en les expliquant, et non pas en les réduisant à des présentations folkloriques. Comment comprendre et apprécier la signification et la beauté des danses polynésiennes si le contenu et les paroles ne sont même pas portés à la connaissance des touristes ? Soulignons que le développement du tourisme a amené dans plusieurs pays et régions un renouveau culturel et traditionnel. Le tourisme est un moyen de maintenir avec vigueur la culture et les traditions des peuples dans ce monde qui tend à l'uniformité, comme l'ont vécu et compris certains pays. La biodiversité et son maintien ne concernent pas que le milieu naturel et l'Homme étant partie de la biosphère, la diversité des cultures y a toute sa place.

La préservation de la culture et la protection d'un patrimoine naturel sain sont les clés du développement durable pour les populations polynésiennes, avec leurs originalités à l'échelle planétaire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes qui ont bien voulu donner des informations, suggérer des modifications, et revoir le texte dans la forme et dans le fond : Mehdi Adjeroud, Yannick Chancerelle, Christian Erard, René Galzin, Christian Monnier, Michel Porcher, Louis Savoie et Marie Paule Villemain. Nous remercions la SNPN d'avoir accepté de publier cet article dans la *Revue d'Écologie*. Cette publication est une contribution aux activités de recherches dans lesquelles sont impliqués les deux auteurs au sein de leurs équipes respectives : UMR 8046 EPHE-CNRS, « Récifs coralliens » et « Urbanisme Territoire de la Polynésie française, Initiative Française pour les Récifs CORalliens (IFRECOR) ». C'est une contribution dans le cadre de l'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens (ICRI et IFRECOR) et à son Réseau mondial de surveillance des récifs coralliens (GCRMN). Nous remercions de leurs soutiens : les Ministères français métropolitains de l'écologie et du développement durable, et de l'outre-mer, le Gouvernement de la Polynésie française, l'Association Naturalia et Biologia et la Fondation d'Entreprise Totalfinalf.

RÉFÉRENCES

- ADJEROUD, M. (1997). — Factors influencing spatial patterns on coral reefs around Moorea, French Polynesia. *Marine Ecol. Progr. Ser.*, 159 : 105-119.
- ADJEROUD, M. (2000). — Zonation des communautés macrobenthiques le long de deux baies d'un écosystème corallien insulaire (Moorea, Polynésie française). *C.R. Acad. Sci., série III*, 323 : 305-313.
- ADJEROUD, M., ANDREFOUËT, S., PAYRI, C. & OREMPULLER, J. (2000). — Physical factors of differentiation in macrobenthic communities between atoll lagoons in the central Tuamotu archipelago (French Polynesia). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 196 : 25-38.
- ADJEROUD, M., AUGUSTIN, D., GALZIN, R. & SALVAT, B. (2002). — Natural disturbances and interannual variability of coral reef communities on the outer reef slope of Tiahura (Moorea, French Polynesia.) : 1991-1997. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, sous presse.
- ADJEROUD, M., PLANES, S. & DELESALLE, B. (2000). — Coral and fish communities in a disturbed environment : Papeete harbour, Tahiti. *Atoll Res. Bull.*, 484 : 10 p.
- ALCALA, A.C. & GOMEZ, E.D. (1987). — Dynamiting coral reefs for fish : a resource-destructive fishing method. Pp. 51-60 in : B. Salvat (ed.), *Human Impacts on coral reefs : facts and recommandations*. Antenne Museum – EPHE, French Polynesia.

- ANGLEVIEL, F., CHARLEAUX, M. & COPPELL, W.G. (1991). — *Le Pacifique Sud — bibliographie des thèses et mémoires récents*. Collection Iles et Archipels n° 13, Doumenge, J.-P., ed.
- ANDREFOUËT, S., PAGÈS, J. & TARTINVILLE, B. (2001). — Water renewal time for classification of atoll lagoons in the Tuamotu archipelago (French Polynesia). *Coral Reefs*, 20 : 399-408.
- 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 : 231-246.
