

ÉVOLUTION RÉCENTE DES RÉCIFS CORALLIENS DES ÎLES DE LA GUADELOUPE ET DE SAINT-BARTHÉLEMY

Claude BOUCHON¹, Pedro PORTILLO¹, Max LOUIS¹, Franck MAZEAS²
& Yolande BOUCHON-NAVARO¹

SUMMARY. – *Recent evolution of the coral reefs of Guadeloupe and Saint-Barthélemy Islands.* – The Guadeloupe Archipelago (with Guadeloupe, La Désirade, Marie-Galante, Les Saintes and Petite-Terre Islands), St. Barthélemy and St. Martin are located in the Lesser Antilles between 15°50' and 18°00' N. Guadeloupe possesses a barrier reef on its northern part, fringing reefs on the windward coast and highly diversified non-reef building coral communities on the leeward coast. The other islands shelter fringing reefs and non-reef building coral communities. The coral reefs of the French West Indies are faced with a common set of threats : high rate of sedimentation, due to deforestation and bad land management, and algal proliferation due to an overload of nutrients in the coastal waters coming from excessive use of fertilizers and poor waste waters treatment. Their coral communities have exhibited a low progressive decline since the beginning of the eighties. Long-term monitoring sites have been implemented in Guadeloupe and St. Barthélemy since 2001. Results indicated the existence of a significant tendency of the coral community to degrade over the study period. Moreover, a severe bleaching event appeared in 2005, when the sea temperature overshoot 29°C from mid May to mid November, with maximum values reaching 31°C. In 2006, in spite of normal seawater temperature conditions, an important delayed mortality affected the corals previously weakened by bleaching. As a final result of the 2005 bleaching event, coral coverage on the reefs of Guadeloupe and St. Barthélemy dropped from 30 to 50 % according to the sites. Fish communities did not exhibit immediate impact of the bleaching event.

RÉSUMÉ. – L'Archipel guadeloupéen (les îles de la Guadeloupe, la Désirade, Marie-Galante, les Saintes et Petite-Terre), ainsi que Saint-Barthélemy et Saint-Martin sont situés dans les Petites Antilles entre 15° 50' N et 18°00' N. La Guadeloupe abrite un récif barrière sur sa côte nord, des récifs frangeants sur les côtes au vent et des formations coralliennes non-bioconstructrices, riches et diversifiées, sur les côtes sous-le-vent. Les autres îles possèdent des récifs frangeants et des formations coralliennes non-bioconstructrices. Les récifs coralliens des Antilles françaises subissent principalement deux types de perturbation : 1) une hypersédimentation liée à la déforestation des îles et à des aménagements côtiers mal réfléchis ; 2) un enrichissement excessif des eaux côtières en nutriments, provenant d'un mauvais traitement des eaux usées et de fertilisants agricoles, qui favorisent le développement exubérant d'algues sur les récifs. Les récifs de ces îles ont montré des signes de dégradation depuis le début des années 80. Depuis 2001, un réseau de stations de suivi de l'état de santé des communautés récifales a été mis en place sur des récifs de Guadeloupe et de Saint-Barthélemy. Les résultats de cette étude mettent en évidence une tendance significative décroissante de l'état de santé des communautés coralliennes. Par ailleurs, en 2005, la température des eaux côtières dans les Antilles a dépassé 29°C de la mi-mai à la mi-novembre, avec des maxima atteignant 31°C. Cet événement a provoqué le phénomène de blanchissement des coraux le plus important observé à ce jour dans ces îles. Apparue dès octobre 2005, la mortalité des coraux s'est particulièrement développée en 2006, où elle a constitué, malgré des conditions de température normales, un phénomène retardé. Cet épisode de blanchissement s'est traduit par une diminution de 30 à 50 % du taux de recouvrement des fonds par les coraux en fonction des récifs. Les peuplements de poissons récifaux n'ont pas été affectés de façon immédiate par le blanchissement.

¹ Université des Antilles et de la Guyane, DYNECAR, Laboratoire de Biologie Marine, B.P. 592, Pointe-à-Pitre, 97159 Guadeloupe. E-mail : claude.bouchon@univ-ag.fr

² DIREN Guadeloupe, Cité Guillard, Chemin des Bougainvilliers, Basse-Terre, 97100 Guadeloupe

PRÉSENTATION DES ÎLES

Le Département d’Outre-Mer de la Guadeloupe regroupe six îles et de nombreux îlots : la Basse-Terre et la Grande-Terre qui constituent la Guadeloupe *stricto sensu*, Marie-Galante, les Saintes, la Désirade et Petite-Terre, l’ensemble constituant l’archipel guadeloupéen. Sa population était de 442 000 habitants en 2004 (INSEE, 2005). Les îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin, précédemment rattachées au département de la Guadeloupe, constituent depuis juillet 2007 des Collectivités d’Outre-Mer (COM). Elles continuent toutefois à faire partie de l’Union européenne. La partie sud de Saint-Martin (Sint-Maarten) s’est également séparée en 2007 des Antilles néerlandaises, pour devenir une commune néerlandaise au statut particulier (Fig. 1, 2 & 3).

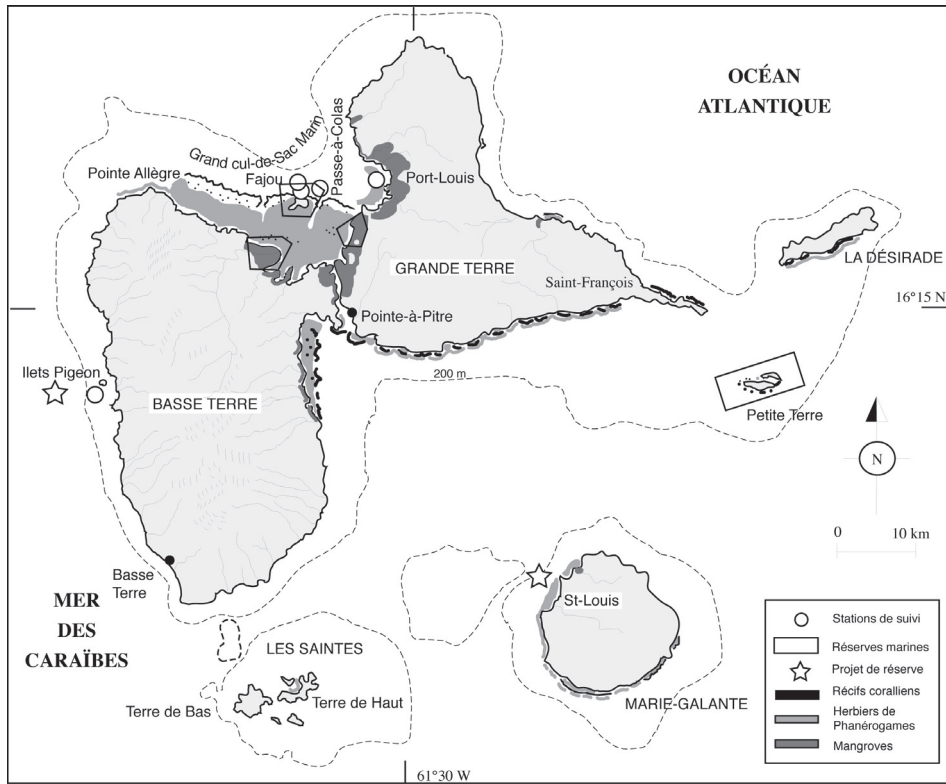


Figure 1. – L’île de la Guadeloupe. Emplacement des zones marines protégées et des sites de suivi de l’évolution des récifs. *Guadeloupe Island. Location of the protected marine areas and of the monitoring sites on the coral reefs.*

L’ARCHIPEL GUADELOUPÉEN

La Guadeloupe (la Basse-Terre et la Grande-Terre) : située approximativement au milieu de l’arc Antillais par 16°30’N et 61°30’W, la Guadeloupe est composée de deux îles, d’une superficie totale de 1705 km² : la Basse-Terre (848 km², point culminant : 1467 m) et la Grande-Terre (590 km², point culminant : 135 m). Elles sont séparées par un étroit chenal (la Rivière Salée) dont la largeur n’excède pas 200 m. La population de la Guadeloupe est estimée à 442 000 habitants (INSEE, 2005). L’essentiel de la production économique est fournie par l’agriculture (50 000 ha cultivés) consacrée aux cultures d’exportation (banane et canne à sucre) et aux cultures maraîchères. Le tourisme est une activité économique importante pour la Guadeloupe, avec 665 000 visiteurs en 2005, en grande partie tourné vers la mer. La plongée

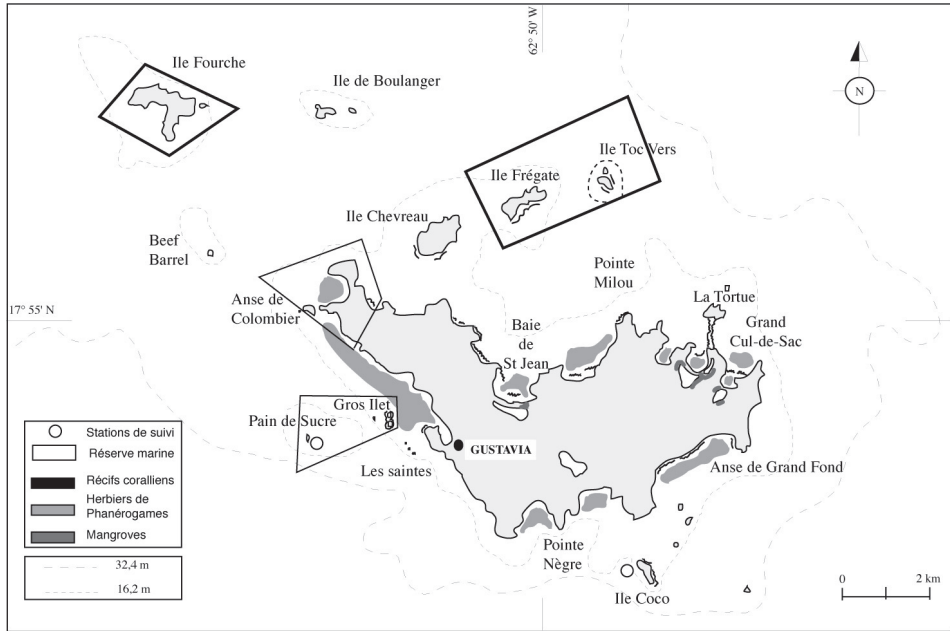


Figure 2. – L'île de Saint-Barthélemy. Emplacement des zones marines protégées et des sites de suivi de l'évolution des récifs. *Saint-Barthélemy Island. Location of the protected marine areas and of the monitoring sites on the coral reefs.*

