

Contribution à l'étude biogéomorphologique d'un archipel d'origine volcanique : une synthèse sur le complexe récifal d'Abrolhos (Bahia, Brésil)

Zelinda M.A.N. LEÃO, Jérôme FOURNIER

Le complexe récifal d'Abrolhos est le plus vaste et le plus riche récif corallien du Brésil et de l'Atlantique Sud (Castro et Pires, 2001 ; Leão et Dominguez, 2000). Cet archipel récifal d'origine volcanique est unique par de nombreux aspects. Certaines caractéristiques propres à ce récif, notamment les formes de croissance des pinacles, la faune bioconstructrice et la nature des dépôts sédimentaires, diffèrent très sensiblement des récifs coralliens des Caraïbes (Leão et Kikuchi, 2001). Les récifs d'Abrolhos possèdent néanmoins des caractéristiques communes avec les récifs plus septentrionaux de l'Atlantique. Cette dualité (nombreuses différences et similitudes par ailleurs) donne un bref aperçu de la diversité des récifs coralliens de l'Atlantique et permet de relativiser cette dernière par rapport aux récifs des océans Indien et Pacifique. Les « chapeirões », pinacles caractéristiques en forme de champignon, sont construits par une faune particulièrement riche en espèces endémiques qui se développent dans un environnement sédimentaire

et hydrologique en apparence peu favorable (Dodge *et al.*, 1974).

L'archipel d'Abrolhos est protégé par un parc national marin depuis 1983, le premier mis en place au Brésil (Secchin, 1986). Cet archipel volcanique constitue un site géobiologique de tout premier ordre en raison des caractéristiques des dépôts sédimentaires. Ces derniers sont composés d'une association de sédiments carbonatés et siliclastiques soumise à une interaction dynamique qui détermine la coexistence du système récifal avec une active sédimentation terrigène.

Les premiers travaux concernant les récifs coralliens d'Abrolhos datent du XIX^e siècle. Ils proviennent des excursions pionnières faites au Brésil par de célèbres naturalistes. Parmi eux, on trouve les comptes-rendus de Charles Darwin (Darwin, 1878) et l'ouvrage de Charles F. Hartt (1870) à la suite de l'expédition *Thayer* (1865) dirigée par Louis de Agassiz (Ab'Saber, 1977). Cet ouvrage

offre une description détaillée de la zonation corallienne des récifs d'Abrolhos et utilise pour la première fois le nom local de « *chapeirão* » pour décrire la forme des pinacles coralliens. Les coraux, collectés par Hartt lors de ses expéditions, furent décrits par Verrill en 1868. Dans les années 1960, le biologiste français Jacques Laborel publia plusieurs articles sur la biologie des coraux brésiliens et produisit une liste très complète des principaux organismes récifaux de l'ensemble des côtes du Brésil dont ceux d'Abrolhos (Laborel, 1969a, 1969b). Le nombre des travaux réalisés à propos des récifs brésiliens a considérablement augmenté ces dernières années. Un effort plus particulier a porté sur la cartographie des récifs et sur l'acquisition de données variées sur les communautés récifales. Plusieurs travaux ont porté sur les aspects géologiques des récifs (Leão, 1982 ; Leão et Ginsburg, 1997 ; Leão *et al.*, 1988). Récemment, plusieurs groupes taxonomiques de l'écosystème d'Abrolhos ont été décrits, notamment les coraux et hydrocoralliaires par Amaral (1994), Belém *et al.* (1982, 1986), Castro (1994) et Pitombo *et al.* (1988), les octocoralliaires par Castro (1989, 1990), les poissons récifaux par Nunam (1979) et Telles (1998), les mollusques par Petuch (1979), et la flore marine par Amado-Filho *et al.* (1997a, 1997b, 1997c), Coutinho *et al.* (1993), Creed et Amado Filho (1999) et Figueiredo (1997a, 1997b).