- AUBANEL, A. (1993). — Evaluation socio-économique de la pêche en milieu corallien dans l'île de Moorea (Polynésie française) : persistance d'une consommation locale traditionnelle hors du développement touristique. *J. Soc. Océanistes*, 96 : 49-62.
- 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. *Proc. Int. Soc. Reef Stud.*, 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.
- 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). *Oceanol. 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.
- BABLET, J.-P., GOUT, B. & GOUTIÈRE, G. (1997). — *Les atolls de Mururoa et de Fangatau (Polynésie française), III, Le milieu vivant et son évolution*. CEA/DAM Direction des Essais.
- BAGNIS, R., INOUE, A. & PASCAL, H. (1990). — Dynamic of the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in Gambier islands (French Polynesia). *Proc. Int. Soc. Reef Stud.*, Noumea : 35-40.
- BLEAKELY C. (1995). — Marine Region 14 South Pacific. In : G. Kelleher, C. Bleakley & S. Wells (eds), *Global Representative System of Marine Protected Areas. Volume 4. South Pacific, Northeast Pacific, Northwest Pacific, Southeast Pacific and Australia/New Zealand*. The Great Barrier Reef Marine Park Authority, The World Bank, The World Conservation Union (IUCN), Washington DC.
- BOISEAU, M., JUILLET-LECLERC, A., YIOU, P., SALVAT, B., ISDALE, P. & GUILLAUME, M. (1998). — Atmospheric and oceanic evidences of El Niño - Southern oscillation events in the south central Pacific ocean from coral stable isotopic records over the last 137 years. *Paleoceanography*, 13 : 671-685.
- BOUCHEZ, J. & LECOMTE, R. (1995). — *Les atolls de Mururoa et de Fangatau (Polynésie française). II. Les expérimentations nucléaires, effets mécaniques, lumino-thermiques, électromagnétiques*. CEA/DAM Direction des Essais.
- BRIDGEWATER, P.B. (2002). — Biosphere reserves, the ecosystem approach and sustentator tourism – Finding new paradigms in a globalisant world. Pp. 293-306 in : F. di Castri & V. Balaji (eds), *Tourism, biodiversity and information*, 17, Backhuys publishers, Leiden.
- BROUSSE, R. (1985). — L'âge des îles (in Origine et âge des îles). Pp. 38-40 in : C. Gleizal (ed.) *Encyclopédie de la Polynésie*, 1. Multipress, Tahiti.
- BRYANT, D., BURKE, L., MCMANUS, J. & SPALDING, M. (1998). — *Reef at risk. A map-based indicator of threats to the world's coral reefs*. World Resources Institute, Washington.
- DECOUDRAS, P.M. & SOYE, K. (2001). — *La réserve de biosphère des Tuamotu : proposition de zonage de l'atoll de Fakarava*. Document Ifreco - Iridip - Dymset.
- 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 Res. Bull.*, 415 : 1-36.
- CALEY, M.J. & SCHULTER, D. (1997). — The relationship between local and regional diversity. *Ecology*, 78 : 70-80.
- CHANCERELLE, Y. (1994). — *Impact sur l'environnement des projets hôteliers avec bungalows sur pilotis en zone littorale récifale en Polynésie française*. CETE d'Aix et CRIOBE-EPHE, RA-53.
- CHAUVET, C. & GALZIN, R. (1996). — The lagoon fisheries of French Polynesia. *Naga, The Iclarm Quarterly*, 19 : 37-40.
- DELESALLE, B. (1985). — Mataiva atoll, Tuamotu archipelago. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1 : 269-322.
- DELESALLE, B. (1994). — *Phytoplankton des atolls de Manihi, Fakarava, Rikitea, Marutea Sud et Nengo Nengo en avril 1994*.

- DEMOUGEOT, P. (1989). — *Etude 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.
- DI CASTRI, F. (2002). — Diversification, connectivity and local empowerment for tourism sustainability in South Pacific islands – a network from French Polynesia to Easter Island. Pp. 257-284 in : F. di Castri & V. Balaji (eds), *Tourism, biodiversity and information*, 16. Backhuys publishers, Leiden.
- 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.