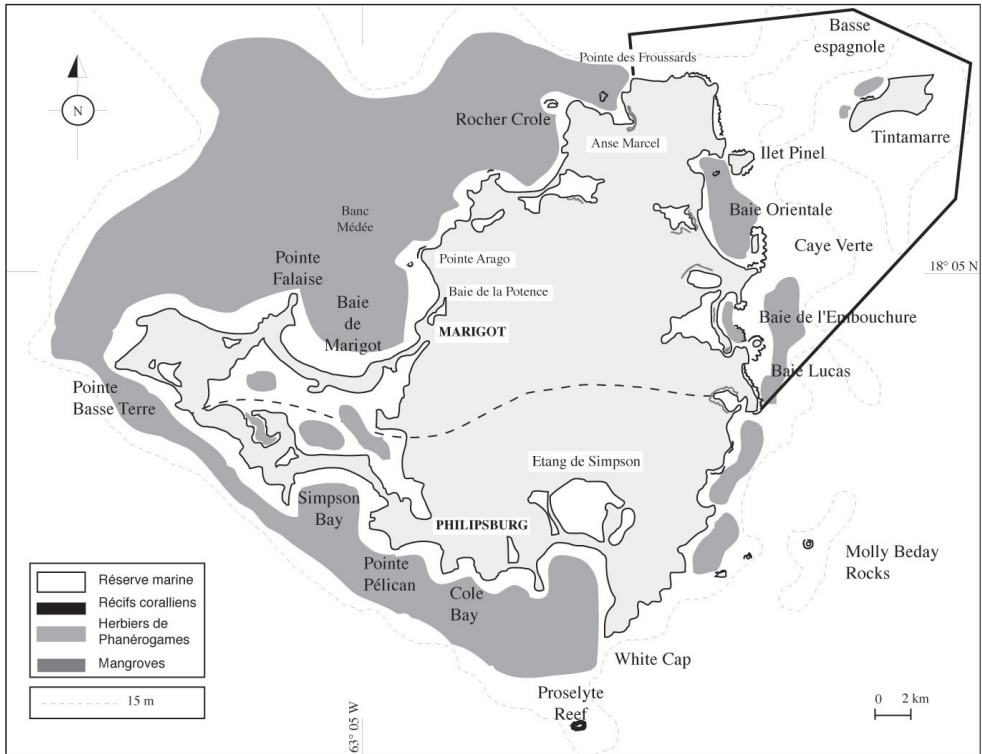


Figure 3. – L'île de Saint-Martin. Emplacement des zones marines protégées. *Saint-Martin Island. Location of the protected marine areas.*

sous-marine est assurée par une quarantaine de centres de plongée. La pêche, essentiellement artisanale, représente un secteur d'activité notable en Guadeloupe, à la Désirade et aux Saintes (INSEE, 2005). Le nombre de pêcheurs inscrits maritimes est d'environ 1200. En 2005, le nombre d'embarcations armées pour la pêche était de 947 (petite pêche à partir de canots de type « saintois » de 6 à 8 m, non pontés) et de 10 navires pontés seulement pour la pêche côtière. À ce chiffre, s'ajoute une population de pêcheurs « non-enrôlés », estimée à 1000 individus (AFMAR, 1997). Annuellement, environ 9400 tonnes de poissons frais et 650 tonnes de crustacés ou coquillages sont capturés par les pêcheurs de Guadeloupe. La petite pêche benthique, pour l'essentiel récifale, représente 5200 tonnes. Les ressources côtières, essentiellement d'origine récifale, sont aujourd'hui surexploitées. Des importations répondent à plus de 40 % de la demande totale en produits de la mer qui est estimée à 15 800 tonnes. Depuis quelques années un effort important a été développé pour redéployer la pêche sur les ressources pélagiques, notamment par l'usage de DCP fixes (Dispositifs de Concentration de Poissons). Près de 200 de ces engins de pêche sont disposés autour de la Guadeloupe.

Marie-Galante (158 km², point culminant : 204 m, 13 500 habitants) est située à 43 km au sud de la Grande-Terre de Guadeloupe. L'île est un plateau calcaire de forme approximativement circulaire, d'une quinzaine de kilomètres de diamètre. Du point de vue économique, les principales ressources sont la culture de la canne à sucre, la pêche et le tourisme pour lequel un effort de développement important a été réalisé ces dernières années.

L'archipel des Saintes (13 km², point culminant : 306 m, 3000 habitants) comprend 8 petites îles dont les deux principales sont habitées (Terre-de-Haut et Terre-de-Bas). Traditionnellement, l'activité économique de ces îles était basée sur la pêche. Mais, avec plus de 30 000 visiteurs par an, celle-ci est complétée de façon importante par le tourisme.

La Désirade (22 km², point culminant : 275 m, 1600 habitants) est une île allongée (SW-NE) de 11 km de long par 2 de large. L'activité économique principale de l'île est la pêche. S'y rajoute une activité touristique, basée en partie sur la visite de la réserve des îles de Petite-Terre rattachées administrativement à la Désirade.

Petite-Terre (1,7 km², point culminant : 8 m) est formée de deux îlots (Terre-de-Haut et Terre-de-Bas) séparés par un chenal étroit et peu profond. Aujourd'hui inhabitées, les îles de la Petite-Terre ont un statut de réserve naturelle, terrestre et marine.

SAINT-BARTHÉLEMY ET SAINT-MARTIN

Saint-Barthélemy (25 km², point culminant : 302 m, 6850 habitants) est entourée par de nombreux îlots. Toute l'économie de l'île est basée sur le tourisme de luxe. Sept centres de plongée sous-marine sont actifs dans l'île. La réserve marine de Saint-Barthélemy accueille 11 000 plongeurs par an. La pêche est une activité relativement réduite. Son développement a toujours été freiné à Saint-Barthélemy et Saint-Martin par la ciguatera qui sévit dans cette région des Antilles. Elle porte surtout sur les mollusques (lambis), les langoustes et les poissons pélagiques autour de DCP. Vingt-huit pêcheurs inscrits maritimes et 23 embarcations sont recensées à Saint-Barthélemy.

Saint-Martin (87 km², point culminant : 424 m, 71 000 habitants). Sur la côte est se trouvent des îlots inhabités. La partie française, située au nord de l'île, mesure 50 km² et abrite près de 35 000 habitants. L'activité économique de Saint-Martin est essentiellement basée sur le tourisme, ainsi que sur les casinos et les banques « offshore » dans la partie néerlandaise. Dans la partie française, 13 pêcheurs possèdent un rôle d'équipage, pour six embarcations officiellement inscrites pour la pêche professionnelle. Du fait de la double nationalité de l'île, le nombre de pêcheurs pratiquant la pêche de façon professionnelle est difficile à évaluer, ainsi que les débarquements de produits de la mer.

LES ÉCOSYSTÈMES MARINS CÔTIERS

Dans les Antilles françaises, trois grands types de formations coralliennes sont présents : 1) le récif frangeant qui borde la côte ; 2) le récif barrière, ceinture récifale séparée de la côte

par un lagon, de profondeur variable ; 3) les fonds coralliens non bioconstruits qui, sur les côtes caraïbes des Petites Antilles, constituent des communautés souvent plus riches et plus florissantes que sur les formations récifales des côtes atlantiques.

Six espèces de Phanérogames marines existent dans les Antilles françaises, mais les herbiers sont essentiellement constitués par *Thalassia testudinum* (König, 1805) et *Syringodium filiforme* (Kützing, 1852).

Dans les Antilles, les mangroves sont composées surtout de palétuviers *Rhizophora mangle* (Linné, 1753), *Avicennia germinans* (Linné, 1764) et *A. schaueriana* (Stapf & Leechman, 1939) qui vivent plutôt sur le front de mer, ainsi que de *Laguncularia racemosa* (Linné, 1753) et *Conocarpus erectus* (Linné, 1753) situés plus vers l'intérieur des formations végétales (Imbert *et al.*, 1988).

Guadeloupe : les trois types de formations récifales sont présents autour de la Guadeloupe (Fig. 1). Les récifs coralliens les mieux développés sont situés dans les baies du Grand et du Petit Cul-de-Sac Marin. Dans le Grand Cul-de-Sac Marin, une barrière récifale de 29 km de long orientée est-ouest enserme un lagon de 30 m de profondeur maximale et de 11 000 ha de superficie. La côte atlantique de la Basse-Terre possède des formations bioconstruites frangeantes, entre Pointe-à-Pitre et Capesterre Belle-Eau. La côte caraïbe de la Basse-Terre ne possède pas de récifs coralliens *stricto sensu*, mais les fonds rocheux supportent des communautés coralliennes dont la biodiversité est la plus élevée de l'île, tout particulièrement entre Bouillante et Deshaies (en incluant les îlets Pigeon). La côte méridionale de la Grande-Terre présente une ligne discontinue de récifs frangeants peu développés, de Pointe-à-Pitre à la pointe des Châteaux. Les côtes nord-est et nord-ouest sont essentiellement constituées par des falaises et dépourvues de récifs, à l'exception des régions du Moule, de Sainte-Marguerite et d'Anse-Bertrand. De Port-Louis à Petit-Canal, le rivage est occupé par des plages de sable et des mangroves.

En Guadeloupe, les herbiers de Phanérogames marines (9726 ha) constituent l'écosystème marin côtier le plus étendu, notamment dans la baie du Grand Cul-de-Sac Marin (8220 ha), ainsi que sur la côte est de la Basse-Terre, entre Pointe-à-Pitre et Trois-Rivières (1340 ha).

Les mangroves couvrent une superficie d'environ 3000 ha en Guadeloupe. Elles se sont surtout développées dans les baies du Grand et du Petit Cul-de-Sac Marin et dans certains estuaires. Elles occupent 2325 ha autour du Grand Cul-de-Sac Marin (Chauvaud, 1997).

Marie-Galante : des récifs frangeants peu développés bordent les côtes est, sud-est et sud de l'île de Marie-Galante. La côte ouest est basse et marécageuse et abrite des formations de mangrove aujourd'hui réduites. Des peuplements coralliens non bio-constructeurs succèdent à un plateau côtier sableux, à partir de 20 m de profondeur. Les côtes nord et nord-est de l'île sont constituées de falaises et dépourvues de récifs. Des herbiers de Phanérogames marines occupent, de façon discontinue, les fonds de sable autour de l'île.

L'archipel des Saintes : les côtes des îles des Saintes ne possèdent pas de récifs à proprement parler mais des fonds rocheux colonisés par des coraux. Les fonds de sable sont occupés par des herbiers de Phanérogames marines (165 ha).

La Désirade : la côte nord de la Désirade est constituée par des falaises. Des récifs frangeants peu développés bordent la côte sud (anse de Baie-Mahault, anse Petite Rivière et Grande Anse). Les fonds meubles autour de cette île, instables sous l'action des courants et de la houle, sont occupés seulement par endroits par des herbiers de Phanérogames souvent clairsemés.

Petite-Terre : les côtes sont bordées par des récifs frangeants peu développés. Au large, les fonds sont à dominance sédimentaire et occupés par des herbiers surtout à *Syringodium filiforme*. Sur Terre-de-Bas, des lagunes isolées de la mer par un cordon sableux sont bordées par de la mangrove.

Saint-Barthélemy et Saint-Martin : les îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin, avec leur voisine Anguilla, constituent la partie émergée d'un vaste plateau sous-marin peu profond (40 m en moyenne) qui occupe près de 4600 km². Cette plate-forme est couverte par des épandages sableux d'épaisseur variable de quelques centimètres à quelques mètres et par des champs de nodules de Mélobésiées dans les zones de plus forts courants. Ces fonds de sable sont occupés par de vastes herbiers de Phanérogames marines. Les rares affleurements rocheux supportent un peuplement corallien très clairsemé. Autour de Saint-Barthélemy et de

Saint-Martin, les formations récifales sont peu développées et limitées aux fonds de moins d'une dizaine de mètres de profondeur. Elles sont toutes de type frangeant. Le reste des fonds rocheux est occupé par des peuplements coralliens non bioconstructeurs. Le faible développement des récifs autour de ces îles est probablement lié à plusieurs phénomènes : 1) la présence d'une plate-forme insulaire en grande partie recouverte par des sédiments. Ces épandages sédimentaires se déplacent au gré des courants et des houles et recouvrent périodiquement les affleurements rocheux où pourraient se développer les coraux ; 2) la fréquence des cyclones qui, sur ce plateau peu profond, ont une action destructrice importante sur les coraux.

