

## LA SITUATION DES RÉCIFS CORALLIENS DES ÎLES ÉPARSES FRANÇAISES DE L'OCÉAN INDIEN

J.P. QUOD<sup>1</sup>, A. BARRÈRE<sup>1</sup>, P. CHABANET<sup>2</sup>, P. DURVILLE<sup>3</sup>, J.B. NICET<sup>4</sup> & R. GARNIER<sup>4</sup>

**SUMMARY.** — *The status of the coral reefs of French Scattered Islands in the Indian Ocean.* — Together with La Réunion and Mayotte Islands, Scattered Islands make up French Indian Ocean Territories (FIOT) which all possess highly ecologically sensitive natural habitats of major value for migrant species (turtles, seabirds, mammals). As a contribution to the national action plan of IFRECOR (French initiative on coral reefs) we set up during the period 2002-2005 a survey and monitoring program in order to increase the knowledge of the still poorly known coral reefs of these islands scattered from North to South in the Mozambique Channel and in central Indian Ocean. Results were particularly focused on the geomorphological mapping of shallow marine habitats and on a structural and functional approach of fish, coral and mollusc communities. Additional approaches with rapid assessment methods remained non exhaustive but nevertheless allow a first integrated diagnosis of the patrimonial value of the coral sanctuaries of Scattered Islands and to propose decision-making tools for identifying applied and fundamental axes of research as well as actions of monitoring adapted particularly to vulnerability factors and global warming.

**RÉSUMÉ.** — Avec l'île de la Réunion et Mayotte, les îles Éparses constituent les îles Françaises de l'océan Indien, lesquelles possèdent toutes des milieux naturels à sensibilité écologique forte et d'intérêt majeur pour des espèces migratrices (tortues, oiseaux marins, mammifères). Dans un contexte de mauvaise connaissance des récifs coralliens de ces îles éparpillées du Nord au Sud du canal du Mozambique et au centre de l'océan Indien occidental, nous avons réalisé de 2002 à 2005 un programme axé sur la connaissance et la surveillance des récifs, en vue de contribuer au plan d'action national de l'Initiative Française sur les Récifs Coralliens (IFRECOR). Les résultats concernent tout particulièrement la cartographie géomorphologique des milieux marins peu profonds ainsi qu'une approche structurelle et fonctionnelle des peuplements de poissons, coraux et mollusques. Les approches complémentaires menées selon des protocoles d'évaluation rapide restent non exhaustives mais permettent aujourd'hui de disposer d'un premier diagnostic intégré de la valeur patrimoniale des sanctuaires coralliens des îles Éparses et de proposer une aide à la décision pour identifier des axes de recherche appliquée et fondamentale, des mesures de gestion adaptées notamment aux facteurs de vulnérabilité tel que le réchauffement global.

---

Avant-Propos de Michel CHAMPON,  
Préfet des TAAF et chargé de l'administration des îles Éparses.

*Les îles Éparses de l'océan Indien constituent les joyaux sans doute les plus méconnus de la couronne de France. Ces îles, qu'on a regroupées sous un même vocable, mais qui sont au fond si différentes l'une de l'autre apportent à la France un supplément d'âme comme dit le poète considérable.*

---

<sup>1</sup> ARVAM, 3 rue Henri Cornu, Technopole de la Réunion, F-97490 Sainte-Clotilde

<sup>2</sup> IRD Nouméa, BP A5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

<sup>3</sup> Aquarium de la Réunion, Port de plaisance, F-97434 Saint-Gilles-les Bains

<sup>4</sup> PARETO, 15 Impasse des Hyménées, F-97438 Sainte-Marie

*Sanctuaires écologiques, elles ont permis et permettent la survivance d'écosystèmes uniques et reconnus. Terres et mers exemptes de présence humaine dérangeante ou nocive, elles sont, par excellence, des espaces d'observation et de travail pour tous les scientifiques.*

*À cet égard, et c'est un des objectifs que m'a fixés le gouvernement, leur rattachement aux TAAF va donner une impulsion supplémentaire pour permettre, comme dans les autres districts des TAAF, aux scientifiques de pouvoir exprimer encore davantage leurs recherches. Cela passe en particulier par la création de lieux d'accueil permanents et adaptés pour organiser des longs séjours sur place.*

*La communauté scientifique internationale s'intéresse à nos îles et elle a bien raison ! À nous d'en conserver l'exemplarité et d'y permettre le développement de tout ce qui peut contribuer à l'amélioration des connaissances et à l'observation de toutes ces richesses inouïes.*

*Je remercie les équipes qui ont déjà tant travaillé dans ce but et je leur dis mon souhait le plus cher de les voir s'investir encore plus sur ces territoires uniques.*

---

Les récifs coralliens sont caractérisés par leur biodiversité et leur productivité très élevées (Connell, 1978 ; Ray, 1988). Ils bordent les côtes d'une centaine de pays dans le monde et couvrent une surface d'environ 600 000 km<sup>2</sup>, dont près de 10 % sont situés dans les PTOM (Pichon, 1995). Ils constituent une source directe de nourriture pour près d'un milliard d'humains qui vivent de poissons et d'autres ressources comestibles puisées dans le milieu (Salvat & Rives, 2003). De nombreux pays en dépendent en termes de ressources économiques, notamment à travers la pêche (Polunin & Graham, 2003) et le tourisme (Aiello, 1996 ; Williams & Polunin, 2000). Les récifs coralliens jouent ainsi un rôle essentiel dans les pays insulaires tropicaux.

Mais ces récifs sont aujourd'hui fortement menacés. Wilkinson (2002) estime que 10 % des récifs dans le monde sont irrémédiablement condamnés et 30 % en sursis. Parmi les principales menaces qui pèsent sur ces écosystèmes figurent les pressions anthropiques, accentuées par la croissance exponentielle de la population et toutes ses conséquences (pollution, urbanisation, surexploitation des ressources marines, etc.).

Aujourd'hui il existe peu d'écosystèmes coralliens isolés qui ne soient pas soumis à une pression anthropique. Le plus souvent, ces écosystèmes sont situés dans des îles peu habitées et/ou peu accessibles. Dans les pays les plus peuplés, la création d'aires marines protégées (AMP) a permis de préserver la biodiversité de certains récifs coralliens en assurant la connectivité des espèces entre elles mais aussi vers les autres zones périphériques et d'augmenter la résilience de l'écosystème face aux pressions naturelles. Des initiatives ont été lancées pour sensibiliser les pays à la dégradation des récifs coralliens et promouvoir une gestion durable de ces écosystèmes, comme l'ICRI (International Coral Reef Initiative) en 1994, relayées dans la région de l'océan Indien occidental par la Commission de l'océan Indien (Ahamada *et al.*, 2004) et, en France, par l'IFRECOR (Initiative Française pour les Récifs CORalliens) en 2000. Dans ce cadre a été défini pour chacun des PTOM un plan d'action visant à connaître, préserver et restaurer les récifs coralliens intégrant des programmes de surveillance dont l'objectif est de détecter, sur le long terme (décennies), les modifications des peuplements en relation avec les phénomènes naturels et/ou anthropiques. Un de ces plans d'action concerne les îles Éparses.

Les îles Éparses sont au nombre de cinq : une dans l'océan Indien (Tromelin) et quatre dans le canal du Mozambique (Europa, Bassa da Índia, Juan de Nova et Les Glorieuses) (Figure 1). Elles représentent une Zone Économique Exclusive française de 640 000 km<sup>2</sup>. L'état des connaissances sur les récifs coralliens de ces îles reste très fragmentaire du fait de leur accessibilité limitée (Gabrié, 1998 ; Naim & Quod, 1999). Ce sont des îles classées en réserve naturelle depuis 1975, exception faite de Juan de Nova (Le Corre & Safford, 2001). Elles sont gardées par des militaires et l'accès en est strictement contrôlé ; seules quelques autorisations sont données aux scientifiques dans le cadre de leurs recherches.