- DOUMENGE, F. (1966). — *L'homme dans le Pacifique Sud*. Publ. Soc. Océanistes, Musée de l'Homme, Paris, n° 19.
- 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. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 102 : 143-152.
- DUFOUR, P. & HARMELIN-VIVIEN, M. (1997). — A research program for a typology of atoll lagoons : strategy and first results. *Proc. 8th Int. Coral Reefs Symp.*, Panama, 1 : 843-848.
- ELDREDGE, L.G. (1987). — Poisons for fishing on coral reefs. Pp. 61-66 in : B. Salvat (ed.), *Human Impacts on coral reefs : facts and recommandations*. Antenne Museum – EPHE, French Polynesia.
- FAGERSTROM, J.A. & ROUGERIE, F. (1994). — Coral Bleaching Event, Society Islands, French Polynesia. *Mar. Poll. Bull.*, 29 : 34-35.
- FAURE, G. (1989). — Degradation of coral reefs at Moorea island (French Polynesia) by *Acanthaster planci*. *J. Coast. Res.*, 5 : 295-305.
- FICHEZ, R. & HARRIS, P. (1995). — Observations et mécanismes de la crise dystrophique de 1994 dans le lagon de l'atoll d'Hikueru (Archipel des Tuamotu, Polynésie française). *Notes et Documents Orstom*, 45 : 25 p.
- FONTAINE, Y. (1993). — French Polynesia. Pp. 105-128, in : Scott, D.A. (ed.), *A Directory of Wetlands in Oceania*. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau (IWRB), Slimbridge, UK.
- FROUIN, P. (2000). — Effects of anthropogenic disturbances of tropical soft-bottom benthic communities. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 194 : 39-53.
- FROUIN, P. & HUTCHINGS, P.A. (in press). — Macrobenthic communities in a tropical lagoon (Tahiti, French Polynesia, Central Pacific). *Coral Reefs*.
- 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, îles Éparses de l'océan Indien*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Secrétariat d'état à l'Outre-Mer. (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. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 4 : 271-277.
- GABRIÉ, C. & SALVAT, B. (1985). — General features of French Polynesian islands : their coral reefs. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1 : 1-16.
- GALZIN, R. (1985). — Spatial and temporal community structure of coral reef fish in French Polynesia. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 5 : 451-456.
- GALZIN, R. (1987a). — Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. 1/ Spatial scales. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 41 : 129-136.
- GALZIN, R. (1987b). — Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. 2/ Temporal scales. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 41 : 137-145.
- GALZIN, R. & LEGENDRE, P. (1988). — The fish communities of a coral reef transect. *Pacific Science* 41 : 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 : 175-180.
- GOMEZ, E.D., ALCALA, A.C. & YAP, H.T. (1987). — Other fishing methods destructive to coral. Pp. 67-76 in : B. Salvat (ed.), *Human Impacts on coral reefs : facts and recommandations*. Antenne Museum – EPHE, French Polynesia.

- GUILLE, G., GOUTIÈRE, G. & SORNEIN, J.F. (1993). — *Les atolls de Mururoa et de Fangataufa (Polynésie française). I. Géologie – pétrologie – hydrogéologie, édification et évolution des édifices*. CEA/DAM Direction des Essais.
- 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.
- HOEGH-GULDBERG, O. (1999). — Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Mar. Freshw. Res.*, 50 : 839-866.
- HOEGH-GULDBERG, O. & SALVAT, B. (1995). — Periodic mass-bleaching of outer reef-slope communities, Moorea, French Polynesia. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 57 : 173-186.
- HUTCHINGS, P., PAYRI C. & GABRIÉ, C. (1994). — The current status of coral reef management in French Polynesia. *Mar. Poll. Bull.*, 29 : 26-33.
- HUTCHINGS, P. & SALVAT, B. (2000). — French Polynesia. Pp. 813-826 in : C. Sheppard (ed.), *Seas at the Millennium, an environmental evaluation*, II, 106, Elsevier.
- INTES, A. (1992). — La perliculture engendre-t-elle sa propre mort ? *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, N° spécial 8 : 63-75.