À Saint-Barthélemy, les mangroves sont de faible extension et forment des cordons autour des étangs et lagunes côtières. À Saint-Martin, ces formations sont plus développées et bordent les rives des nombreuses lagunes littorales et de certaines baies.

LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT MARIN

LES GESTIONNAIRES

Différents organismes interviennent dans la gestion de l'environnement marin en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy et à Saint-Martin : – la DIREN (Direction Régionale de l'Environnement) administre, pour l'État, les problèmes d'environnement. Elle est en charge du programme IFRECOR ; – le Parc National de la Guadeloupe a la gestion de la Réserve Naturelle du Grand Cul-de-Sac Marin ; – l'Office National des Forêts (ONF) est impliqué dans la gestion des forêts littorales, dont les mangroves, et est en charge de la Réserve Marine de Petite-Terre ; – le Conservatoire du Littoral procède à des acquisitions de terrains côtiers et s'implique dans la protection du littoral ; – la Cellule du Littoral et de l'Environnement (DDE) assure la surveillance de la pollution des eaux côtières et est chargée de la mise en application du programme RNO ; – L'UNEP par l'intermédiaire du CAR-SPAW (Centre d'Activités Régional pour les Espaces et Espèces Protégées de la Caraïbe) a pour objectif la sauvegarde des habitats sensibles et la protection des espèces en danger ; – le CSRPN (Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel) a pour mission de suivre l'inventaire des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique) ; – l'Institut Régional de Pêche et de Marine (IRPM) mène des actions de développement et de formation dans les domaines de la pêche et de l'aquaculture en Guadeloupe ; – un Comité Régional des Pêches qui fédère les pêcheurs, a été créé en juillet 2005 ; – à Saint-Barthélemy, l'association GRENAT est gestionnaire de la réserve marine ; – à Saint-Martin, la réserve naturelle est gérée par l'Association de Gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin.

LA RECHERCHE

En Guadeloupe, les intervenants dans les recherches concernant le milieu marin sont : – l'Université des Antilles et de la Guyane (UAG) qui a mené de nombreuses études, tant fondamentales qu'appliquées, sur le milieu marin des Antilles françaises et d'autres régions de la Caraïbe (Petites Antilles, République Dominicaine, Haïti, Honduras) ; – le centre INRA de Guadeloupe a conduit, dans les années 70, de nombreuses études sur les mangroves de Guadeloupe ; – le BRGM a réalisé des études concernant la géologie marine autour de la Guadeloupe, Saint-Barthélemy et Saint-Martin ; – l'IFREMER, non implanté en Guadeloupe, a développé des recherches en Guadeloupe (aquaculture, pêche, cartographie des fonds, recherche de gisements de granulats marins, ciguatera, etc.). Il met actuellement en place un programme de suivi des débarquements de la pêche en Guadeloupe ; – l'IRD n'est plus implanté en Guadeloupe. Par le passé, cet organisme a mené de nombreux travaux sur l'hydrologie des eaux continentales qui présentent un grand intérêt pour la gestion des milieux côtiers.

LES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE

Plusieurs réseaux de suivi de l'environnement marin interviennent à différents niveaux : – le suivi de l'état de santé des récifs coralliens : un réseau de stations de suivi de l'état de santé

des récifs a été mis en place dans les Antilles françaises dans le cadre du GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Program) dès 1999 (Smith *et al.*, 2000 ; Wilkinson, 2004). Les suivis sont assurés par l'équipe DYNECAR de l'université des Antilles et de la Guyane (Bouchon, Miller *et al.*, 2004 ; Bouchon *et al.*, 2006a,b ; Bouchon, Bouchon-Navaro *et al.*, 2006) ; – un « Réseau des Réserves » regroupe les réserves marines des Antilles françaises pour harmoniser leurs actions de gestion. À partir de 2007, il doit coordonner les suivis scientifiques effectués par les réserves ; – le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) a été mis en place en 2002 en Guadeloupe et effectue un suivi des paramètres physiques et chimiques ainsi que des contaminants (RNO, 2006) ; – il existe un réseau de surveillance des tortues marines, coordonné par une association (Association Kap'Natirel) ; – enfin, la DSDS assure le suivi de la qualité des eaux de baignade. En 2006, sur 114 points contrôlés dans l'archipel (102 en mer et 12 en rivières), 89 étaient classés en catégorie A, 23 en catégorie B et 2 en C (Anon., 2007).

LES AIRES MARINES PROTÉGÉES

Il existe actuellement en Guadeloupe deux réserves marines (la Réserve Naturelle du Grand Cul-de-Sac Marin et celle de Petite-Terre) et deux projets de réserve (îlets Pigeon et Marie-Galante). Les îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin possèdent chacune une réserve naturelle (Gabriél *et al.*, 2007) (Fig. 2 & 3).

Réserve du Grand Cul-de-Sac Marin : il s'agit de la première réserve marine des Antilles françaises créée en 1987, gérée par le Parc National de la Guadeloupe. Elle occupe une surface totale de 3800 ha environ, dont 1622 ha de formations forestières et 2115 ha de mer. Depuis 1993 cette réserve a été classée par la convention de RAMSAR en zone humide d'importance internationale pour les oiseaux. Depuis 1994 elle fait également partie de la Réserve de la Biosphère (MAB) et fait l'objet de différents suivis scientifiques. Pour ce qui concerne les récifs coralliens, trois stations situées à l'intérieur de la réserve font partie du réseau GCRMN (Bouchon *et al.*, 2006a).

La réserve naturelle de Petite Terre : créée en septembre 1998 et gérée par l'ONF, elle couvre une superficie totale d'environ 990 ha, englobant les îles de Terre-de-Haut et de Terre-de-Bas (48 ha) ainsi que les parties marines jusqu'à l'isobathe de 10 m (824 ha).

Projet de réserve naturelle des îlets Pigeon : ce projet a été accepté par le Conseil National de Protection de la Nature en septembre 2000, mais la réserve n'a toujours pas été créée. Toutefois, cette zone est une aire marine protégée où la pêche exercée à titre professionnel ou de loisir est interdite, à l'exception de la pêche à la senne et aux appâts pratiquée par les professionnels. Les îlets Pigeon accueillent près de 100 000 plongeurs par an.

Projet de réserve naturelle de Marie-Galante : située au nord-ouest de Marie-Galante, la réserve proposée engloberait 1680 ha dont 380 ha de parties terrestres et 1300 ha de parties marines (Gabriél *et al.*, 2007).

Saint-Barthélemy : la réserve naturelle de Saint-Barthélemy a été créée en 1996. Elle s'étend sur une superficie de 1200 ha et comprend uniquement des zones marines. La gestion de la réserve a été confiée à l'Association Grenat qui regroupe la municipalité, les représentants des usagers du domaine public maritime et des personnes privées. Des suivis des communautés benthiques et ichtyologiques sont effectués par l'UAG (Bouchon, Bouchon-Navaro *et al.*, 2006) et par le Sustainable Ecosystems Institute (Brosnan & Becker, 1998).

Saint-Martin : créée en 1998, la réserve naturelle marine et terrestre s'étend sur une superficie totale d'environ 3060 ha, englobant les îles de Pinel et Tintamarre et les étangs côtiers. Elle est gérée par l'Association de Gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin.

ÉVOLUTION RÉCENTE DES RÉCIFS CORALLIENS

Des informations sur la géologie et la géomorphologie des récifs de l'archipel guadeloupéen sont disponibles (Adey & Burke, 1976 ; Guilcher & Marec, 1979 ; Battistini & Petit, 1979 ; Laborel, 1982 ; Battistini & Hirschberger, 1985 ; Augris *et al.*, 1992 ; Collina-Girard, 2000).

Les recherches sur les écosystèmes récifaux des Antilles françaises ont commencé au début des années 80. Dès cette époque, des signes de dégradation des communautés benthiques récifales ont été notés (Rogers, 1985 ; Bouchon & Laborel, 1986, 1990 ; Bouchon *et al.*, 1987, 1992). Ce phénomène de dégradation s'est poursuivi au cours de la décennie suivante (Smith *et al.*, 1997, 2000 ; Bouchon, Miller *et al.*, 2004 ; Bouchon *et al.*, 2004a). Les récifs coralliens de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin – Sint-Maarten ont été plus particulièrement étudiés par Roos (1971), Bak (1975), Lobel *et al.* (1988), Van't Hof (1989), Bouchon *et al.* (1986, 1990, 1995) et Courboulès *et al.* (1992).

Des cartographies par télédétection des écosystèmes marins côtiers de l'archipel de la Guadeloupe ainsi que de Saint-Barthélemy et Saint-Martin ont complété ces études biocénotiques et confirmé le diagnostic concernant le déclin de l'état de santé des récifs (Courboulès *et al.*, 1992 ; Chauvaud, 1997 ; Chauvaud *et al.*, 1998, 2001).

Les Antilles françaises sont touchées par une dépression cyclonique majeure en moyenne tous les dix ans, provoquant de graves dégâts sur les écosystèmes marins côtiers. Quatre cyclones ont affecté récemment la Guadeloupe : le cyclone Hugo (1989) qui a touché de plein fouet l'île, et les cyclones Luis et Marilyn (1995) et Lenny (1999) qui ont frappé très durement les îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin et également provoqué des dégâts en Guadeloupe. Depuis, aucun ouragan n'a frappé l'archipel de la Guadeloupe ou les îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin. Dans les Antilles, on considère que les houles cycloniques constituent le principal facteur limitant la croissance des récifs coralliens. L'ouragan Hugo a principalement affecté les coraux branchus vivant sur les pentes externes récifales entre la surface et 15 m de profondeur (*Acropora palmata*, *A. cervicornis*, *Madracis mirabilis*). De plus, une mortalité retardée des coraux, concernant toutes les espèces, est survenue dans les mois qui ont suivi (Bouchon *et al.*, 1991). Après le passage de cet ouragan, les populations d'acropores ne se sont jamais complètement reconstituées. Les ouragans Luis, Marilyn et Lenny ont affecté les récifs coralliens de Guadeloupe encore plus sévèrement qu'Hugo. Ils ont généré des houles importantes (13 m d'amplitude au cours de Luis) qui ont endommagé les coraux, les éponges et les gorgones jusqu'à 25 m de profondeur sur les récifs de la Guadeloupe. Ils ont également été accompagnés par des pluies massives, qui ont entraîné une érosion importante des sols et une hypersédimentation sur les récifs. Aujourd'hui, il n'existe aucun signe de recolonisation des populations d'*Acropora palmata*, qui constituaient par le passé un des bioconstructeurs majeurs des pentes externes récifales. A Saint-Martin et à Saint-Barthélemy, le cyclone Luis a provoqué des dégâts directs sur les communautés coralliennes mais son impact le plus important a été lié au remaniement des sédiments du plateau continental qui est peu profond autour de ces îles. Une partie du sable calcaire a été broyée en une vase très fine qui est restée en suspension pendant plusieurs mois et a fini par se déposer sur les récifs, tuant ainsi de nombreux organismes benthiques qui avaient survécu à l'impact direct de la houle cyclonique.

À la suite de ces constatations dans les Antilles françaises, il a paru nécessaire d'installer à partir de 1999 un réseau de stations de suivi à long terme des communautés marines récifales. Ce réseau comprend cinq sites d'étude en Guadeloupe et deux à Saint-Barthélemy. Les études portent à la fois sur les communautés benthiques récifales et sur les peuplements de poissons qui leur sont associés. Le suivi temporel des communautés marines au niveau de ces stations permet : (1) de suivre l'évolution de l'état de santé des récifs ; (2) de mettre en évidence l'effet des mesures de protection instaurées pour certains de ces récifs ; (3) d'inscrire ces récifs dans les réseaux nationaux (IFRECOR) et mondiaux (GCRMN) de suivi des récifs coralliens. Les résultats de ces suivis sont présentés ci-après de façon synthétique.