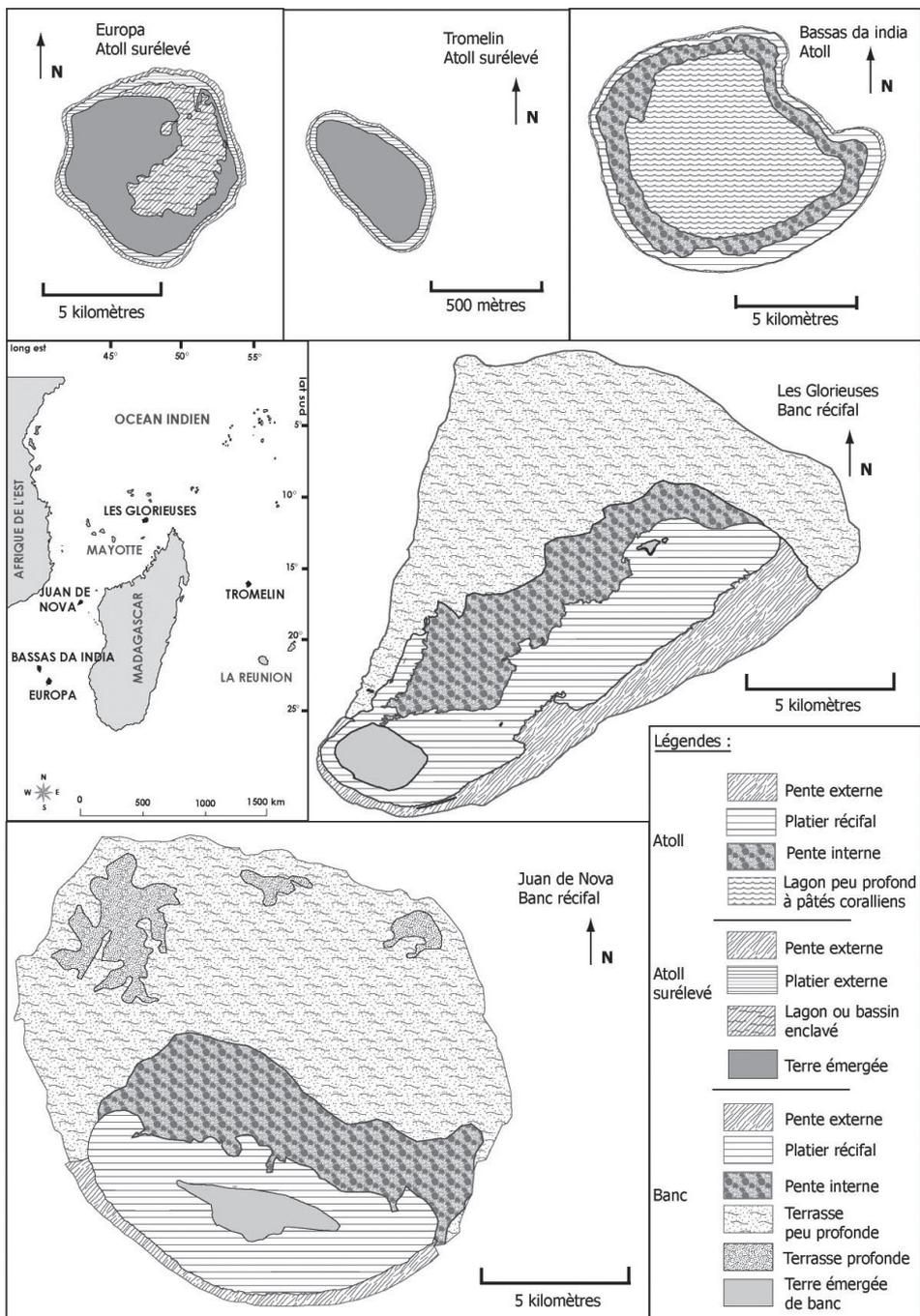


Figure 1. — Cartographie géomorphologique des cinq îles Éparses.

Les îles Éparses sont des Territoires Résiduels de la République, comme Clipperton dans le Pacifique et ne sont pas rattachées à l'Union Européenne. Joyaux les plus méconnus de la France ultramarine, elles ont été placées le 1<sup>er</sup> avril 1960 sous l'autorité du Ministre en charge

de l’Outre-Mer et, depuis le 3 janvier 2005, leur administration est confiée au Préfet des Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF). Jusqu’en 2004, leur administration était confiée au Préfet de la Réunion, secondé par la Direction Régionale de Météo France.

Les îles Éparses sont donc parmi les rares espaces insulaires de la planète à ne pas subir de pression anthropique directe et, de ce fait, elles représentent des écosystèmes de référence. Pourtant, de nombreuses menaces d’origines anthropiques ou climatiques persistent dans la région du sud-ouest de l’océan Indien tels l’impact du phénomène massif de mortalité corallienne qui a succédé à l’événement majeur de blanchissement corallien de 1998, les risques de pollution par les hydrocarbures, la surexploitation des ressources halieutiques pélagiques et benthiques. La population résidente se limite à un bataillon militaire d’une quinzaine de personnes et d’un gendarme sur les îles de Europa, Juan de Nova et Glorieuses et au personnel de la station météorologique à Tromelin (celles des autres îles étant automatisées).

Les travaux scientifiques y sont conséquents pour les tortues et les oiseaux marins (Le Corre & Jouventin, 1997) et rares pour les milieux marins (Dautzenberg, 1895 ; Fourmanoir, 1952 ; Derijard, 1966 ; Vergonzanne, 1977 ; Gabriele, 1982). À noter la réalisation de recherches spécifiques sur les dinoflagellés potentiellement toxiques issus des récifs coralliens des îles Éparses en relation avec l’étude des modalités écotoxicologiques liées au risque ciguatérique dans l’océan Indien (Ten-Hage *et al.*, 2000). Des recherches spécifiques sur les Hydraires sont également conduites par le laboratoire ECOMAR de l’Université de la Réunion (Gravier & Bourmaud, 2006 a, b).

C’est dans ce contexte de mauvaise connaissance d’État/Pressions/Réponses des récifs coralliens des îles Éparses qu’a été élaboré le programme CoSuReCo (Connaissance et Suivi des Récifs Coralliens), initié en lien avec le plan d’action de l’IFRECOR pour la période 2002-2006.

L’objectif du présent article est de dresser, sur la base d’expertises du milieu marin peu profond croisées avec la rare littérature disponible, un diagnostic environnemental de la situation des récifs de ces îles coralliennes éloignées et isolées en vue de fournir une aide à la décision pour la gestion et la conservation d’écosystèmes encore préservés des pressions anthropiques directes.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

La démarche méthodologique a consisté à conduire sur les îles Éparses des missions de courte durée (1 à 10 jours), au cours desquelles des protocoles d’évaluation rapide RAP (Rapid Assessment Protocols) ont été mis en œuvre pour les différents compartiments constitutifs du milieu naturel. Ils se basent sur un travail de pré-cartographie visant à localiser les sites d’intervention prioritaires au regard des objectifs visés. S’appuyant sur les rares données bibliographiques disponibles en 2002, plusieurs missions ont ainsi été effectuées par les auteurs sur les différentes îles durant la période 2002-2006 au cours desquelles ont été collectées des données qui ont ultérieurement été confrontées aux sources bibliographiques.