- INTES, A., & CAILLART, B. (1994). — Tikehau, an atoll of the Tuamotu Archipelago (French Polynesia). *Atoll Res. Bull.*, 415 : 1-34.
- INTES, A. & COEROLI, M. (1985). — Évolution et état des stocks naturels d'huîtres nacrées et perlières (*Pinctada margaritifera* L.) en Polynésie française. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 5 : 545-550.
- 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.
- LANCTOT, 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. *Oceanol. Acta*, 20 : 243-257.
- LEGENDRE P., GALZIN R. & HARMELIN-VIVIEN, M. (1997). — Relating behavior to habitat : solutions to the fourth-corner problem. *Ecology*, 78 : 547-562.
- MACARTHUR, R.H. & WILSON, E.O. (1967). — *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton.
- MASSON, M., SIMON, J.P., PORCHER, M. & GABRIÉ, C. (1987). — *Schéma général d'exploitation des granulats et protection de l'environnement de Moorea et des îles sous le vent*. Rapport de synthèse et inventaire des gisements coralliens. CETE d'Aix en Provence.
- MONNET, C., SOOTER, F. & VIGNERON, E. (1988). — *Répertoire bibliographique de l'ORSTOM en Polynésie française 1955-1988*. Papeete, Centre ORSTOM de Tahiti.
- MONTAGGIONI, L.F., (1985). — Makatea island, Tuamotu archipelago. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1 : 103-158.
- MEP. (2001). — *Mission d'évaluation et de prospective (2001)*. Présidence du Gouvernement de la Polynésie française.
- NIQUIL, N., JACKSON, G.A., LEGENDRE, P. & DELESALLE, B. (1998). — Inverse model analysis of the planktonic food web of Takapoto Atoll (French Polynesia). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 165 : 17-29.
- PAGÈS, J. & ANDREFOUET, S. (2001). — A reconnaissance approach for hydrology of atoll lagoons. *Coral Reefs*, 20 : 409-414.
- PAYRI, 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. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 166 : 119-130.
- PAYRI, C. & BOURDELIN, F. (1998). — Status of Coral Reefs in French Polynesia. Pp. 43-57 in : R.W. Grigg & C. Birkeland (eds), *Status of Coral Reefs in the Pacific*, Hawaii.
- PIRAZZOLI, P.A., (1985). — Leeward islands Maupiti, Tupai, Bora Bora, Huahine, Society Archipelago. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1 : 17-72.
- PLANES, S. (1997). — Genetic diversity and dispersal capabilities in marine fish. *Evol. Biol.*, 30 : 253-298.
- 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 : 375-380.
- PLANES, S., GALZIN, R. & BONHOMME, F. (1996). — A genetic metapopulation model for reef fishes in oceanic islands : the case of the surgeonfish, *Acanthurus triostegus*. *J. Evol. Biol.*, 9 : 103-117.

- 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 : 105-113.
- PORCHER, M. (1993). — *Milieu littoral et récifal intertropical et aménagements. Guide pratique, méthodologies d'études, recommandations techniques.* Ministère de l'environnement français et de Polynésie française.
- 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* : 154.
- RANDALL, J. (1985). — Fishes. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1 : 462-480.
- RICHARD, G. (1985). — Fauna and flora : a first compendium of French Polynesian sea-dwellers. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1 : 379-520.
- ROSEN, B. (1984). — Reef coral biogeography and climate through the late Coenozoic ; just islands in the sun or a critical pattern of islands. Pp. 201-262 in : Brenchley (ed.), *Fossils and Climate*. John Wiley & Sons.
- ROUGERIE, F. & RANCHER, J. (1994). — The Polynesian South Ocean : Features and circulation. *Mar. Poll. Bull.*, 29 : 14-25.
- SALVAT, B. (1967). — Importance de la faune malacologique dans les atolls polynésiens. *Cahiers du Pacifique*, 11 : 7-49.
- SALVAT, B. (1971). — La faune benthique du lagon de Reao. *Cahiers du Pacifique*, 16 : 30-109.
- SALVAT, B. (1985). — An integrated (geomorphological and economical) classification of French Polynesian atolls. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 2 : 337.