I. Présentation géographique de l'archipel d'Abrolhos

Le complexe récifal d'Abrolhos est constitué d'un groupe d'îles volcaniques, de récifs

coralliens et de hauts-fonds sableux entaillés par de nombreuses passes (fig. 1). L'ensemble occupe une surface de près de 6 000 km² et se situe sur la partie septentrionale de la plateforme d'Abrolhos (17°20'-18°10'S et 38°35'-39°20'W). L'Abrolhos Bank est une extension de la partie méridionale de la plate-forme continentale brésilienne. La largeur de l'Abrolhos Bank possède une extension moyenne d'environ 50 km. Ce n'est que dans la région de Caravelas que la plate-forme s'étend sur près de 200 km de largeur. Tout autour des récifs d'Abrolhos, la plate-forme est peu profonde. Les fonds n'excèdent pas 30 m et le bord du talus apparaît dès 70 m. Les profondeurs entre les récifs et le rivage sont inférieures à 15 m. Un chenal plus profond – entre 20 et 30 m – (le chenal d'Abrolhos) sépare les récifs côtiers de l'archipel des récifs externes. Des hauts-fonds sableux et des pinacles coralliens isolés s'étendent tout autour des récifs et des îles. Les fleuves côtiers, qui fournissent la plus grande partie du matériel sédimentaire, sont barrés, à leur embouchure, par des bancs de sables et des flèches sableuses construites par la dérive littorale Nord-Sud.

Bien qu'il n'existe pas actuellement d'activités volcaniques, le Brésil a connu des événements volcaniques d'une grande intensité de la fin du Mésozoïque au début du Tertiaire. Les événements les plus récents sont responsables de la formation de plusieurs îles de l'Atlantique brésilien comme les îles Fernando de Noronha, Trindade, Rochedos São Pedro et São Paulo, et enfin, l'archipel d'Abrolhos (Leinz et Amaral, 1987) (fig. 2). Cordani (1970) a déterminé précisément les âges des roches qui composent ces îles. Celles de Fernando de Noronha datent de 11,8 à 1,7 Ma. Les phases volcani-