Pour la cartographie de la géomorphologie et des biocénoses marines peu profondes, le travail s’inscrit en cohérence avec celui initié au sein de l’action fédérative de l’IFRECOR. Trois phases successives ont ainsi été réalisées. La phase une de pré-cartographie a consisté à collecter l’ensemble des données cartographiques (cartes SHOM, images satellites, images aériennes verticales et obliques, etc.) afin d’établir à partir des images géoréférencées issues de la station ISS un premier détournement sous SIG des unités géomorphologiques (Robinson *et al.*, 2000). Au cours de la phase deux, dite de vérité-terrain, les différentes unités géomorphologiques préalablement repérées ont fait l’objet d’explorations pour en confirmer les principales composantes géomorphologiques et en décrire les biocénoses. La troisième phase a consisté en l’affinage et la modification des premiers détournements selon les observations de la vérité-terrain. Les unités géomorphologiques ont été classées hiérarchiquement en cohérence avec la typologie proposée par Andrefouet dans le cadre du projet Millenium Coral Reef Mapping initié en 2001 par l’Institute of Marine Remote Sensing / University of South Florida (IMaRS/USF) aux Etats-Unis (Andrefouet *et al.*, 2003).

L’état de santé des récifs a été étudié en mettant en œuvre les protocoles standardisés de surveillance à l’échelle de l’océan Indien (Conand *et al.*, 1998). Pour chaque station, d’une superficie de 500 m<sup>2</sup>, l’opérateur recense les différentes catégories de benthos le long de 3 transects linéaires de 20 m chacun selon le protocole expert du GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network) et de 4 transects de 20 m aussi selon le protocole intermédiaire de Reef Check, mais dans ce dernier cas, le niveau de diagnose est réduit à des catégories simples. Les stations de pente externe ont été implantées entre 10 et 15 mètres de profondeur. Les stations de platier (1 à Europa et 1 à Juan de Nova) n’ont pas été prises en compte dans l’analyse des recouvrements moyens présentés dans ce document, en raison de leur hétérogénéité. Les données acquises permettent d’évaluer l’état des peuplements benthiques, ainsi que pour le GCRMN leur composition spécifique. 10 stations GCRMN et Reef Check ont été installées à Europa (2), à Glorieuses (4) et à Juan de Nova (4).

L'évaluation de l'état de santé a été complétée par des observations ponctuelles faites lors des vérités-terrain de l'activité de cartographie des biocénoses.

Pour l'évaluation de la diversité biologique, la démarche s'est basée sur l'analyse dans des biotopes variés des 3 groupes indicateurs de biodiversité du protocole RAP (poissons, coraux et mollusques). Les massifs de coraux constituent l'habitat de nombreuses espèces animales et végétales, dont les poissons qui sont une composante écologique et socio-économique importante. Les mollusques sont particulièrement intéressants pour les biotopes adjacents aux coraux (sable, vase, etc.). La diversité est étudiée en estimant la richesse spécifique (RS) des groupes taxinomiques cibles par des observations visuelles en plongée sous-marine entre 0 et 20 m de profondeur sur des stations réparties sur l'ensemble de l'écosystème récifal et préalablement repérées à partir du travail de pré-cartographie.

Pour les poissons, les plongeurs ont effectué un parcours aléatoire pendant 30 minutes au cours desquelles chaque nouvelle espèce a été soigneusement répertoriée. Des comptages dans des couloirs de 50 m de long sur 5 m de large ont permis d'estimer les densités et biomasses de poissons présents sur chacune des stations en notant le nombre d'individus par espèce ainsi que la taille des individus observés. Pour Europa, l'échantillonnage a été moins robuste compte tenu de la durée plus courte de la mission et des ressources humaines mobilisées. Pour compléter l'inventaire ichtyologique, les flaques littorales ont également été échantillonnées à marée basse. Pour cela, un anesthésiant a été utilisé (Glorieuses : 9 stations ; Juan de Nova : 8 stations). Les poissons collectés sont comptés, inventoriés et photographiés.

L'identification des coraux durs (Scléactiniaires) n'a pu être réalisée au cours du programme CoSuReCo qu'au niveau générique (et spécifique dans la mesure du possible), à partir des données recueillies le long des transects et d'explorations des autres biotopes selon les descriptions de Veron (2000). Des collections ont été constituées pour Europa, Glorieuses et Juan de Nova pour validation ultérieure des identifications préliminaires et constitution d'une banque de référence au Muséum d'Histoire Naturelle de Saint Denis.

Pour l'inventaire des mollusques, des parcours aléatoires ont été effectués dans les biotopes durs et meubles. La méthodologie retenue privilégiait, pour chaque spécimen récolté vivant ou mort, une diagnose sur place ainsi que des prises de vue rapprochée pour archivage en base de données. Les individus étaient replacés dans leur milieu d'origine à l'exception des spécimens nécessitant des compléments de taxinomie qui ont été ramenés au laboratoire.

## LES UNITÉS GÉOMORPHOLOGIQUES ET BIOCÉNOTIQUES MARINES DES ÎLES ÉPARSES

Toutes les îles Éparses ont un substratum corallien et peuvent être assimilées à des atolls, des atolls surélevés ou des bancs coralliens, leur situation au regard de l'actuel niveau marin conditionnant le ratio terre émergée/récif immergé. Au cours du Quaternaire, les variations du niveau marin ont été particulièrement importantes. Elles ont conditionné, conjointement aux facteurs climatiques, la présence de récifs coralliens. Ainsi, entre 120 000 et 18 000 ans BP, il est certain que la baisse du niveau marin a fait exonder durablement les récifs existants, lesquels ont été soumis à une érosion karstique. Entre 18 000 et 6 000 ans BP, la remontée des eaux marines (transgression flandrienne) a lieu avec le réchauffement de la planète et vers 6 000 ans BP, l'océan recouvre l'ancien récif Pléistocène. Les peuplements marins peuvent à nouveau se développer sur les surfaces offertes. Depuis, une nouvelle baisse du niveau marin (de l'ordre de 1 à 2 m) permet à certaines parties de « re-émerger » et d'être colonisées par des peuplements terrestres.

Le tableau I permet de synthétiser le travail effectué en vue de hiérarchiser les unités géomorphologiques qui supportent les communautés végétales et animales. Ainsi la superficie totale des récifs des îles Éparses est évaluée à 493,6 km<sup>2</sup>, le ratio de terres émergées étant de 7,1 %. A noter que les zones de mangroves d'Europa ont été ici assimilées au milieu marin (comme faisant partie du bassin ou lagon enclavé), ce qui conduit à restreindre *de facto* le domaine terrestre estimé dans la littérature à 30 km<sup>2</sup>.

Le projet Millenium a permis à partir d'environ 1 500 images Landsat (30 m de résolution) de découper l'ensemble des récifs coralliens mondiaux en 127 unités géomorphologiques de niveau 4 se combinant avec les niveaux 1, 2 et 3 pour donner 966 classes d'unités récifales géomorphologiques (correspondant au «niveau 5», in Andrefouet *et al.*, 2003). Les cinq îles Éparses contiennent un total de 10 classes géomorphologiques de niveau 4 (Tableau I) et 14 de niveau 5. À titre de comparaison, l'ensemble des récifs de Polynésie françaises regroupe 40 unités de niveau 4 et 64 de niveau 5 (Andrefouet *et al.*, 2005), tandis que l'ensemble des récifs de Nouvelle-Calédonie est composé de 150 unités géomorphologiques de niveau 5 (Andrefouet & Torres-Pulliza, 2004).