PROTOCOLE D'ÉTUDE

Le protocole utilisé a été développé afin de fournir une méthode d'évaluation rapide des communautés benthiques des récifs de la région Caraïbe (Bouchon *et al.*, 2003a). Dans cette région, la biodiversité maximale des communautés coralliennes est située entre 10 et 20 m de profondeur, tranche bathymétrique qui constitue également la zone de peuplement la plus homogène des récifs. Par conséquent, les sites d'étude ont été établis entre 10 et 15 m sur les différents récifs étudiés. En Guadeloupe, une station a été ajoutée sur le platier récifal de la barrière du Grand Cul-de-Sac Marin afin d'avoir des données sur ce type de milieu particulier. L'emplacement des sites est donné sur les figures 1

et 2. Ces stations ont été équipées de deux « transects » parallèles, séparés de 2 m, matérialisés par des filins de 150 m de long, fixés à demeure sur le fond. Ces transects ont fait l'objet d'études quantitatives biannuelles concernant les communautés coralliennes ainsi que les peuplements de poissons. Ce réseau de suivi a été mis en place progressivement à partir de l'année 2002 (Tab. I). Cinq sites sont étudiés en Guadeloupe. Il s'agit, sur la barrière récifale du Grand Cul-de-Sac Marin, de la pente externe de la barrière, du platier récifal près de l'îlet Fajou et de la Passe-à-Colas ; ces stations sont situées dans la réserve du Grand Cul-de-Sac Marin. Une autre station est localisée à proximité du bourg de Port-Louis. Enfin le dernier site est situé sur les îlets Pigeon (Fig. 1). À Saint-Barthélemy l'étude porte sur deux sites : la Baleine du Pain de Sucre, située dans la réserve Marine et l'îlet Coco qui ne bénéficie d'aucune mesure de protection particulière (Fig. 2).

L'étude des communautés benthiques est effectuée le long de transects linéaires de 10 m, dont la longueur cumulée est de 60 m pour chaque station qui assure une taille minimale d'échantillonnage satisfaisante. Les relevés sont effectués à l'aide d'un multi-décamètre déroulé le long des filins fixés au fond. Les organismes recoupés par le décimètre sont pris en compte et leur intercept directement mesuré sur le ruban. Les relevés portent sur :

- *les coraux* : considérés au sens large du terme (Scléactiniaires, Milleporidae et Stylasteridae). Outre l'intercept mesuré sur le décimètre, la longueur, la largeur et la hauteur de chaque colonie sont estimées. L'état de santé de chaque colonie est évalué par l'estimation du pourcentage de surface de tissus nécrosés de l'animal suivant une échelle semi-quantitative de 0 à 4. Le recrutement en jeunes coraux est évalué en dénombrant toutes les jeunes colonies dont la taille est inférieure à 2 cm (coraux de moins d'un an) à l'intérieur d'une bande de 0,5 m de large par 60 m de long (30 m²) ;

- *le taux de recouvrement du substrat par les algues*. Au sein de celles-ci, sont distinguées : (1) le gazon algal (« turf » des anglo-saxons) – ; (2) les macro-algues, qui sont séparées en macro-algues vertes, brunes et rouges. Les macro-algues vertes sont séparées en macro-algues vertes « calcifiées » d'une part et « molles » d'autre part. De même, au sein des algues rouges, les Mélobésiées encroûtantes sont distinguées des algues rouges érigées (calcifiées ou non) ; (3) les cyanobactéries dont la surabondance traduit souvent une pollution par la matière organique ;

- *Les autres organismes benthiques sessiles* : les autres invertébrés fixés, qui occupent une surface non négligeable sur le fond, sont identifiés au moins par grands groupes taxinomiques (Spongiaires, Gorgonaires, Actiniaires, Zoanthaires, Tuniciers, etc.) et leur intercept par le transect est également mesuré.

Sur les mêmes sites, les poissons sont identifiés et les individus dénombrés à l'intérieur de cinq « bandes-transects » de 30 m de long sur 2 m de large, le long des filins matérialisant les transects fixes de 150 m de long (Bouchon *et al.*, 2003a). L'opération est répétée sur un second transect parallèle au premier. Au total 10 relevés (de 30 m x 2 m) sont réalisés par station, et représentent une surface totale échantillonnée de 600 m². L'observateur compte tous les poissons rencontrés à l'intérieur d'une fenêtre de 2 m de large par 5 m de hauteur au-dessus du fond. La méthode permet de prendre en compte à la fois le nombre, la taille et le groupement des individus. Chaque poisson rencontré est placé dans l'une des classes de taille suivantes, définies d'après Bouchon-Navaro (1997) : groupe 1 : 1 individu, groupe 2 : 2 individus, groupe 3 : 3 à 5 individus, groupe 4 : 6 à 10, groupe 5 : 11 à 30, groupe 6 : 31 à 50, groupe 7 : 51 à 100, groupe 8 : 100 à 300 individus ; Groupe 9, de 301 à 500 ; Groupe 10, de 501 à 1000. La médiane de chaque groupe est ensuite utilisée pour déterminer le nombre total d'individus dans chaque relevé. De la même façon, l'estimation de la taille des poissons est obtenue en utilisant des classes de taille définies de 5 en 5 cm (classe 1 : individus de taille inférieure à 5 cm ; classe 2 : 5-10 cm ; classe 3 : 10-15 cm ; classe 4 : 15-20 cm) puis de 10 en 10 cm (20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm). Au-delà de 50 cm, la taille du poisson est estimée directement. Afin d'éviter des biais d'échantillonnage dus aux activités particulières des poissons de récifs aux heures crépusculaires (Bouchon-Navaro *et al.*, 2000), les relevés sont effectués entre 9 h (début de relevé) et 16 h (fin de relevé). À partir des données quantitatives ainsi obtenues, il est possible d'estimer les abondances de poissons, en nombre d'individus et en biomasse, rapportées à une unité de surface de récif. L'évaluation de la biomasse est effectuée en utilisant la médiane des classes de taille des poissons et les relations taille-poids des espèces recensées. Ces relations, concernant les poissons de récifs de la Caraïbe, sont disponibles dans la littérature (Bohnsack & Harper, 1988 ; Claro, 1994 ; Bouchon-Navaro, 1997 ; Bouchon-Navaro *et al.*, 2006).

Ces différents types de relevés ont été répétés, deux fois par an, en saison humide et en saison sèche (Tab. I).

TABLEAU I

Les différents sites de suivi des récifs dans les deux îles
The different monitoring sites studied in the two islands

Stations	île	Site géographique	Profondeur	Latitude N	Longitude W
1	Guadeloupe	Barrière du Grand Cul-de-Sac Marin (passe-à-Colas)	12-14 m	16° 21,576'	61° 34,415'
2	Guadeloupe	Barrière du Grand Cul-de-Sac Marin (pente externe)	10-11 m	16° 21,648'	61° 34,791'
3	Guadeloupe	Barrière du Grand Cul-de-Sac Marin (platier)	1,5 m	16° 21,422'	61° 35,047'
4	Guadeloupe	Port-Louis	10-12 m	16° 23,881'	61° 31,998'
5	Guadeloupe	îlet Pigeon	10-15 m	16° 10,006'	61° 47,482'
6	Saint-Barthélemy	Baleine du Pain de Sucre	10-13 m	17° 53,958'	62° 52,628'
7	Saint-Barthélemy	îlet Coco	10-13 m	17° 52,455'	62° 48,863'

RÉSULTATS

Dans la Caraïbe, les coraux qui vivent sur les récifs tolèrent une valeur maximale de température de l'eau de mer de l'ordre de 29°C. Toute élévation de longue durée de la température au-delà de cette limite entraîne un stress de ces organismes qui se traduit par un phénomène de « blanchissement » dont la gravité est liée à l'importance de l'élévation de température ainsi qu'à la durée du phénomène. Les premiers blanchissements importants observés dans les Antilles françaises datent de 1984 et 1987, liés à des phénomènes El Niño. Leurs effets furent alors minimes sur les récifs. L'épisode suivant important a eu lieu en 1998. À cette occasion, 56 % des coraux de la Guadeloupe et 59 % de ceux de la Martinique ont été affectés. Selon les sites, la mortalité consécutive a touché 20 à 30 % des colonies blanchies (Bouchon, Miller *et al.*, 2004). En septembre 1999, un nouveau phénomène de blanchissement a affecté près de 50 % des coraux de l'archipel de la Guadeloupe. Son évolution a été masquée par les dégâts provoqués par l'ouragan Lenny en novembre de la même année. Un tel phénomène s'est de nouveau manifesté au cours de l'année 2005, induisant un épisode de blanchissement des coraux d'une ampleur exceptionnelle. Cet événement a intéressé les Petites et les Grandes Antilles de façon importante et plus modérément le reste de la région Caraïbe.

Un thermographe enregistreur installé sur le platier de la barrière récifale du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe a permis de suivre l'évolution des températures au cours des années 2005 et 2006. En mai 2006, un second thermographe a été installé sur la pente externe de la barrière récifale à 10 m de profondeur. Les résultats de ces mesures font l'objet de la figure 4. L'examen de cette figure met en évidence, en 2005, une élévation de température de la mer au-delà de 29°C qui s'étend du mois de mai au mois de novembre. Au cours de cette période, d'une durée exceptionnelle de 6 mois, la température a atteint une valeur paroxysmique de 32°C. En 2006, la température a également atteint 31°C, mais la période durant laquelle elle a dépassé 29°C a été beaucoup plus brève (de septembre à octobre). La comparaison des valeurs obtenues à -1 m et à -10 m, de mai à décembre 2006, montre que la moyenne des températures est de $28,8 \pm 0,04$ °C sur le platier et de $28,7 \pm 0,03$ °C sur la pente externe. Cette différence de l'ordre du dixième de degré est inférieure à l'erreur instrumentale des thermographes. Les fluctuations des valeurs de température sont corrélées entre elles de façon statistiquement significative ($R_{\text{Spearman}} = 0,784$; $p < 0,0001$). Toutefois l'examen des courbes, ainsi que le calcul des coefficients de variation des données (platier : 2,3 ; pente externe : 1,8) montrent que les fluctuations de température à court terme sont plus importantes sur le platier que sur la pente externe. Une accoutumance des coraux à ce phénomène peut expliquer le fait que les peuplements coralliens situés à faible profondeur ont été moins affectés par l'élévation exceptionnelle de température survenue en 2005 que ceux installés plus profond.