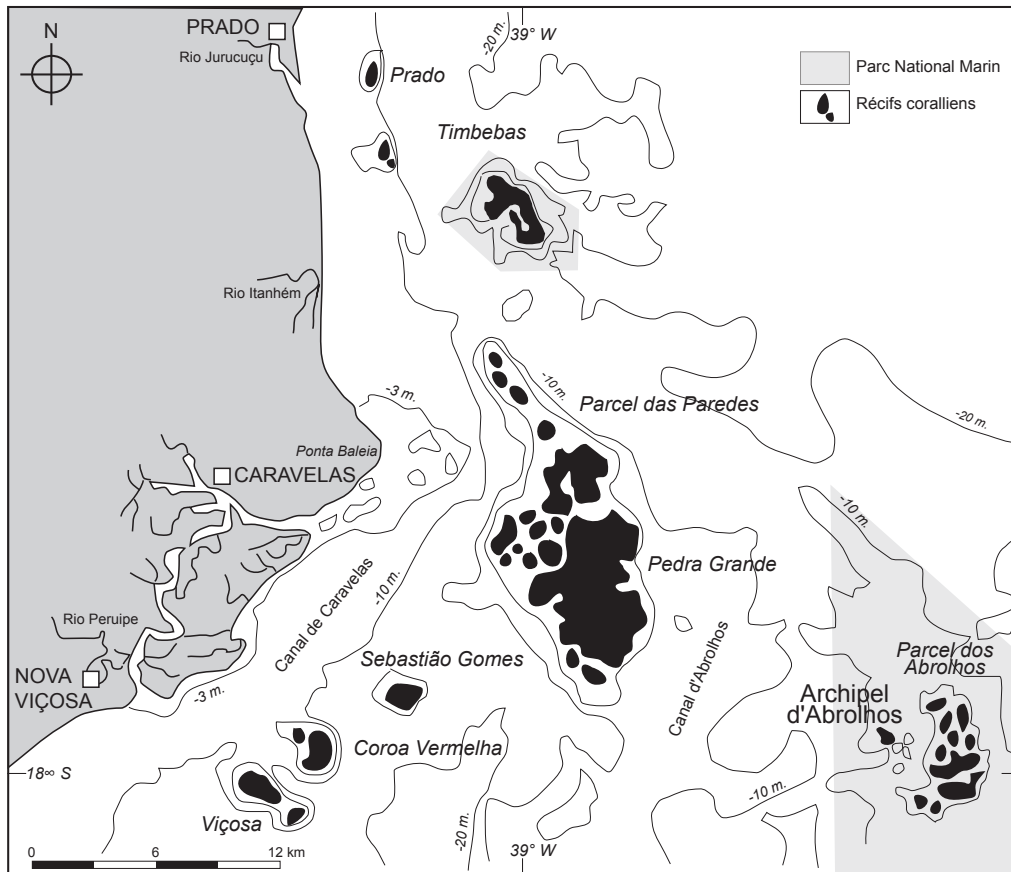


Fig. 1. Localisation de l'archipel d'Abrolhos.

ques de l'île de Trindade sont plus récentes et s'étendent de 3,3 Ma jusqu'au Pléistocène. Les basaltes d'Abrolhos, plus anciens, datent de l'Éocène. Ces îles sont principalement composées de roches dérivées d'un magma basaltico-alkalin. Presque toutes les parties externes des appareils volcaniques ont été érodées et il ne reste généralement que des tufs contenant bombes et lapilli, recouverts par de la lave. Les roches présentent un diaclasage prismatique, en colonnes, bien développé. Cette masse de tufs et de basaltes est fréquemment dominée par de nombreux dykes circulaires et des cheminées qui sont

encore visibles actuellement, car dégagée des roches sédimentaires encaissantes par l'érosion différentielle. Le pic de Fernando de Noronha, qui donne un aspect caractéristique à l'île, est un culot phonolithique. À l'exception du point chaud d'Abrolhos, qui se situe sur la plate-forme continentale, ces îles sont liées aux zones de cisaillement de la dorsale médio-Atlantique.

Les îles d'Abrolhos forment l'affleurement d'un ensemble structural nommé *Santa Bárbara High* par Asmus et Porto (1972), et, d'après Fisher *et al.* (1974) et Ponte et

Asmus (1976). La morphologie de la côte est issue des différentes variations du niveau marin. La phase transgressive suivie d'une régression, responsable de la morphologie côtière actuelle, semble être la conséquence d'une petite oscillation de la séquence de régression marine définie par Chang *et al.* (1991) qui ont caractérisé cet événement pour l'ensemble du bassin marginal brésilien. Le basalte, aux formes variées – sills et dykes –, provient d'un événement volcanique intrusif tertiaire (40-52 Ma) (Cordani, 1970) qui serait responsable de la forma-

tion de l'Abrolhos Bank. Toutes ces intrusions basaltiques et alcalines qui traversent le bassin marginal brésilien sont en relation avec le volcanisme du bassin du Paraná – formation de la Serra Geral –, ou celui de la marge orientale de ce bassin cratonique (Asmus et Guazelli, 1981) (**photos 1 et 2**).