**Europa**, au sud du canal, est un atoll surélevé caractérisé par une structure karstique importante, par des dunes sableuses qui en constituent le point culminant (6 m), et par un « lagon » enclavé peu profond (Legendre, 1966 ; Delépine *et al.*, 1977). La vérité-terrain réali-

TABLEAU I

Principales unités géomorphologiques (niveau IV)

	Europa	Bassas	Juan de Nova	Glorieuses	Tromelin	
Coordonnées	22° 21 S 40° 21 E	21° 28 S 39° 41 E	17° 03 S 42° 43 E	11° 34 S 47° 18 E	15° 33 S 54° 31 E	
Superficie de la ZEE (km <sup>2</sup> )	127 300	123 700	61 050	48 350	280 000	640 400
Superficie des unités géomorphologiques récifales (km <sup>2</sup> )	47,12	86,77	193,29	165,03	1,40	493,60
Terre émergée de banc récifal	-	0,1	5,22	4,67	-	2,0 %
Terre émergée d'atoll	24,13	-	-	-	0,96	5,1 %
Platier	-	14,63	35,78	38,98	-	18,1 %
Platier externe d'atoll surélevé	5,96				0,32	1,3
Pente externe	4,18	2,48	6,06	21,33	0,13	6,9 %
Lagon enclavé	12,86	-	-	-	-	2,6 %
Pente interne	-	22,88	146,23	25,05	-	16,2 %
Terrasse lagonaire peu profonde	-	-	102,74	74,99	-	36,0 %
Terrasse lagonaire profonde	-	-	11,59	-	-	2,3 %
Lagon peu profond	-	46,77	-	-	-	9,5 %

sée en 2002 permet de confirmer que le lagon communique avec l'océan par un déversoir peu profond qui entaille la plateforme d'érosion, lequel déversoir supporte un herbier épars mixte à *Thalassodendron* et *Halodule* et un peuplement algal plurispécifique. Le reste du « lagon » est à dominante sédimentaire et peu profond (1 m). En fait de platier externe, c'est une plateforme d'abrasion façonnée dans du récif fossile qui ceinture l'île (Battistini, 1966). Elle porte des peuplements benthiques peu développés, soumis à l'action de la houle et à la sédimentation et est à dominance de feutrage algal, seules quelques rares colonies de *Pocillopora* et d'*Acropora* parvenant à survivre. La mangrove occupe une large place au fond du lagon et communiquerait également avec l'océan via un réseau karstique souterrain. Les pentes de l'île sont globalement accores à l'exception de la côte Nord où un étroit glacis est observé à 15-20 m de profondeur.

**Bassas da India**, est un atoll quasi circulaire d'environ 13 km de diamètre, avec un grand lagon à dominance sableuse avec des pâtés coralliens épars, délimité extérieurement par une couronne récifale qui comporte une unique caye (0,1 km<sup>2</sup>, non visible sur photo ISS) recouverte aux hautes mers. Les échanges se font majoritairement par-dessus le récif et aux basses mers par l'intermédiaire de déversoirs de platier peu profonds et étroits. Les pentes externes sont moyennement bioconstruites alors que les platiers qui exondent aux basses mers ont un recouvrement corallien vivant faible (Rosenfeld, comm. pers).

**Juan de Nova**, situé au centre du canal, est un banc récifal de forme circulaire, comportant une île de forme allongée d'est en ouest dont le point culminant (12 m) est une dune au nord. L'île est ceinturée par un récif périphérique qui présente l'originalité d'avoir un platier à deux niveaux, la partie centrale étant surélevée de 0,5 m aux basses mers et formant une cuvette de rétention d'eau. Cette partie centrale s'apparente à une plateforme d'érosion déprimée du côté terrestre. Le récif périphérique présente des zones de croissance corallienne active à ses deux extrémités ainsi qu'au niveau du front récifal. Les pentes externes du récif périphérique sont caractérisées par une zone à éperons-sillons bien individualisés, suivie d'un tombant corallien se terminant dans une dépression sédimentaire située à la même profondeur que la terrasse. La terrasse est parsemée de pâtés coralliens, notamment à proximité de l'île et sur la périphérie.

**Les Glorieuses**, localisées au nord du canal, sont un banc corallien qui comporte 2 îles principales (la Grande Glorieuse et l'île du Lys) et 2 rochers (les Roches Vertes et l'île aux

Crabes). L'île principale culmine au niveau des dunes sableuses à 6 m et est établie sur la partie la plus élevée, au Sud, d'un banc de 17 km de long et de forme triangulaire. L'île du Lys est de nature karstique et présente en son centre une lagune salée qui se remplit avec les marées. Le platier corallien qui rejoint les 2 îles correspond, d'après Battistini & Cremers (1972), à une structure préflandrienne érodée qui présente une levée détritique au nord des Roches Vertes. Le platier entre les Roches Vertes et l'île du Lys correspond à une structure préflandrienne érodée (Battistini & Cremers, 1972) qui présente une vitalité corallienne actuelle réduite. La présence détritique au nord des Roches Vertes témoigne d'une activité bioconstructrice importante et actuelle, confirmée par les explorations réalisées en 2003 et 2004, tout comme la présence d'un platier compact friable au niveau des Roches Vertes. La pente externe de ce secteur est à éperons-sillons dans la partie nord-est et à contreforts-vallons dans la partie sud-est. La terrasse peu profonde y est à dominance sédimentaire, mais est parsemée de pâtés coralliens pluri-métriques. Aux Glorieuses se trouve à 10-15 m de profondeur le seul herbier dense des îles Éparses, monospécifique (*Thalassodendron ciliatum*).

**Tromelin**, anciennement île aux Sables, est, comme Europa, un atoll surélevé de forme elliptique culminant à 6 m (Bouchon & Faure, 1979). L'île est un ancien banc récifal, aujourd'hui émergé, qui s'est développé au sommet d'un guyot. Aucune exploration exhaustive du milieu marin n'ayant pu être conduite par les auteurs, ce sont les données de 1979 qui servent de base pour en établir les unités géomorphologiques et biocénétiques. Du point de vue géomorphologique, Tromelin est située sur le trajet régulier des phénomènes cycloniques (10 météores en 28 ans), lesquels structurent les biotopes et les biocénoses qui leur sont inféodées. Le platier externe correspond à une dalle corallienne qui se poursuit en pente externe à éperons-sillons. Les peuplements coralliens y sont dominants vers 10 m et dominés par un petit nombre d'espèces coralliennes (*Acropora*, *Pocillopora*, *Millepora* et *Echinopora*).

## LES BIOCÉNOSES MARINES DES ÎLES ÉPARSES

Aux unités géomorphologiques peu profondes récapitulées dans le tableau I sont associées des biocénoses dont la distribution varie en fonction de spécificités géomorphologiques et hydrodynamiques propres à chaque île. Cinq grands types de biocénoses ont été caractérisés pour ces îles coralliennes, en ordre d'importance patrimoniale suivante :

- Les biocénoses coralliennes *sensu stricto*, parmi lesquelles les ensembles fronto-récifaux et les zones de pâtés coralliens supportent des peuplements benthiques et ichtyologiques riches et diversifiés notamment au niveau des côtes au Vent, où l'hydrodynamisme favorise la croissance corallienne. Les observations faites *in situ* en plongée sous-marine ont permis de confirmer que le blanchissement corallien de 1998 a affecté les communautés coralliennes proches de la surface de l'ensemble des îles du canal du Mozambique, comme cela a été montré à Mayotte (Chabanet, 2002 ; Quod *et al.*, 2002), à Europa (Quod & Garnier, 2004). Ces biocénoses sont également caractérisées par un niveau important de recouvrement par les communautés végétales, notamment les algues calcifiées du genre *Halimeda* dans les zones subtidales et les voiles à Cyanophycées dans les zones intertidales.

- Les herbiers de phanérogames sont soit monospécifiques et profonds aux Glorieuses (*Thalassodendron ciliatum*), soit plurispécifiques et de petite taille dans la partie interne de l'exutoire du lagon enclavé d'Europa (*Thalassia*, *Halodule*, *Halophila*) et dans le platier interne de l'île du Lys aux Glorieuses (*Halodule*, *Thalassia*, *Cymodocea*, *Halophila*). Le genre *Syringodium* n'a été observé aux Glorieuses qu'en épave flottante. Aucune phanérogame n'a été signalée à Juan de Nova, Bassas da India et Tromelin. Si ce sont d'importantes zones de nutrition d'espèces menacées dans d'autres régions (tortues, dugongs) et de nourriceries, leur présence ne semble pas influencer positivement la présence de celles-ci.