- SALVAT, B. (1987). — Dredging in coral reefs. Pp. 165-184 in : B. Salvat (ed.), *Human Impacts on coral reefs : facts and recommandations*. Antenne Museum – EPHE, French Polynesia.
- SALVAT, B. (1988). — Bibliographie de l'atoll de Takapoto, archipel des Tuamotu. *Bull. Soc. Et. Océaniques*, 243, X, 8 : 55-60.
- SALVAT, B. (1991). — Biologie et écologie des récifs et lagons coralliens du Pacifique (1960-1990). *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 74 (1439) : 231-266.
- SALVAT, B. (1992a). — Blanchissement et mortalité des scléractiniaires sur les récifs de Moorea (Archipel de la Société) en 1991. *C.R. Acad. Sci., série III*, 314 : 105-111.
- SALVAT, B. (1992b). — The 1991 bleaching event in the Society islands, French Polynesia. *Proc. 8th Int. Coral Reef. Symp.*, Guam, 1 : 73.
- SALVAT, B. & AUBANEL, A. (1993). — Conséquences d'une élévation du niveau de la mer pour un littoral à récif corallien : le cas d'une île haute volcanique, Moorea, Polynésie française. Séminaire « *Élévation du niveau de la mer le long des côtes de France* » DRAIE-Ministère de l'Environnement, 6-7 décembre 1993.
- SALVAT, B., HUTCHINGS, P., AUBANEL, A., TATARATA, M. & DAUPHIN, C. (2001). — French Polynesia coral reefs : status and resources report. Pp. 31-60 in : B. Salvat (ed.), *Status of Coral Reefs 2000 in Southeast and Central Pacific "Polynesia Mana" network*. Fondation Naturalia Polynesia, Papeete, Tahiti.
- SALVAT, B., LEGENDRE, P. & 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. & PAILHE, C. (2002). — Islands and coral reefs, population and culture, economy and tourism : world view and a case study of French Polynesia. Pp. 213-231 in : F. di Castri & V. Balaji (eds), *Tourism, biodiversity and information*, 14. Backhuys publishers, Leiden.
- SALVAT, B. & RENAUD-MORNANT, J. (1969). — Etude 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 (îles de la Société, Polynésie française). *Cahiers de l'Indo-Pacifique*, 1 : 83-126.
- SHELTEMA, R.S. (1986). — Long-distance dispersal of planktonic larvae of shoal-water benthic invertebrates among central Pacific islands. *Bull. Mar. Sci.*, 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 : 392-397.
- TISDELL, C.A. & POIRINE, B. (2000). — Socio-economics of pearl culture : industrie changes and comparisons focussing on Australia and French Polynesia. *Pearl Oyster Inform. Bull., Secretariat of the Pacific Community*, 14 : 21-31.

- 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.
- WARNER, F. & KIRCHMANN, R. (eds). (2000). — *Nuclear test explosions, environmental and human impacts*. John Wiley & Sons, SCOPE n° 59.
- WAUTHY, B. (1986). — *Physical ocean environment in the South Pacific commission area*. UNEP Regional Seas Report Studies, 83, UNEP.
- 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.
- WILKINSON, C.R. (ed.) (2000). — *Status of Coral Reefs of the World*. Global Coral Reef Monitoring Network, Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- WOLANSKI, E., DELESALLE, B., DUFOUR, V. & AUBANEL, A. (1993). — Modelling the fate of pollutants in the Tiahura lagoon, Moorea, French Polynesia. *Proc. 11th Austr. Conf. Coast. Oceanogr. Engin.*, Townsville 2 : 583-587.
- ZANINI, J.M. (1999). — *Estimation quantitative et caractéristiques de répartition des stocks naturels de nacre (Pinctada margaritifera L.) de lagons d'atoll de Polynésie française*. Thèse de doctorat EPHE.
- ZANINI, J.M. & SALVAT, B. (2000). — Assessment of deep water stocks of pearl oysters at Takapoto atoll (Tuamotu archipelago, French Polynesia). *Coral Reefs*, 19 : 83-87.