L'archipel d'Abrolhos est formé de cinq îles (**fig. 3**). Santa Bárbara, la plus étendue, est longue d'environ 1 km (W-E), large de 300 m et s'élève en altitude à 35 m. Les côtes nord et sud abritent des plages de sables et de cailloutis mélangés à des débris

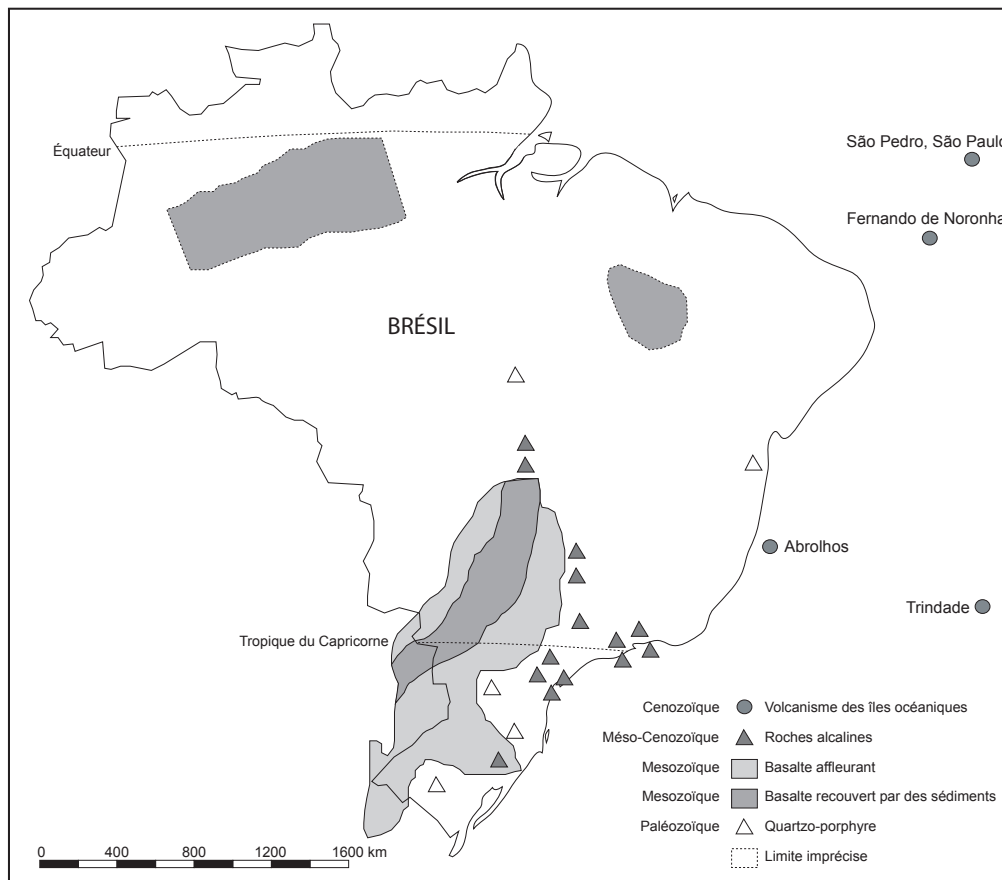


Fig. 2. Formations volcaniques du Brésil (modifié d'après Leinz et Amaral, 1987).



Photo 1. Falaises de basalte de l'île Siriba présentant un diaclasage prismatique, en colonnes, bien développé.



Photo 2. Platier rocheux intertidal de basalte (Île de Siriba).