- Les mangroves ne sont représentées qu'à Europa où elles sont bien développées au fond du lagon enclavé où elles fournissent un habitat pour les oiseaux, les tortues, etc. La présence supposée d'une mangrove originelle dans le lagon enclavé de l'île du Lys n'a pas été confirmée.

- Les biocénoses de fonds meubles, qui sont localement à pâtés coralliens épars. En dehors des ces îlots de vie, les fonds sédimentaires se révèlent peu productifs et fréquentés par une faune ichthyologique en recherche de nourriture.

- Des lacs à marée sont présents à Europa et aux Glorieuses (cas de l'île du Lys et petit lac à la Grande Glorieuse), peu étendus et communiquant avec l'océan par un réseau karstique et dans le cas de l'île du Lys par un déversoir.

Du fait de l'abondance des peuplements algaux et plus particulièrement du genre *Halimeda*, les observations conduisent à considérer les récifs des îles Éparses comme algo-coral-liens, confirmant ainsi les travaux précédents de Gabrie (1982) sur les constituants sédimen-taires des Glorieuses, lesquels faisaient état de 45% des bioclastes produits par *Halimeda* et seulement 16% par les Madréporaires.

#### DIVERSITÉ BIOLOGIQUE DES PEUPEMENTS MARINS

La diversité des organismes récifaux a été appréhendée prioritairement pour les coraux, les poissons, les mollusques, mais de manière inégale d'une île à l'autre. Seuls quelques tra-vaux préalables étaient disponibles pour les mollusques et les échinodermes des Glorieuses (Vergonzanne, 1977). Le programme CoSuReCo ayant privilégié de mettre l'accent sur les peuplements ichthyologiques, c'est ce groupe qui soutient l'essentiel du diagnostic.

##### *Les peuplements benthiques*

La faune et la flore des formations récifales des îles Éparses n'ont été que peu étudiées. Le contexte actuel reste celui d'inventaires non exhaustifs tant du point taxinomique que de leur distribution spatiale. À titre d'exemple, dans le cadre de la mission Benthedi de 1977, des données ont été collectées mais peu ont été valorisées (Bartsch, 1981 ; Vergonzanne, 1977 ; Gabrie, 1982).

Dans le cadre du programme CoSuReCo, il n'était pas prévu d'évaluer l'ensemble des groupes animaux et végétaux et le diagnostic écologique a conduit à privilégier les groupes cibles des RAP : coraux, poissons et mollusques. Des données fragmentaires ont toutefois été collectées sur d'autres groupes en vue de constituer ultérieurement une base de données sur la biodiversité.

##### *Coraux bioconstructeurs*

Avec un total de 40 à 90 espèces sur les Glorieuses, Europa et Juan de Nova (appartenant de 26 à 47 genres en fonction des îles), les diversités générique et spécifique restent inférieures à celle des récifs voisins comme au nord-ouest de Madagascar (318 espèces de coraux durs, McKenna & Allen, 2003), au sud-ouest de Madagascar (164 espèces, Fenner *in* Hardings *et al.*, 2006), mais la diversité plus importante des habitats dans ces deux dernières explique cette dif-férence, ainsi qu'un effort d'échantillonnage plus conséquent. À Tromelin, les peuplements de Scléactiniaires ont été étudiés (Bouchon & Faure, 1979) et ont été considérés comme pauvres avec seulement 25 espèces appartenant à 14 genres. L'absence de certains genres largement répandus dans l'Indo-Pacifique (dont *Montipora*) conduit à reconnaître le récif de Tromelin comme caractéristique d'une situation de récif océanique, éloigné des sources larvaires.

Pour les îles du canal, les résultats des missions conduites entre 2002 et 2005 ont permis d'identifier et de collecter un maximum de 90 espèces à Juan de Nova lors de la mission CoSu-ReCo de 2004, 50 genres y ayant été collectés lors d'une autre mission en 2004 (Guillaume & Bruggemann, comm. pers.). Nos résultats, non exhaustifs, restent donc à pondérer par la durée des missions et l'effort d'exploration.

##### *Mollusques*

Le bilan est basé sur des données bibliographiques pour les Glorieuses (Vergonzanne, 1977) et sur des données acquises lors des phases de terrain à Juan de Nova en 2004 (Tableau II). Il n'y a pas de données disponibles pour les autres îles Éparses. Il est difficile de comparer ces

données, les méthodes employées, les techniques de prospection et la durée des missions étant différentes. Par exemple, la forte différence des résultats pour les Néogastéropodes est liée à la méthode de collecte, plus systématique et plus destructrice lors de l'étude des Glorieuses en 1977. Cependant l'estimation de la richesse spécifique à partir des données existantes donne des grandeurs équivalentes (de l'ordre de 300 à 350 espèces). Les différences entre les Glorieuses et Juan de Nova portent sur la relation peuplement/habitat. Sur la base des données collectées, il s'avère que les mollusques constituent un groupe ubiquiste, qui a colonisé tous les étages du milieu marin et tous les types d'habitat. Compte tenu de l'importance du compartiment sédimentaire, il serait nécessaire de réaliser d'autres études en utilisant les mêmes méthodologies et d'élargir l'effort de recherche sur l'ensemble des îles.

TABLEAU II

*État des connaissances sur la faune malacologique*

	Europa Bassas	Juan	Glorieuses	Tromelin	Madagascar (Tulear)	Madagascar (Andavadoaka)	Geyser-Zélée	
RS observée	nd	nd	168	247	nd	137	230	En cours
ARCHAEOGASTÉROPODES	nd	nd	12	10	nd	4	21	En cours
MÉSOGASTÉROPODES	nd	nd	47	55	nd	10	70	En cours
NEOGASTÉROPODES	nd	nd	67	150	nd	103	77	En cours
OPISTHOBANCHES	nd	nd	8	4	nd	nd	15	En cours
LAMELLIBANCHES	nd	nd	34	28	nd	20	47	En cours
Temps d'étude (jours)	nd	nd	9	300	nd	nd	5	10
RS théorique (estimée par courbe d'effort)	nd	nd	350	> 315	nd	nd	500	En cours

### *Peuplements ichthyologiques*

Les résultats obtenus montrent que la richesse spécifique observée est la plus importante aux Glorieuses puisque près de 17% d'espèces supplémentaires ont été comptabilisées par rapport à Geysers-Zélée (2002) et Juan de Nova (2004). (Tableau III). Une analyse complémentaire, permettant de comparer des richesses spécifiques obtenues par différentes méthodes d'échantillonnage, a été effectuée. Certains auteurs (Werner & Allen, 1998 ; Allen & Werner, 2002) recommandent en effet l'utilisation d'un indice de diversité (CFDI : Coral Fish Diversity Index) calculé à partir des 6 familles les plus identifiables à l'observation visuelle : *Chaetodontidae*, *Pomacanthidae*, *Pomacentridae*, *Labridae*, *Scaridae* et *Acanthuridae*. Ce calcul est fonction de la taille des récifs échantillonnés. Si la zone fait moins de 2 000 km<sup>2</sup> (cas des îles Éparses), la formule est la suivante : richesse spécifique théorique RS = 3,39 CFDI – 20,595 et, si la zone fait plus de 50 000 km<sup>2</sup> (cas de Madagascar), la formule est : RS = 4,234 CFDI – 114,446. Cette approche a été appliquée aux peuplements des îles Éparses étudiées (Glorieuses et Juan de Nova). Ainsi la différence des richesses spécifiques théoriques paraît moins évidente entre les îles étudiées, avec un possible gradient positif vers le nord du canal du Mozambique. L'étude des familles les mieux représentées montre également une certaine homogénéité du nombre d'espèces par famille entre les îles. La comparaison avec d'autres sites de la zone montre qu'il existe une certaine similitude avec le nombre d'espèces comptabilisées au sud de Madagascar, dans la région d'Andavadoaka, aussi bien en richesse spécifique observée que théorique. Mayotte présente une richesse spécifique beaucoup plus importante. Ceci provient, d'une part d'un échantillonnage rassemblant plus de 15 ans de compilations scientifiques et, d'autre part, de l'étendue et de la diversité des biotopes présents autour de l'île de Mayotte. L'analyse des données relatives aux îles Éparses montre des richesses spécifiques relativement élevées par rapport à la taille de ces récifs et de leur position géographique, résultat qui va à l'encontre de l'idée communément admise que la richesse spécifique décroît avec la taille des îles et leur isolement (Hourigan & Reese, 1987 ; Randall, 1998). De plus, le statut de protection des îles Éparses et la faible pression de pêche exercée sur les peuplements