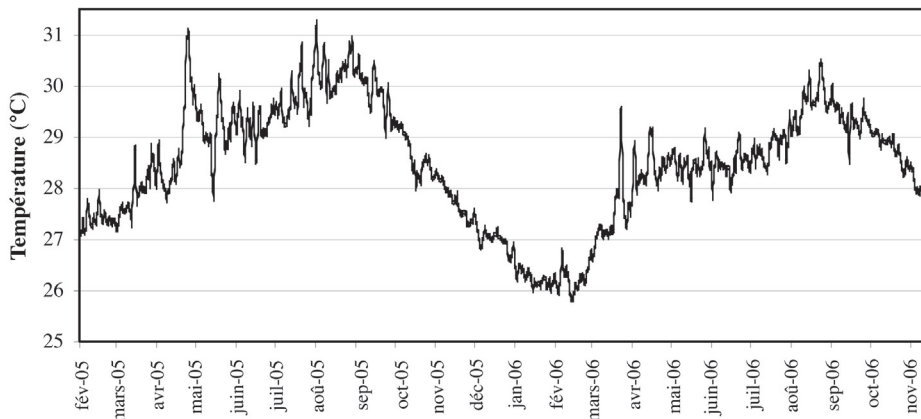


Figure 4. — Variations des moyennes journalières de la température de la mer sur la Barrière du Grand Cul-de-Sac Marin en 2005 et 2006 (valeurs brutes lissées par la méthode des moyennes mobiles sur une période de 24 h). *Variations of the daily average seawater temperatures on the barrier reef of the Grand Cul-de-Sac Marin in Guadeloupe from March 2005 to December 2006 (moving average on 24 h).*

LES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES RÉCIFALES

La figure 5 présente la répartition (moyenne sur 5 ans), en taux de recouvrement des fonds, des grands groupes d'organismes benthiques dans les différents sites étudiés. L'examen de la figure montre que, sur ces récifs, les groupes dominants d'organismes benthiques sont par ordre d'importance décroissante : les algues gazonnantes (40 à 72 %) ; les coraux (16 à 29 %) ; les algues brunes (0,5 à 27 %) et les éponges (0 à 12 %). Les algues brunes, qui occupaient autrefois une place mineure sur les récifs de la Caraïbe, ont pris une importance de plus en plus marquée depuis les années 80. Les espèces dominantes appartiennent aux genres *Dictyota*, *Lobophora* et *Sargassum*. L'examen de la figure 5 montre également qu'elles sont plus abondantes sur les pentes externes que sur le platier de la barrière récifale du Grand Cul-de-Sac Marin. Ce schéma de dominance d'occupation des fonds par les organismes benthiques est applicable à la plupart des récifs caraïbes. Une analyse de variance de rangs de Kruskal-Wallis effectuée à partir des données de répartition des groupes d'organismes benthiques ne permet pas de mettre en évidence une différence statistiquement significative entre les sites malgré le caractère atypique du platier (K = 12,59 ; p = 0,989). Les données concernant les pentes externes, qui correspondent à des conditions écologiques comparables, ont été rassemblées afin d'étudier de façon globale l'évolution des communautés benthiques récifales sur la période d'étude en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy (Fig. 6).

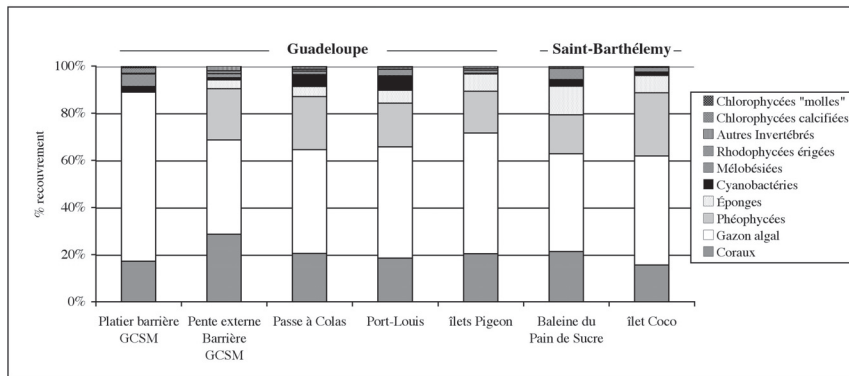


Figure 5. — Importance des principaux groupes d'organismes benthiques sur les récifs étudiés (moyenne des valeurs sur cinq ans). *Importance of the main benthic organisms assemblages on the monitoring sites (average values for five years).*

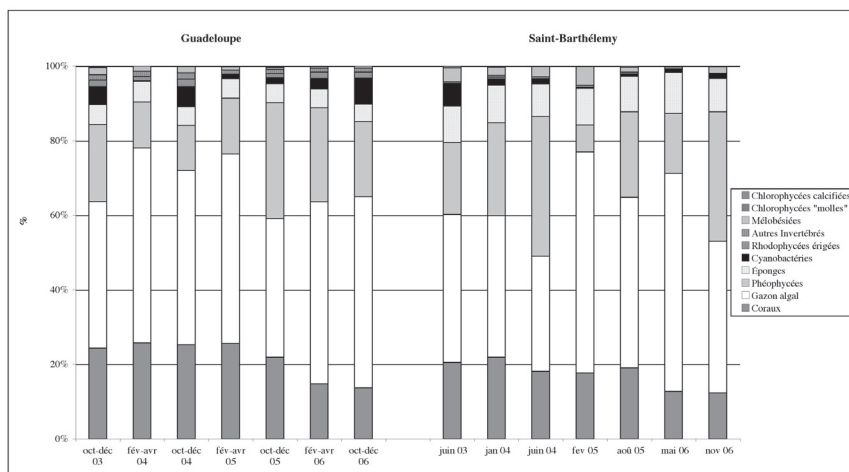


Figure 6. — Variation des communautés benthiques récifales en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy au cours de la période d'étude. *Variations of the benthic assemblages in Guadeloupe and at Saint-Barthélemy during the monitoring period.*

L'examen de la figure 6 montre que les fluctuations les plus importantes observées au cours de la période d'étude sont liées aux communautés algales dominées par les algues gazonnantes, les algues brunes et les cyanobactéries. Des fluctuations saisonnières des algues brunes et, dans une moindre mesure des cyanobactéries, peuvent être observées. Ces algues ont tendance à prospérer pendant la saison humide au détriment du gazon algal.

Pour ce qui concerne les peuplements coralliens, il existe un déclin général du taux de recouvrement en coraux à partir de l'épisode de blanchissement intervenu en 2005. Sur l'ensemble de la période d'étude, on observe une tendance décroissante significative à Saint-Barthélemy ($R_S = -0,86$; $p = 0,02$) et marginalement significative en Guadeloupe ($R_S = -0,75$; $p = 0,06$). Des tests de Kruskal-Wallis effectués sur les données de recouvrement en coraux montrent l'existence d'une scission significative dans les recouvrements apparaissant à partir de 2005 pour les deux îles.

En décembre 2005, une fois la température de la mer revenue à la normale, le pourcentage total d'espèces de coraux qui avaient été affectées par le blanchissement était de 76 % en Guadeloupe et 63 % à Saint-Barthélemy. Les proportions de colonies blanchies étaient respectivement de 51 % et 48 % pour les deux îles et celles des surfaces moyennes de corail blanchi de 58 % et 54 %. Toujours en décembre 2005, après le pic de blanchissement, une mortalité immédiate des coraux de 12 % en Guadeloupe et de 3 % à Saint-Barthélemy affectait les peuplements coralliens. En 2006, peu de coraux avaient récupéré leurs zooxanthelles, à l'exception de ceux vivant à faible profondeur. Sur toutes les pentes externes récifales, un phénomène de mortalité a été observé pendant toute l'année 2006 et s'est prolongé en 2007 en dépit de températures de l'eau restant normales. Une partie de cette mortalité a pu être attribuée au développement de maladies connues, mais la plus grande part provenait d'une nécrose progressive de colonies blanchies. Fin 2006, 33 % des espèces de coraux de Guadeloupe et 40 % de celles de Saint-Barthélemy présentaient encore des signes de blanchissement. Les pourcentages de colonies affectées étaient respectivement de 15 % et de 14 % dans ces deux îles et les taux moyens de surface nécrosée de 21 % et 20 %. La figure 7 présente la mortalité totale observée sur chacun des sites, exprimée en perte de recouvrement du récif par des coraux vivants. En conséquence de ce phénomène, la perte moyenne de couverture corallienne était de 45 % sur les récifs de Guadeloupe et de 37 % à Saint-Barthélemy.

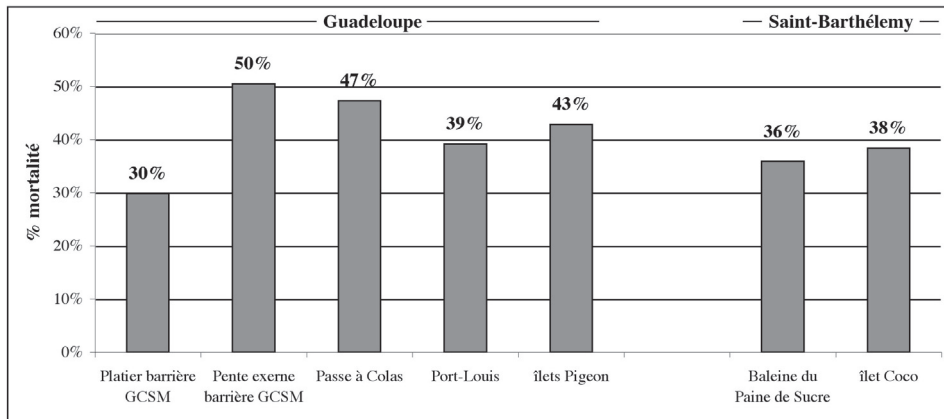


Figure 7. — Mortalité des coraux dans les différents sites d'étude à la suite de l'épisode de blanchissement de 2005. *Coral mortality consecutive to the bleaching event of 2005 in the different monitoring sites.*

La figure 8 présente l'évolution de l'état de santé des peuplements coralliens dans les deux îles, estimée à l'aide d'indices synthétiques qui sont : la proportion d'espèces présentant des nécroses tissulaires, le taux de colonies atteintes de nécroses et la surface moyenne de tissus nécrosés par colonies. En Guadeloupe, ces indices traduisant la dégradation des peuplements coralliens présentent une tendance à l'augmentation depuis 2002. Cette tendance, apparue dès

le début des suivis, n'est pas liée à l'épisode de blanchissement de 2005. Elle est statistiquement significative pour le taux d'espèces nécrosées et le pourcentage de surface de tissus nécrosés ($R_S = 0,96$; $p = 0,003$; $R_S = 0,89$; $p = 0,01$) et marginalement significative pour la proportion d'espèces présentant des nécroses ($R_S = 0,75$; $p = 0,06$). À Saint-Barthélemy, le phénomène est moins marqué ; mais le taux de tissus coralliens nécrosés a augmenté de façon significative tout au long de l'étude ($R_S = 0,79$; $p = 0,05$). Ainsi les peuplements coralliens se sont dégradés lentement entre 2002 et 2006, dégradation qui se traduit par une apparition de nécroses et une augmentation progressive de leur surface sur les coraux. Ce phénomène est plus marqué en Guadeloupe, île où les récifs coralliens subissent une pression anthropique importante, qu'à Saint-Barthélemy.

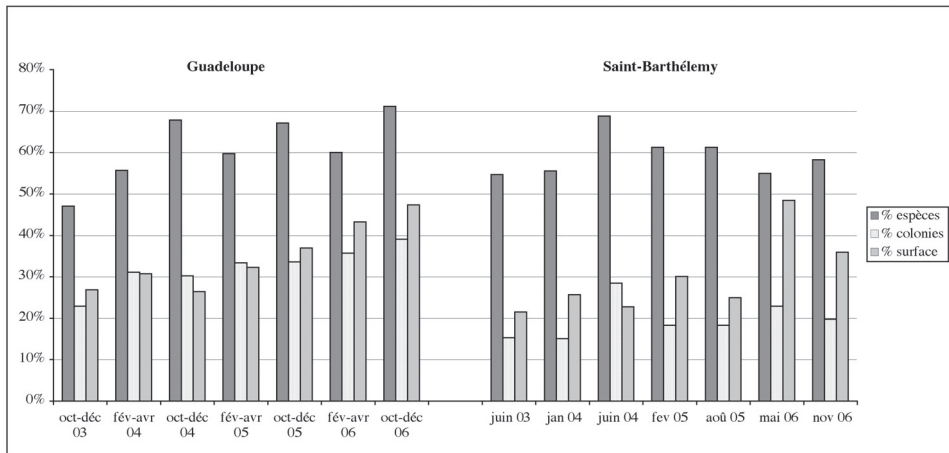


Figure 8. — Évolution au cours de la période d'étude du pourcentage d'espèces de coraux présentant des nécroses (% espèces), du pourcentage de colonies présentant des nécroses dans le peuplement (% colonies) et de la surface moyenne de tissus nécrosés sur les colonies (% surface) sur les récifs de Guadeloupe et de Saint-Barthélemy. *Evolution during the monitoring period of the proportions of species with necrosed tissues, percentages of colonies with necrosed tissues and average surface of necrosed tissues per coral in Guadeloupe and at Saint-Barthélemy.*

Par ailleurs, il existe des corrélations statistiquement significatives entre les pourcentages de colonies nécrosées, les taux de surface de tissus nécrosés et les taux de mortalité de coraux observés dans chaque site récifal à la suite de l'épisode de blanchissement (respectivement : $R_S = 0,529$; $p = 0,03$; $R_S = 0,639$; $p = 0,005$). Ainsi, l'état de santé des peuplements coralliens antérieur à un épisode de blanchissement semble avoir une influence significative sur les capacités de survie des coraux à ce phénomène.