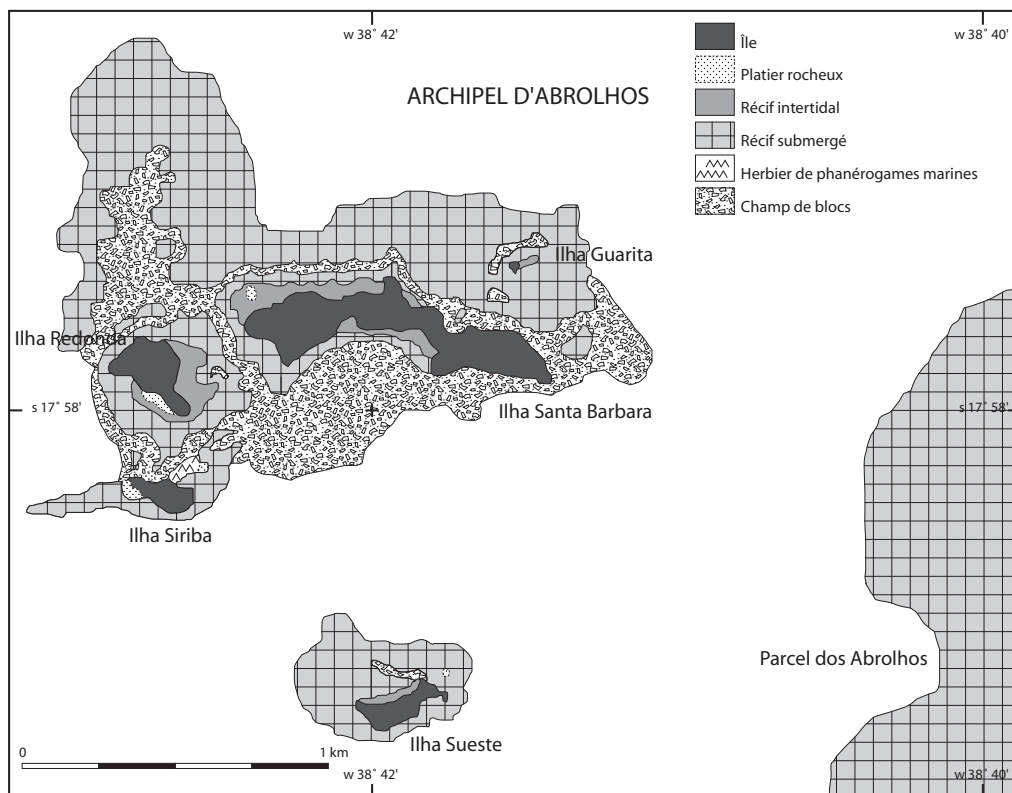


Fig. 3. Carte physiographique de l'Archipel d'Abrolhos.

carbonatés, de quartz et des fragments de roche volcanique. Les récifs frangeants se sont développés à l'extrémité ouest et vers la côte sud de l'île, soit les 2/3 du littoral. Toute la côte nord est caractérisée par la présence de communautés récifales croissantes sur les blocs de basalte (Leão et Lima, 1982) (photos 3 et 4).

L'île de Redonda, située à l'ouest de Santa Bárbara, est haute de 36 m et large de 400 m. Le récif frangeant, qui s'observe sur la côte sud-est, est composé d'une communauté d'organismes récifaux identique à celle de la côte nord de Santa Bárbara. Plus au sud, séparée par un étroit chenal, l'île de Siriba

est longue de 300 m (W-E), large de 100 m et haute de 16 m. L'île la plus méridionale de l'archipel est l'île Sueste, qui mesure près de 500 m de longueur, 200 m de largeur et d'une altitude maximum de 15 m. Les communautés récifales s'établissent sur l'ensemble des versants sous-marins (photos 5 et 6). Les îles Siriba et Sueste ne possèdent pas de vrais récifs frangeants mais de nombreux pinacles coralliens épars. Ces pinacles peuvent atteindre 15 m de haut sur des fonds qui peuvent en atteindre près de 20 m au niveau du chenal qui sépare ces îles. L'îlot de Guarita, situé à 250 m au nord de Santa Bárbara, est large de 100 m et culmine à 13 m d'altitude.



Photo 3. Vue prise de l'île de Siriba avec, en arrière-plan, l'île Santa Barbara. Falaises de basalte et platier intertidal.



Photo 4. Vue de la partie orientale de l'île Santa Barbara et des falaises composées de roches sédimentaires postérieures aux basaltes éocènes d'Abrolhos.



Photo 5. Vue du sommet des falaises de l'île de Siriba et des platiers intertidaux.



Photo 6. Falaises de basalte et platier intertidal du secteur sud de l'île de Siriba.