TABLEAU III

État des connaissances sur la faune ichthyologique

	Europa	Bassas	Juan	Glorieuses	Tromelin	Madagascar	Geyser-Zélée	Mayotte
RS observée	nd	nd	299	347	nd	334	294	510
RS théorique	nd	nd	423	468	nd	448	433	545
Chaetodontidae	nd	nd	18	17	nd	21	20	22
Pomacanthidae	nd	nd	8	7	nd	7	6	9
Pomacentridae	nd	nd	28	36	nd	31	34	41
Labridae	nd	nd	41	46	nd	36	38	52
Scaridae	nd	nd	12	14	nd	16	14	16
Acanthuridae	nd	nd	24	24	nd	22	22	27

ichthyologiques favorisent leur biomasse, tout particulièrement à l'intérieur des familles carnivores (*Carcharinidae*, *Serranidae*, *Lethrinidae*, *Lutjanidae*, etc.), cibles principales de la pêche. Les Glorieuses semblent avoir une richesse spécifique élevée qui pourrait, outre le statut de protection, s'expliquer par une position privilégiée du point de vue biogéographique et courantologique. Ce constat n'a pu être corroboré pour les autres groupes cibles (coraux et mollusques) faute de données suffisantes. L'homogénéité des richesses spécifiques dans tout ce secteur laisse à penser qu'il pourrait y avoir, en plus d'un recrutement local certain, un recrutement régional favorisé par le contexte hydrodynamique du Nord du canal du Mozambique où des courants tourbillonnants et des remontées d'upwelling ont été décrits.

#### SURVEILLANCE DE L'ÉTAT DE SANTÉ DES RÉCIFS

Des stations sentinelles ont été installées en contribution au réseau mondial de surveillance de l'état de santé des récifs coralliens, destiné à fournir des informations sur les tendances évolutives des récifs de la planète. Un total de 11 stations a été établi durant la période 2002-2004 et les taux de recouvrement en corail vivant bioconstructeur (Scléactiniaires) sur les pentes externes apparaissent globalement faibles à moyens (Tableau IV).

En l'absence de données de référence, seuls les travaux de Vergonzanne menés aux Glorieuses permettent de préciser que déjà en 1977, plus de 90 % des coraux des récifs sous le Vent étaient morts mais que les peuplements localisés sur la côte au Vent s'avéraient plus riches et plus diversifiés (30 % de recouvrement corallien). Selon Delépine *et al.* (1977), la faune et la flore marines d'Europa présentaient également déjà un appauvrissement certain en 1968 et une absence de peuplements coralliens florissants. C'est un constat similaire, mais plus nuancé, qui a été établi pour les récifs explorés entre 2002 et 2004.

L'analyse de la structure des peuplements indique que la proportion d'*Acroporidae* est très faible sur l'ensemble des îles (< 5 % de couverture). A l'inverse les peuplements d'Alcyonaires apparaissent très abondants (> 20 % de couverture), hormis sur Juan de Nova où les *Pocilloporidae* et les Scléactiniaires de formes massive ou encroûtante restent dominants (18 % de couverture). Ces résultats confirment l'existence de conditions de milieu contraignantes liées au contexte sédimentaire et à des facteurs hydrodynamiques marqués.

Nos observations aboutissent effectivement à reconnaître un contexte de potentialités réduites de colonisation des substrats durs des récifs les plus proches de la surface par les larves coralliennes, du fait le plus probable de l'extension des peuplements algaux et d'une forte influence de la sédimentation particulière. Seules les zones situées au Vent, ou plus profondes, ou à distance des platiers, connaissent ainsi des niveaux de recouvrement corallien satisfaisants. Par ailleurs, le phénomène de blanchissement massif observé en 1998 dans le sud-ouest de l'océan Indien et les fortes diminutions de la couverture corallienne qui en ont découlé sur cette zone (– 90 % à Mayotte), a probablement accentué ces observations.

TABLEAU IV

## État des connaissances sur les Coraux

(a) Diversité des peuplements coralliens (d'après la base de données de biodiversité 2002-2005)

	Europa (2002)	Bassas	Juan (2004)	Glorieuses (2002)	Tromelin (1979)
Nb total de genres (coraux durs + coraux mous):	26 (21 + 5)	nd	47 (40 + 7)	26 (21 + 5)	14 (14 + 0)
Nb espèces de coraux mous :	5	nd	10	26	0
Nb d'espèces de coraux durs, dont :	41	nd	90	40	25
ACROPORIDAE	10	nd	22	9	3
POCILLOPORIDAE	5	nd	7	4	5
AUTRES	26	nd	61	27	17

(b) Taux de recouvrement en corail vivant (moyenne de toutes les stations de pente externe\*) (d'après GCRMN et RCheck)

	Europa (2002)	Bassas	Juan (2004)	Glorieuses (2002)	Tromelin (1979)
Recouvrement total :	59,0	nd	30,1 ± 22,8	27,0 ± 7,1	nd
Recouvrement en coraux mous :	22,6	nd	5,2 ± 4,6	nd	nd
Recouvrement en coraux durs :	36,4	nd	24,9 ± 18,0	nd	nd
ACROPORIDAE		nd	1,8 ± 1,8	4,8 ± 1,1 22,2 ± 7,8	nd
POCILLOPORIDAE + AUTRES		nd	23,1 ± 16,4	(Pocilloporidae + Autres + Coraux mous)	nd

\* Europa : 1 station ; Juan de Nova : 5 stations ; Glorieuses : 3 stations

## LES PRESSIONS EXERCÉES SUR LES MILIEUX NATURELS

Ces écosystèmes marins et littoraux sont relativement bien préservés de la surexploitation de leurs ressources halieutiques du fait (i) de leur statut de réserves naturelles et de la présence militaire et (ii) de la faible population humaine résidente. Ils sont toutefois concernés par les conséquences du réchauffement global (blanchissement corallien) et menacés par les risques de déversements d'hydrocarbures.

A l'exception de Tromelin, les îles Éparses sont toutes situées dans le canal du Mozambique, à proximité d'une autoroute de navigation empruntée par plusieurs centaines de pétroliers chaque année, mais les signalements de déversements sur les plages des îles Éparses restent peu documentés.

Les récifs coralliens des îles du canal du Mozambique ont subi un réchauffement important des eaux en 1998, lequel s'est traduit, comme pour les récifs des pays voisins, par un blanchissement corallien et une mortalité plus ou moins élevée selon les sites (Quod & Bigot, 2000). Les stigmates de cet épisode majeur ont été observés à Europa, notamment la présence de nombreuses colonies d'Acropores mortes encore sur pied. *Acanthaster planci*, l'étoile de mer prédatrice du corail, a été observée dans chacune des îles explorées et une prolifération a pu être notée sur Europa en 2002.

## LES RÉPONSES

De par le statut de réserve naturelle, des moyens de surveillance sont déployés à terre comme en mer pour assurer l'absence de braconnage des ressources naturelles. Le maintien d'un faible niveau d'anthropisation et la gestion raisonnée des déchets contribuent également à maintenir l'état naturel des milieux marins et terrestres.