La figure 9 concerne le recrutement en jeunes coraux, en nombre d'espèces et en effectifs, qui traduit la dynamique de régénération des peuplements coralliens. Les nombres d'espèces recrutées varient peu au cours de l'année et sont très voisins dans les deux îles (en moyenne : $9,3 \pm 1,4$ espèces / 30 m^2 en Guadeloupe et $9,4 \pm 1,1$ espèces / 30 m^2 à Saint-Barthélemy). En revanche les effectifs de jeunes coraux sont de l'ordre du double à Saint-Barthélemy par rapport à la Guadeloupe (moyennes : $136,3 \pm 21,7$ juvéniles / 30 m^2 à Saint-Barthélemy et $58,5 \pm 19,4$ juvéniles / 30 m^2 en Guadeloupe). L'examen des séries chronologiques montre que, à Saint-Barthélemy, le recrutement subit un phénomène saisonnier : les effectifs de jeunes coraux sont plus abondants en saison fraîche qu'en saison humide. Dans cette île, le recrutement des coraux ne semble pas avoir été affecté par l'épisode de blanchissement de 2005. En Guadeloupe, le recrutement corallien ne semble pas être marqué par un phénomène particulier de saisonnalité. En revanche le phénomène de blanchissement a été accompagné d'une baisse du recrutement de juvéniles à la fin de l'année 2005 et au début de 2006. Une reprise du recrutement semble s'être amorcée à la fin 2006. Ainsi la dynamique de régénération des peuplements coralliens apparaît plus importante à Saint-Barthélemy qu'en Guadeloupe, île qui subit de plus fortes pressions anthropiques.

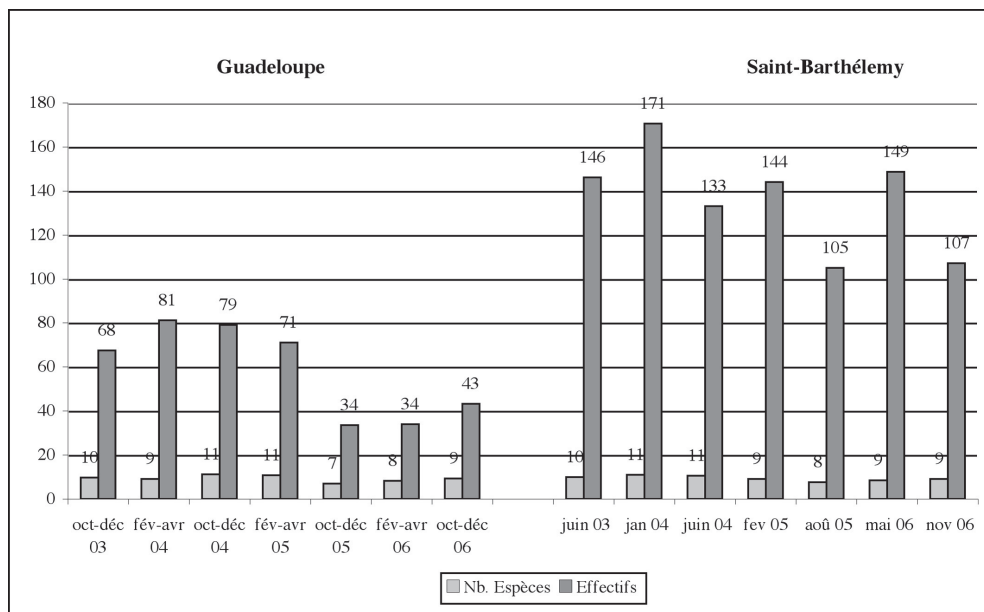


Figure 9. — Évolution du recrutement en jeunes coraux, en nombre d'espèces et en effectifs (surface de 30 m²), sur les récifs de Guadeloupe et de Saint-Barthélemy au cours de la période d'étude. *Variations of coral recruitment, in number of species and in number of colonies (surface of 30 m²), in Guadeloupe and at Saint-Barthélemy during the monitoring period.*

ÉVOLUTION DES COMMUNAUTÉS DE POISSONS

• Richesse spécifique

Au total 134 espèces de poissons appartenant à 46 familles ont été recensées entre janvier 2002 et décembre 2006 sur les transects étudiés dans les sept sites : 121 espèces en Guadeloupe et 101 espèces à Saint-Barthélemy. Le tableau II présente un bilan de la richesse spécifique dans les 7 sites. En Guadeloupe le nombre total d'espèces par site est le plus élevé aux îlets Pigeon (91 espèces) et le plus faible sur le platier récifal de la barrière du Grand Cul-de-Sac Marin (53 espèces). À Saint-Barthélemy le nombre total d'espèces recensées est plus élevé à la Baleine du Pain de Sucre qui est située dans la réserve (90 espèces) qu'à l'îlet Coco (82 espèces). Le nombre total et le nombre moyen d'espèces par relevé sont corrélés entre eux ($R_s = 0,96$; $p = 0,003$). Toutefois, le nombre total d'espèces observées dépend de la pression d'échantillonnage sur un site donné. Il est donc préférable de comparer le nombre moyen d'espèces par site. Celui-ci est le plus faible sur le platier de la barrière du Grand Cul-de-Sac Marin (36 ± 3) et varie sur les pentes externes entre 43 ± 3 et 52 ± 2 espèces. En Guadeloupe les biodiversités moyennes les plus élevées ont été observées dans les zones protégées (îlets Pigeon, passe à Colas, pente externe de la barrière récifale). Approximativement un tiers des espèces absentes des zones non protégées sont des espèces d'intérêt commercial.

La figure 10 présente les variations de la richesse spécifique dans les sept sites au cours de la période d'étude : de 2002, 2003 ou 2004 selon les sites à 2006. Les variations les plus faibles ont été observées aux îlets Pigeon ($CV = 5,3\%$) et les plus fortes sur la pente externe de la barrière du Grand Cul-de-Sac Marin ($CV = 13,1\%$) (Tab. II). Des tests de corrélation de rangs de Spearman ont été effectués afin de rechercher d'éventuelles tendances de la biodiversité sur la période étudiée. En Guadeloupe, aucune tendance particulière n'a été observée alors qu'à Saint-Barthélemy, une tendance croissante de la richesse spécifique a été mise en évidence à la Baleine du Pain de Sucre, dans la réserve marine ($R_s = 0,744$; $p = 0,017$). Du point de vue de la biodiversité, les peuplements ichtyologiques sont restés stables durant la période d'étude, excepté à la Baleine du Pain de Sucre.

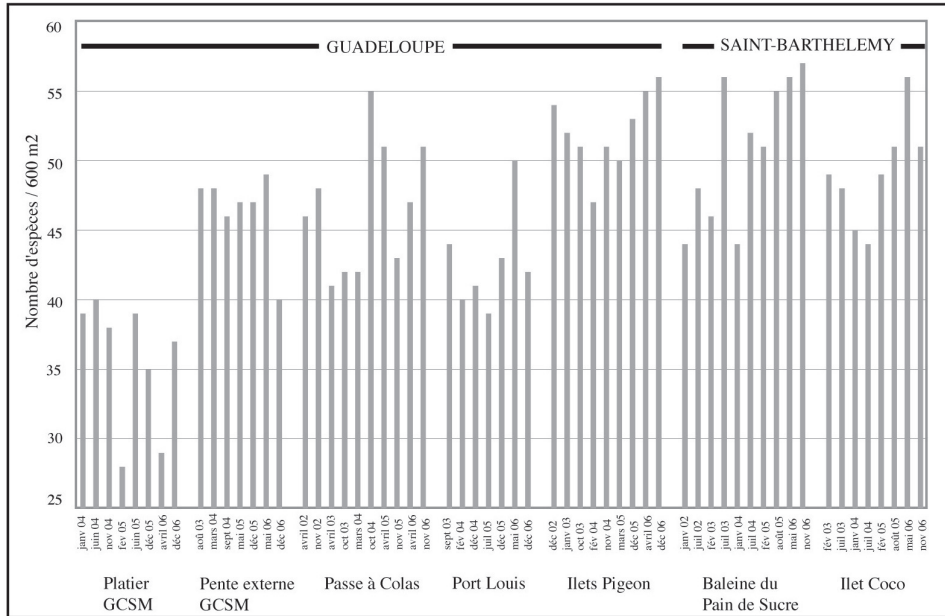


Figure 10. — Évolution de la richesse spécifique en poissons (nombre d'espèces / 600 m²) en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy au cours de la période d'étude. *Variations of fish species richness (number of species / 600 m²) in Guadeloupe and Saint-Barthélemy during the monitoring period.*

TABLEAU II

Principaux résultats quantitatifs caractérisant les peuplements ichthyologiques dans les sites étudiés
Main quantitative results characterizing the coral reef fish communities in the study sites

	GUADELOUPE					SAINT-BARTHÉLEMY	
	Barrière GCSM Platier	Barrière GCSM Pente externe	Passe à Colas	Port Louis	Ilet Pigeon	Baleine du Pain de Sucre	Ilet Coco
Nombre de campagnes de suivi	8	7	10	7	9	10	8
Nombre total d'espèces	53	75	84	74	91	90	82
Nombre moyen d'espèces (600 m ²)	35,6 ± 3,2	46,4 ± 2,2	46,6 ± 2,9	42,7 ± 2,7	52,1 ± 1,8	50,9 ± 3,2	49,1 ± 2,6
Coefficient de variation	13,1	6,4	10,1	8,5	5,3	10,0	7,7
Effectifs (N/100 m ²)	173,4 ± 55,3	256,6 ± 38,7	397,5 ± 63,7	463,2 ± 166,7	309,9 ± 67,1	248,2 ± 74,2	259,3 ± 65,6
Coefficient de variation	46,1	20,4	25,9	48,6	33,2	48,2	36,5
Biomasse (kg/ha)	756,7 ± 364,6	763,7 ± 128,5	1062,4 ± 302,0	810,1 ± 163,2	1267,8 ± 235,4	775,5 ± 148,7	566,6 ± 67,8
Coefficient de variation	69,5	22,7	46,07	27,2	28,4	30,9	17,3
Nb espèces possédant des juvéniles (N/600 m ²)	16 ± 1,6	15 ± 2,7	16 ± 1,1	16 ± 1,6	12 ± 1,0	18 ± 2,2	14 ± 3,6
Coefficient de variation	14,6	24,4	10,4	13,1	13,6	19,6	36,0
Effectifs de juvéniles (N/100 m ²)	42,1 ± 16,1	90,1 ± 41,4	153,8 ± 33,6	247,1 ± 132,5	123,1 ± 44,8	144,7 ± 63,5	116,9 ± 56,3
Coefficient de variation	55,1	62,0	35,2	72,4	55,7	70,8	69,5

• *Effectifs de poissons*

Les abondances moyennes, en effectifs, de poissons dans les sept stations étudiées sont indiquées dans le tableau II. Le site de Port-Louis présente les valeurs moyennes les plus élevées. Toutefois ce phénomène est dû à l'abondance exceptionnelle dans cette station d'une espèce de gobie de petite taille (*Coryphopterus personatus*). Les valeurs moyennes les plus faibles ont été relevées sur le platier récifal de la barrière du Grand Cul-de-Sac Marin. En considérant l'ensemble des valeurs obtenues entre 2002 et fin 2006, l'abondance moyenne / 100 m² en poissons est donc pour les cinq sites de Guadeloupe de 322 ± 47 individus : 175 ± 64 sur le platier récifal et 358 ± 50 pour l'ensemble des 4 pentes externes. A Saint-Barthélemy, l'abondance moyenne en poissons est de 253 ± 49 pour les deux sites d'étude.