Sur un plan plus global, l'intérêt de proposer les îles Éparses à l'inscription au Patrimoine Mondial de l'Humanité (UNESCO) a été souligné lors de la déclaration de Hanoï de mars

2002 et constitue une reconnaissance de leur valeur au plan éco-régional. Des démarches sont également entreprises au niveau national pour faire reconnaître la « valeur universelle exceptionnelle » des îles Éparses.

En matière de connaissances et de suivi des milieux naturels, le Conseil scientifique des îles Éparses a, en 2002, identifié plusieurs domaines de concentration dont les tortues, les oiseaux marins, les milieux coralliens et la flore terrestre. La synthèse des connaissances acquises reste à effectuer et devrait permettre d'élaborer un diagnostic environnemental pertinent et une aide à la décision pour la gestion et la conservation des sanctuaires.

## SYNTHÈSE

Les îles Éparses ont été reconnues d'intérêt majeur pour les oiseaux marins et les tortues marines par de nombreuses instances nationales et internationales et sont proposées pour une inscription au Patrimoine Mondial de l'Humanité. Dans le contexte éco-régional de création d'un réseau d'aires protégées marines, les récifs coralliens et écosystèmes associés des îles Éparses constituent des observatoires légitimes de l'environnement et des zones sanctuaires de premier ordre. Les expertises environnementales conduites entre 2002 et 2005 conduisent à améliorer significativement les connaissances sur les récifs coralliens des îles Éparses, à savoir :

- Leurs écosystèmes coralliens sont tous assimilables au type atoll ou banc récifal, certains d'entre eux étant surélevés au sens de la classification établie par Andrefouet *et al.* (2005). La géomorphologie des récifs actuels est en grande partie directement liée à l'histoire géologique. De manière globale et sous réserve de mouvements localisés de subsidence, ces îles coralliennes sont à considérer comme des vestiges d'anciens récifs, lesquels ont été localisés à une courte période ancienne à 3 m au dessus du niveau marin actuel (Battistini & Cremers, 1972 ; Stoddart, 1967).

- Du point de vue spatial et d'une manière globale, les zones de biodiversité et de richesse maximales sont situées là où s'appliquent les effets directs de la courantologie locale dominante (les aires fronto-récifales). Les substrats durs situés sous le couvert de l'île sont eux sous influence sédimentaire marquée, peu propice au développement des Scléactiniaires. Les algues jouent un rôle majeur dans la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques, notamment les *Halimeda*. Les faciès à *Halimeda* constituent des milieux originaux dans le contexte des îles de l'océan Indien et sont bien représentés aux Glorieuses et à Juan de Nova.

- Du point de vue de la diversité biologique, les peuplements étudiés (poissons, coraux, mollusques) sont ubiquistes de la province Indo-Pacifique et la richesse spécifique par île est fonction de la diversité des biotopes présents. L'abondance de certains peuplements, comme les poissons ichtyophages de grande taille (Durville *et al.*, 2003 ; Chabanet & Durville, 2006), milite en faveur de l'« effet réserve » et d'une potentialité de ces écosystèmes protégés à assurer une source de larves pour les récifs des régions voisines, même si la taille des récifs des îles Éparses est un facteur limitant à une exportation massive de larves.

- Du point de vue de la vulnérabilité des écosystèmes naturels de ces îles, la menace majeure qui pèse est celle du réchauffement global car il a été montré que le canal du Mozambique était une zone propice à l'augmentation des températures de l'eau de mer, les masses d'eaux chaudes se déplaçant du sud vers le nord du canal entre janvier et avril. Les risques inhérents aux déversements d'hydrocarbures restent également à considérer pour les biocénoses des zones supra et intertidales.

Les résultats de nos recherches appliquées sur l'environnement corallien des îles Éparses, replacés dans le contexte des programmes menés sur les autres récifs français de la région (Réunion, Mayotte, Geyser-Zélée) conduisent à soutenir l'idée que la création d'une Réserve Naturelle s'y justifie pleinement. Plusieurs enjeux patrimoniaux y ont été identifiés à l'échelle de la sous-région du Sud-Ouest de l'océan Indien : richesse des espèces terrestres et marines, sanctuaires pour les tortues et les oiseaux marins, endémisme, particularités géomorphologiques, sanctuaires pour la faune marine, etc.

Par ailleurs, des projets d'ouverture à l'écotourisme ont été étudiés (Troadec, 1996), lesquels pourraient également s'intégrer dans une stratégie raisonnée de gestion de ces milieux naturels et contribuer ainsi à l'acquisition de connaissances supplémentaires s'ils ont une dimension scientifique suffisante.

Du point de vue scientifique, la situation privilégiée des îles Éparses en fait naturellement des observatoires de l'environnement dans des domaines-clés comme la biodiversité des espèces marines, la connectivité, le réchauffement climatique. Ces thèmes sont susceptibles de constituer les lignes directrices d'un programme pluri-annuel.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises) pour leur soutien dans la réalisation de cette synthèse qui est une contribution au plan d'action IFRECOR. Le programme CoSuReCo a été soutenu de 2002 à 2004 par le FIDOM via la Diren-Réunion et des apports en nature des organismes scientifiques et des partenaires privés (ARVAM, ECOMAR, IRD, Aquarium de la Réunion, Auracea/Daniel Jouvence, TecTec Productions). Les autorisations de séjour sur les îles nous ont été accordées par le Préfet de la Réunion et les transports ont été rendus possibles grâce au concours des FAZSOI (Forces Armées de la Zone Sud de l'Océan Indien) et du voilier TURQUOISE. Les photographies prises depuis l'ISS (International Space Station), particulièrement utiles, nous ont été gracieusement mises à disposition par la NASA (J. Robinson et L. Upchurch, S. Andre Fouet).

## RÉFÉRENCES

- AHAMADA, S., BIJOUX, J., BIGOT, L., CAUVIN, B., KOONJUL, M., MAHARAVO, J., MEUNIER, S., MOYNE-PICARD, M., QUOD, J.P. & PIERRE-LOUIS, R. (2004). — Status of the coral reefs of the South-West Indian ocean island states. Pp. 189-211, in: C. Wilkinson (ed.), *Status of coral reefs of the world*. GCRMN, AIMS, Townsville, Australie.
- AIELLO, R.L. (1996). — *Successes and failures of global reef management*. Reef Tourism 2005, Cairns.
- ALLEN, G.R. & WERNER, T.B. (2002). — Coral Reef fish assessment in the coral triangle of southeastern Asia. *Env. Biol. Fish.*, 65: 209-214.
- ANDREFOUET, S., KRAMER, P., TORRES-PULLIZA, D., JOYCE, K.E., HOCHBERG, E.J., GARCA-PEREZ, R., MUMBY, P.J., RIEGL, B., YAMANO, H., WHITE, W.H., ZUBIA, M., BROCK, J.C., PHINN, S.R., NASEER, A., HATCHER, B.G. & MULLER-KARGER, F.E. (2003). — Multi-sites evaluation of IKONOS data for classification of tropical coral reef environments. *Remote Sensing of Environment*, 88:128-143.
- ANDREFOUET, S., CHAUVIN, C., SPREGGINS, S., TORRES-PULLIZA, D., KRANENBURG, C. (2005). — *Atlas des récifs coralliens de Polynésie Française*. Centre IRD de Nouméa.
- ANDREFOUET, S. & TORRES-PULLIZA, D. (2004). — *Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie*. IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa.
- BARTSCH, I. (1981). — Halacaridae (Acari) aus dem Kanal von Moçambique. *Cah. Biol. Mar.*, 22: 35-63.
- BATTISTINI, R. (1966). — La morphologie de l'île d'Europa. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 16: 7-18.
- BATTISTINI, R. & CREMERS, G. (1972). — Geomorphology and vegetation of Iles Glorieuses. *Atoll Res. Bull.*, 159: 53-61.
- BOUCHON, C. & FAURE, G. (1979). — Aperçu sur les peuplements à base de Scléactiniaires du récif de Tromelin (océan Indien). *Cah. Indo-Pacif.* 1: 25-37.
- CHABANET, P. (2002). — Coral reef fish communities of Mayotte (Western Indian Ocean) two years after the bleaching event. *Mar. Fresh. Res.*, 53: 107-113.
- CONAND, C., CHABANET, P., QUOD, J.P. & BIGOT, L. (1998). — *Manuel méthodologique pour le suivi de l'état de santé des récifs coralliens du sud-ouest de l'océan Indien*. Commission de l'océan Indien.
- CONNELL, J.H. (1978). — Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.
- DAUTZENBERG, P. (1895). — Liste des mollusques marins provenant des Iles Glorieuses. *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest France*, 1895: 99-121.
- DELÉPINE, R., MAUGE, L.A. & PADOVANI, G. (1977). — *Observations écologiques et climatologiques dans les îles Europa, Glorieuses et Tromelin*. Biologie marine et exploitation des ressources de l'océan Indien occidental, Saint Denis, la Réunion.
- DERIARD, R. (1966). — Note préliminaire sur les Crustacés Stomatopodes et Décapodes récoltés à l'île d'Europa du 6 au 24 avril 1964. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 16: 159-180.
- DURVILLE, P. & CHABANET, P. (2006). — Reef fish inventory of Juan de Nova's natural park (Western Indian Ocean). *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 4: 145-162
- DURVILLE, P., CHABANET, P. & QUOD, J.P. (2003). — Visual census of the reef fishes in the natural reserve of the Glorieuses Islands (Western Indian Ocean). *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 2: 95-104.
- FOURMANOIR, P. (1952). — Observations sur la faune marine et la pêche à l'île Europa. *Mém. Inst. Scient. Madag.*, 7: 167-188.

- GABRIE, C. (1982). — *Sédimentologie de quelques récifs coralliens frangeants de la mer Rouge et de l'océan Indien occidental. Traitement mathématique des données*. Thèse de Doctorat, Université d'Aix Marseille II.
- GABRIE, C. (1998). — *L'état des récifs coralliens en France Outre-Mer*. Rapport IFRECOR, Ministère de l'Aménagement du Territoire et Secrétariat d'Etat à l'Outre-Mer, Paris.
- GRAVIER-BONNET, N. & BOURMAUD, C. (2006a). — Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) of coral reefs: preliminary results on community structure, species distribution and reproductive biology in Juan de Nova Island (Southwest Indian Ocean). *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 5: 123-132.
- GRAVIER-BONNET, N. & BOURMAUD, C. (2006b). — Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) of coral reefs: preliminary results on community structure, species distribution and reproductive biology in the Îles Glorieuses (Southwest Indian Ocean). *Proc. 10th ICRS, Okinawa, Japan*: 188-196.
- HARDINGS, S., RANDRIAMANANTSOA, B., HARDY, T. & CURD, A. (2006). — *Coral Reef Monitoring and Biodiversity Assessment to support the planning of a proposed MPA at Andavadoaka*. Report WCS-Bleu Ventures.
- HOURIGAN, T.F. & REESE, E.F. (1987). — Mid-ocean isolation and evolution of Hawaiian reef fishes. *TREE*, 2: 187-195.
- LE CORRE, M. & JOUVENTIN, P. (1997). — Ecological significance and conservation priorities of Europa island (western Indian ocean), with special reference to seabirds. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 52: 205-220.
- LE CORRE, M. & SAFFORD, R.J. (2001). La Réunion and Îles Éparses. Pp. 693-702, in: L. Fishpool & M. Evans (eds), *Important birds areas in Africa and associated islands. Priority sites for conservation*. Birdlife Conservation Series 11.
- LEGENDRE, R. (1966). — Mission scientifique à l'île d'Europa. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 16: 7-17.
- MALICK, M. (1976). — Notes sur les îles françaises de l'océan Indien. *Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M.*, 47: 75-80.
- MC KENNA, S.A. & ALLEN, G.R. (2003). — *A Rapid Marine Biodiversity Assessment of Northwest Madagascar*. Bulletin of the Rapid Assessment Program 31, Conservation International, Washington DC.
- NAIM, O. & QUOD, J.P. (1999). — The coral reefs of French Indian Ocean Territories (FIOT). *Reef Encounter*, 26: 33-36.
- PICHON, M. (1995). — Coral reef ecosystems. Pp. 425-443, in: *Encyclopedia of environmental biology*. Academic Press, London.
- POLUNIN, V.C. & GRAHAM, N. (2003). — *Review of the impact of fishing on coral reef fish populations*. Western Pacific Regional Fishery Management Council.
- QUOD, J.P. & BIGOT, L. (2000). — Coral bleaching in the Indian ocean islands: ecological consequences and recovery in Madagascar, Comoros, Mayotte and Réunion. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean, status report 2000*: 108-113.
- QUOD, J.P., DAHALANI, Y., BIGOT, L., NICET, J.B., AHAMADA, S. & MAHARAVO, J. (2002). — Status of coral reefs at Réunion, Mayotte and Madagascar. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean, status report 2002*: 185-189.
- QUOD, J.P. & GARNIER, R. (2004). — A preliminary assessment of the coral reefs of Europa (Mozambic channel). *Reef Encounter*, 32: 23-25.
- RANDALL, J.E. (1998). — Zoogeography of shore fishes of the Indo-Pacific region. *Zool. Stud.*, 37: 227-268.
- RAY, C.G. (1988). — Ecological diversity in coastal zones and oceans. In: E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. National Academic Press, Washington DC.
- ROBINSON, J.A., FELDMAN, G.C., KURING, N., FRANZ, B., GREEN, E., NOORDELOOS, M. & STUMP, R.P. (2000). — Data fusion in coral reef mapping: working at multiple scales with SeaWiFS and astronaut photography. *Proc. 6<sup>th</sup> conference on remote sensing for marine and coastal environments*, 2: 473-483.
- SALVAT, B. & RIVES, C. (2003). — *Le corail et les récifs coralliens*. Découverte Nature, Ouest-France, Rennes.
- STODDART, D.R. (1967). — Summary of coral islands north Madagascar (excluding Aldabra). *Atoll Res. Bull.*, 118: 53-61.
- TEN-HAGE, L., DELAUNAY, N., PICHON, V., COUTÉ, A., PUISEUX-DAO, S. & TURQUET, J. (2000). — Okadaic acid production from the marine benthic dinoflagellate *Prorocentrum arenarium* Faust (Dinophyceae) isolated from Europa Island coral reef ecosystem (SW Indian Ocean). *Toxicon*, 38: 1043-1054.
- TROADEC, R. (1996). — *Compte rendu de mission aux Glorieuses. 13-14-15 mai 1996. Avis d'expertise sur une sensibilité du milieu littoral à une ouverture au tourisme*.
- VERGONZANNE, G. (1977). — *Etude sur les Mollusques et les Echinodermes récifaux des Îles Glorieuses (Nord-Ouest de Madagascar)*. Thèse Université de Bretagne, Brest.
- VERON, J.E.N. (2000). — *Corals of the World*. Volumes 1-3. AIMS, Townsville.
- WERNER, T.B. & ALLEN, G.R. (1998). — *A rapid biodiversity assessment of the coral reefs of Milne Bay Province, Papua, New Guinea*. RAP Working Papers 11, Conservation International, Washington, DC.
- WILKINSON, C. (ed.) (2002). — *Status of coral reefs of the world*. GCRMN, AIMS, Townsville, Australie.
- WILLIAMS, I.D. & POLUNIN, V.C. (2000). — Differences between protected and unprotected reefs of the western Caribbean in attributes preferred by dive tourists. *Env. Conserv.*, 27: 382-391.