La figure 11 présente les fluctuations des effectifs de poissons dans les sept sites au cours de la période d'étude. Malgré des oscillations aléatoires importantes dans les données (coefficient de variation compris entre 19 et 49 %) souvent liées à des passages de bancs de poissons, des variations d'ordre saisonnier sont identifiables. Les effectifs de poissons sont généralement plus élevés pendant la saison humide (recrutement des juvéniles) et plus faibles pendant la saison sèche. Les variations saisonnières sont plus marquées à Saint-Barthélemy (Fig. 11).

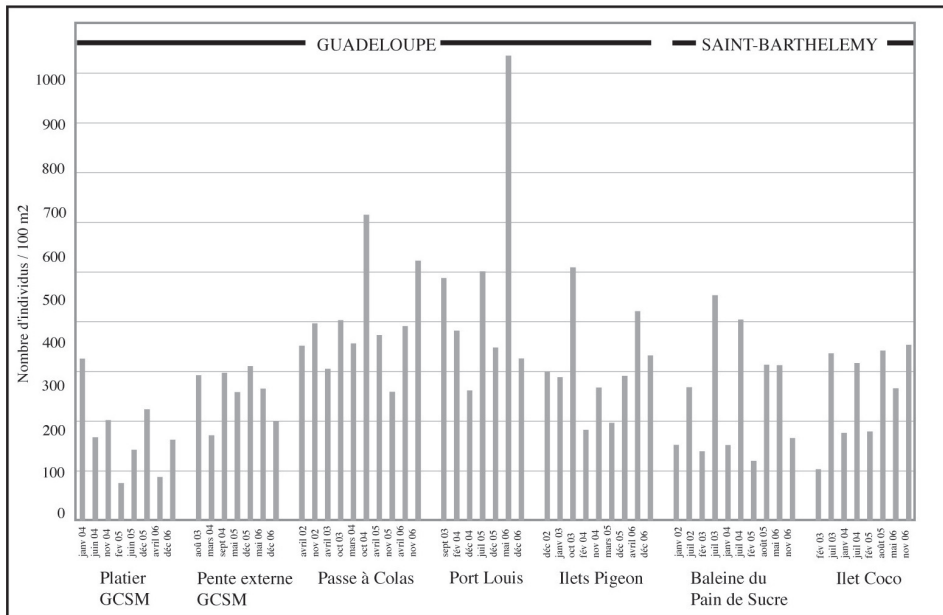


Figure 11. — Variations des effectifs de poissons (nombre d'individus / 100 m²) en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy au cours de la période d'étude. *Variations of fish density (number of fish / 100 m²) in Guadeloupe and Saint-Barthélemy during the monitoring period.*

Aucune tendance évolutive croissante ou décroissante significative n'a été observée pour ce qui concerne les effectifs de poissons dans les cinq stations étudiées en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy entre 2002 et 2006.

• *Biomasse en poissons*

La comparaison de la biomasse moyenne en poissons dans les cinq sites étudiés en Guadeloupe montre que les valeurs les plus élevées sont observées dans des zones protégées des îlets Pigeon et de la passe à Colas (Tab. II). Comme pour la richesse spécifique et les effectifs, les

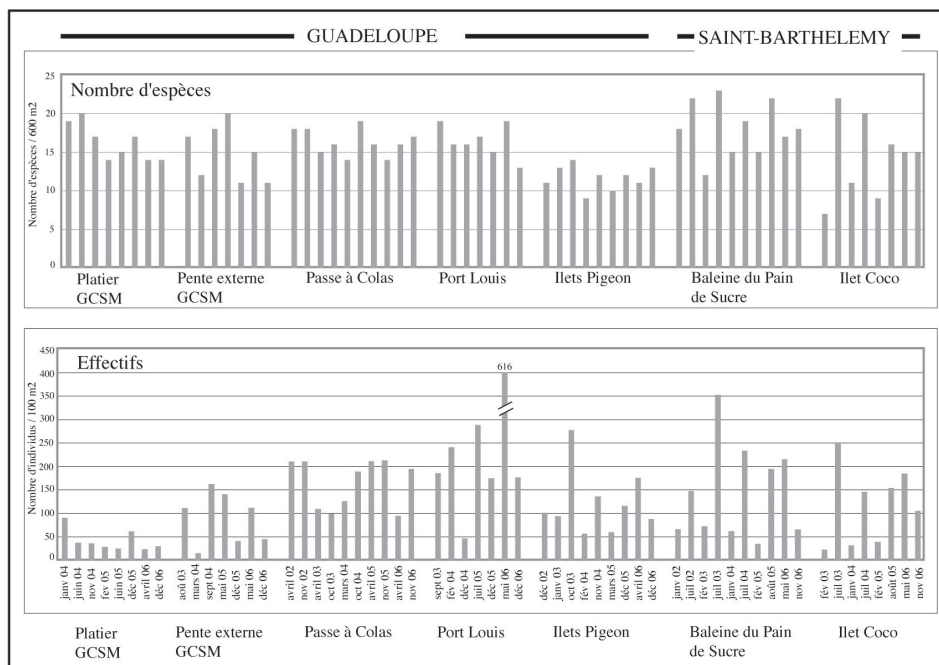


Figure 13. — Variations du recrutement en poissons (nombre d'espèces / 600 m²) en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy au cours de la période d'étude. *Variations of fish recruitment (number of fish / 600 m²) in Guadeloupe and Saint-Barthélemy during the monitoring period.*

Si l'on considère la richesse spécifique, le nombre moyen d'espèces présentant des juvéniles varie entre $11,7 \pm 1,03 / 600 \text{ m}^2$ aux îlets Pigeon et $18,1 \pm 2,19$ à la Baleine du Pain de Sucre (Tab. II). Sur l'ensemble des sites, le nombre d'espèces présentant des juvéniles est au minimum de 9 (saison fraîche) et au maximum de 22 espèces (saison chaude) pour une surface échantillonnée de 600 m². Une tendance décroissante, statistiquement significative, du nombre d'espèces de poissons possédant des juvéniles a été relevée sur le platier de la barrière du Grand Cul-de-Sac Marin ($R_S = 0,773$; $p = 0,028$).

Pour ce qui concerne les effectifs, Port-Louis ainsi que la passe à Colas sont les sites où les juvéniles sont les plus abondants. Le recrutement le plus faible a été observé sur le platier de la barrière récifale du Grand Cul-de-Sac Marin (Tab. II). Ces effectifs présentent de très fortes variations saisonnières ($35 \% < CV < 72 \%$), les juvéniles étant plus abondants au cours de la saison humide que pendant la saison sèche. Aucune tendance évolutive, croissante ou décroissante, n'a été notée concernant le recrutement des juvéniles en effectifs, sur la période d'étude, en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy.

CONCLUSIONS

En conclusion les communautés benthiques récifales des îles de l'archipel de la Guadeloupe, ainsi que celles de Saint-Barthélemy, ont subi un lent phénomène de dégradation au cours des 25 à 30 dernières années. Ce phénomène s'est traduit par une invasion progressive des récifs par des macro-algues brunes et, dans une moindre mesure, par des cyanobactéries. Les coraux présentent de plus en plus de nécroses tissulaires d'origines diverses, liées à des

agressions d'origine anthropique (compétition avec les algues, envasement, maladies, etc.) qui les conduit à une lente régression. Parallèlement le recrutement corallien paraît être plus réduit sur les récifs soumis à des pollutions diverses (cas de la Guadeloupe), que sur ceux moins anthropisés (Saint-Barthélemy). En 2005 une élévation exceptionnelle, surtout par sa durée, de la température de la mer a été à l'origine de l'épisode de blanchissement le plus important qui ait été observé dans les Antilles françaises. Cet événement a été suivi par un phénomène de mortalité retardée des coraux en 2006, responsable de la perte de près de 40 % du recouvrement corallien sur les récifs des Antilles françaises. Cette mortalité a été plus ou moins importante en fonction des récifs étudiés et son intensité semble avoir été liée au degré d'altération préalable des peuplements coralliens. Ainsi, s'il est évidemment impossible d'agir directement sur un épisode de blanchissement, il semble que la maîtrise des facteurs locaux d'altération des récifs soit susceptible de diminuer l'impact d'un tel phénomène sur les coraux et probablement aussi de faciliter, grâce à un meilleur recrutement de juvéniles, la reconstitution des peuplements coralliens.

Les peuplements de poissons récifaux des Antilles présentent une biodiversité élevée, plus importante sur les pentes externes récifales que sur les platiers. En Guadeloupe ce sont les îlets Pigeon et à Saint-Barthélemy, la Baleine du Pain de Sucre, tous zones protégées, qui présentent les richesses spécifiques les plus élevées. En Guadeloupe aucune tendance évolutive concernant la richesse spécifique n'a été observée dans les différents sites étudiés entre 2002 et 2006, ce qui démontre une grande stabilité des peuplements de poissons pour ce qui concerne leur structure qualitative. En revanche une tendance croissante, statistiquement significative, de la richesse spécifique a été notée à la Baleine du Pain de Sucre. L'examen des effectifs de poissons a également révélé une plus forte densité sur les pentes externes que sur les platiers récifaux. Les importantes fluctuations temporelles observées au niveau de chaque station sont dues essentiellement au caractère saisonnier du recrutement des poissons juvéniles. Aucune tendance évolutive particulière n'a été observée concernant les effectifs de poissons entre 2002 et 2006, que ce soit en Guadeloupe ou à Saint-Barthélemy. De même que pour la richesse spécifique et les effectifs, la biomasse de poissons est plus élevée sur les pentes externes que sur les platiers récifaux. Les valeurs de biomasse les plus élevées ont été observées aux îlets Pigeon. Entre janvier 2002 et fin 2006 il existe une tendance croissante de la biomasse en poissons dans ce site. Pour ce qui concerne le recrutement des juvéniles, le nombre d'espèces possédant des juvéniles est en diminution sur le platier de la barrière du Grand Cul-de-Sac Marin. Mais, concernant les effectifs de poissons recrutés, aucune tendance n'a pu être détectée, que ce soit en Guadeloupe ou à Saint-Barthélemy. Les résultats acquis en 2005 et 2006, pendant et après l'épisode de blanchissement des coraux qui a marqué les récifs des Antilles en 2005, n'ont pas révélé d'impact notable de ce phénomène sur la structure qualitative ou quantitative des peuplements de poissons récifaux. Ce constat peut s'expliquer par deux raisons : 1) il n'existe aucune espèce de poissons dans la Caraïbe qui soit strictement corallivore et dépende des coraux pour sa nourriture ; 2) les coraux représentent essentiellement une source d'abris pour les poissons récifaux et, dans la mesure où l'architecture spatiale des récifs n'a pas encore été altérée par la mort récente des coraux, les poissons n'en sont pas affectés. En revanche, si la dégradation des coraux constatée au fil de cette étude se poursuit, les facteurs d'érosion ne seront plus contrebalancés par la croissance des coraux, avec pour conséquence une raréfaction des abris pour la faune récifale. Un impact négatif à long terme sur les stocks de poissons récifaux est alors probable.

L'île de Saint-Martin, située à 20 km au nord-ouest de Saint-Barthélemy, n'a pas fait l'objet d'un suivi temporel régulier de l'état de ses récifs. Toutefois, des études ponctuelles réalisées sur les communautés récifales de cette île suggèrent que ces communautés ont évolué de façon similaire à celles étudiées à Saint-Barthélemy (Bouchon *et al.*, 2003b, 2004b). En Martinique le suivi temporel de deux stations selon le même protocole qu'en Guadeloupe et à Saint-Barthélemy, a montré une évolution des récifs et un impact du phénomène de blanchissement des coraux en 2005 semblables à ceux mis en évidence sur les récifs de la Guadeloupe (Bouchon, Miller *et al.*, 2004 ; Bouchon *et al.*, 2006b). Ce phénomène a également été observé dans les Grandes Antilles (à Haïti) à l'occasion d'une étude que nous avons menée sur les récifs de cette île.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Xavier Delloue, Alain Marie, Simone Mège, Jean-Luc Olive et Jocelyn Thrace de la Réserve Naturelle du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe ainsi que Franciane Lequelléc, Gaël Thebault et Hervé Vitry de la Réserve Marine de Saint-Barthélemy pour l'aide apportée au cours de cette étude.

RÉFÉRENCES

- ANON. (2007). – *Surveillance et protection des eaux de baignade en mer et en rivière de la Guadeloupe*. Direction de la Santé et du Développement Social, Juin 2007.
- ADEY, W.H. & BURKE, R. (1976). – Holocene bioherms (algal ridges and bank-barrier reefs) of the Eastern Caribbean. *Geol. Soc. Am.*, 87 : 95-109.
- AUGRIS, C., ASSOR, R., CLABAUT, P., GROTTÉ, A. & ONDREAS, H. (1992). – *Carte des formations superficielles du plateau insulaire de la Guadeloupe*. IFREMER – Conseil Général de la Guadeloupe. 10 feuilles. Echelle 1 / 25 000.
- AFMAR (1997). – *Situation de la pêche en Guadeloupe*. Synthèse des travaux des commissions. Direction Régionale des AFMAR.
- BAK, R.P.M. (1975). – Ecological aspects of the distribution of reef corals in the Netherlands Antilles. *Bijdr. Dierk.*, 45 : 181-190.
- BATTISTINI, R. & HINSCHBERGER, F. (1985). – Morphologie des côtes au vent de Grande-terre et de Marie-Galante (Guadeloupe). *Bull. Assoc. Géogr. Franç. Paris*, 2 : 85-92.
- BATTISTINI, R. & PETIT, M. (1979). – Récifs coralliens, constructions alguaires, et arrecifs à la Guadeloupe, Marie-Galante et la Désirade. *Atoll Res. Bull.*, 234 : 1-8.
- BOHNSACK, J.A. & HARPER, D.E. (1988). – *Length-weight relationships of selected marine reef fishes from the Southern United States and the Caribbean*. NOAA Technical memorandum NMFS-SEFC-215.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y., IMBERT, D. & LOUIS, M. (1991). – Effets de l'ouragan Hugo sur les communautés côtières de Guadeloupe (Antilles françaises). *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 67 : 5-33.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y., LABOREL, J., LABOREL-DEGUEN, F., LAMY, D., PHILIPPOT, V. & VACELET, J. (1986). – *Etude des biocénoses marines côtières des îles de Saint Barthélemy, Saint Martin et Anguilla*. Rapport de la mission "Ecorécif"³.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y., LABOREL, J. & LOUIS, M. (1987). – Influence of the degradation of the coral assemblages on the fish communities of Martinique. Pp 452-468 in : F. Williams (ed.), *Proc. 38th Gulf and Caribbean Fisheries Institute Congress, Martinique, 1985*.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (1990). – *Les biocénoses marines côtières de l'île de Saint-Barthélemy*. Rapport scientifique pour la création d'une réserve marine.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (1992). – A first record of a *Sargassum* (Phaeophyta, algae) outbreak in a Caribbean coral reef ecosystem. *Proc. 41st Gulf and Caribbean Fisheries Institute Congress, St Thomas, USVI, 6-11 novembre 1988* : 452-468.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (1995). – *Les biocénoses marines côtières de l'île de Saint-Martin*. Rapport scientifique pour la création d'une réserve marine.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (2003a). – *Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe*. Document UAG-DIREN Guadeloupe, Université des Antilles et de la Guyane.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (2003b). – *Les communautés marines des baies de Marigot, la Potence et Grand Case (Saint-Martin)*. Rapport CEMINAG.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (2004a). – Critères d'évaluation de la dégradation des communautés coralliennes dans la région Caraïbe. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 59 : 113-121.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (2004b). – *Étude des communautés marines de la région de Eastern Point (Saint-Martin)*. Rapport CEMINAG.
- BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y., LOUIS, M. & PORTILLO, P. (2006). – *Bilan du suivi des communautés récifales de Saint-Barthélemy : années 2002-2006*. Rapport UAG.
- BOUCHON, C. & LABOREL, J. (1986). – Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 62 : 199-237.
- BOUCHON, C. & LABOREL, J. (1990). – Les peuplements coralliens du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe (Antilles françaises). *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 66 : 19-36.
- BOUCHON, C., MILLER, A., BOUCHON-NAVARO, Y., PORTILLO, P. & LOUIS, M. (2004). – Status of coral reefs in the French Caribbean islands and other islands of the Eastern Antilles. Pp 493-507 in : C. Wilkinson (ed.), *Status of the coral reefs of the world*. Australian Institute of Marine Sciences, Australie.

³ Les rapports cités sont consultables au Laboratoire de Biologie Marine de l'Université des Antilles et de la Guyane et seront disponibles sur le site internet de l'UAG en 2008.

- BOUCHON, C., PORTILLO, P., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (2006a). – *Bilan de l'état de santé des récifs coralliens de Guadeloupe (années 2002-2006)*. Rapport UAG.
- BOUCHON, C., PORTILLO, P., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (2006b). – *Bilan de l'état de santé des récifs coralliens de Martinique (années 2001-2006)*. Rapport UAG.
- BOUCHON-NAVARO, Y. (1997). – *Les peuplements ichtyologiques récifaux des Antilles. Distribution spatiale et dynamique temporelle*. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane.
- BOUCHON-NAVARO, Y., BOUCHON, C., KOPP, D. & LOUIS, M. (2006). – Weight-length relationships for 50 species collected in seagrass beds of the Lesser Antilles. *J. Appl. Ichthyol.*, 22 : 322-324.
- BOUCHON-NAVARO, Y., BOUCHON, C. & LOUIS, M. (2000). – Variabilité des inventaires d'espèces mobiles : exemple des poissons récifaux. Pp 55-72 in : M. Guillaume (ed.). *L'inventaire ZNIEFF-Mer dans les DOM : bilan méthodologique et mise en place*. Coll. Patrimoines naturels 42, MNHN / IEGB / SPN / BIMM, Paris.
- BROSNAN, D.M. & BECKER, C.J. (1998). – *Scientific monitoring program for the marine reserve, Saint-Barthélemy, French West Indies. Results of April 1998 monitoring and analysis and future activities*. Report SEI (Sustainable Ecosystems Institute).
- CHAUVAUD, S. (1997). – *Cartographie par télédétection à haute résolution des biocénoses marines côtières de la Guadeloupe et de la Martinique. Estimation de la biomasse et de la production primaire des herbiers à Thalassia testudinum*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- CHAUVAUD, S., BOUCHON, C. & MANIÈRE, R. (1998). – Remote sensing techniques adapted to high resolution mapping of tropical coastal marine ecosystems (coral reefs, seagrass beds and mangrove). *Int. J. Remote Sensing*, 19 : 3625-3639.
- CHAUVAUD, S., BOUCHON, C. & MANIÈRE, R. (2001). – Cartographie des biocénoses marines de Guadeloupe à partir de données SPOT (récifs coralliens, Phanérogames marines, mangroves). *Oceanol. Acta*, 24 : 1-14.
- CLARO, R. (ed.) (1994). – *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Mexico.
- COLLINA-GIRARD, J. (2000). – The submerged palaeolagoons of Marie-Galante Island (French West Indies). *C. R. Acad. Sci. Paris, Sér. 2., Fasc. a (Sciences de la terre et des planètes)*, 331 : 367-372.
- COURBOULÈS, J., MANIÈRE, R., BOUCHON, C., BOUCHON-NAVARO, Y. & LOUIS, M. (1992). – Imagerie spatiale et gestion des littoraux tropicaux : exemple d'application aux îles Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Anguilla. *Photo-interprétation*, 1991/92 (1) : 5-8.
- GABRIÉ, C., EYNAUDI, A. & CHEMINÉE, A. (2007). – *Les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français*. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable – Ministère de l'Outre-Mer, Paris.
- IMBERT, D., BLAND, F. & RUSSIER, F. (1988). – *Les milieux humides du littoral guadeloupéen*. Office National des Forêts – Ministère de l'environnement, Paris.
- GUILCHER, A. & MAREC, A. (1978). – Le récif-barrière et le lagon du Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe, Antilles françaises). Géomorphologie et sédiments. *Oceanol. Acta*, 1 : 435-444.
- INSEE (2005). – *Tableaux économiques régionaux*. Guadeloupe. INSEE éditions, Paris.
- LABOREL, J. (1982). – Formations coralliennes des Antilles françaises. *Oceanis*, 8 : 339-353.
- LOBEL, P.S., ANDERSON, D.M. & BROADUS, J.M. (1988). – *Marine conservation of Saint-Barthélemy*. Report.
- RNO (2006). – *Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO*. IFREMER et Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Paris.
- ROGERS, C. (1985). – Degradation of Caribbean and Western Atlantic coral reefs and decline of associated fisheries. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, 6 : 491-496.
- ROOS, P.J. (1971). – The shallow water stony corals of the Netherlands Antilles. *Studies Fauna and Flora of Curaçao*, 37 : 1-108.
- SMITH, A.H., ROGERS, C. & BOUCHON, C. (1997). – Status of Western Atlantic Coral reefs in the Lesser Antilles. *Proc. 8th Intern. Coral Reef Symp., Panama*, 1 : 351-356.
- SMITH, A., ARCHIBALD, M., BAILEY, T., BOUCHON, C., BRAITHWAITE, A., COMACHO, R., GEORGE, S., GUISTE, H., HASTINGS, M., JAMES, P., JEFFREY-APPLETTON, C., DE MEYER, K., MILLER, A., NURSE, L., PETROVIC, C. & PHILLIP, P. (2000). – Status of coral reefs in the Eastern Caribbean : the OECS, Trinidad and Tobago, Barbados, the Netherlands Antilles and the French Caribbean. Pp 327-342 in : C. Wilkinson (ed.), *Status of coral reefs of the world 2000*. Australian Institute of Marine Science.
- VAN'T HOF, T. (1989). – *Towards conservation of the marine environment of St. Maarten – St. Martin*. Report STI-NAPA, Sint-Maarten.
- WILKINSON, C. (ed.). – *Status of coral reefs of the world : 2004*. Australian Institute of Marine Science.