II. L'environnement physique du complexe récifal

1. Climatologie et océanographie physique

La bande côtière de l'État de Bahia est soumise à un climat tropical humide. La température moyenne de l'air varie de 24°C en hiver (juillet) à 27°C en été (mars). Les précipitations moyennes annuelles de la côte proche d'Abrolhos atteignent près de 1 750 mm. Mars, avril et mai sont les mois les plus pluvieux et concentrent près de 35 % des précipitations annuelles soit 612 mm (Nimer, 1989). L'archipel d'Abrolhos est localisé au sud de la zone des alizés. Ce système de vents a deux directions principales : nord-est et est pendant le printemps et l'été (d'octobre à mars) et sud-est pendant l'automne et l'hiver (avril à septembre). Ce système est la résultante de la migration vers le nord de la cellule de l'anticyclone Sud-Atlantique pendant l'été et vers le sud pendant l'hiver (Nimer, 1989).

La température moyenne mensuelle de la surface de la mer (TSM) varie de 24,5°C en août à 27,5°C en mars (US Navy, 1978). L'analyse de l'anomalie mensuelle de la TSM pendant les années 1980-1984 a montré que lors du fort El Niño de 1982-1983, les anomalies de températures furent supérieures à 1,5°C. Les données provenant de la NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration), pour les années 1997 et 1998, montrent qu'en 1998, les anomalies journalières de températures furent supérieures à 1°C dans la zone d'Abrolhos.

Il existe, dans ce secteur, deux principaux trains de houle qui coïncident avec le régime

des vents. Le printemps et l'été, d'octobre à février, sont dominés par des houles NE-E, d'une hauteur significative de 1 m et une période de 5 s. (US Navy 1978), qui génèrent une dérive littorale suffisamment efficace pour le transport sédimentaire, en direction du sud, au nord de Baleia Point. L'automne et l'hiver, de mars à septembre, sont dominés par des houles SE-SSE, d'une hauteur significative de 1,5 m et une période de 6,5 s. (US Navy 1978). La dérive littorale s'inverse à cette occasion.

Les marées sont semi-diurnes et le marnage est de 2,3 m pendant les marées de syzygie et de 0,5 m lors des marées de quadrature. L'onde de marée voyage du sud au nord, avec un décalage de 1 h 45 de Mucuri (30 km au sud de la ville de Nova Viçosa) aux îles d'Abrolhos et Cumuruxatiba (environ 30 km au nord de la ville de Prado).

Le courant du Brésil qui passe par l'Abrolhos Bank s'écoule dans la direction nord-sud (Richardson et McKee, 1984 ; Silveira *et al.*, 1994). Lors d'une expérience de courte durée, Meyerhöfer & Marone (1996) ont montré l'importance de la signature de la marée qui se superpose au courant marin du Brésil. Au niveau du canal d'Abrolhos, la vitesse moyenne pendant cette expérience fut de 19 cm/s à la surface et 13 cm/s près du fond. Les mesures réalisées dans le canal de Caravelas (entre la côte et l'arc côtier) ont permis de montrer que l'échange de matière entre les deux arcs récifaux est plus significatif qu'entre la côte et les récifs puisque les vitesses mesurées atteignaient 55 cm/s en surface et 10 cm/s sur le fond.

2. Morphologie côtière

La côte septentrionale, adjacente aux récifs, est formée de falaises verticales basses, appartenant au groupe des Barreiras, entrecoupées de massifs dunaires et de côtes basses marécageuses. L'origine des Barreiras reste encore mal connue, plusieurs travaux évoquent des dépôts de pente, composés de sables quartzeux et d'argiles d'origine continentale, qui se seraient mis en place au Crétacé (Martin *et al.*, 1979-1980 ; Muehe, 1998), d'autres évoquent une origine marine et Miocène (J.-P. Peulvast, comm. pers.). Le fleuve Jucuruçu, située au nord du secteur d'étude, longe la côte, abritée derrière un massif dunaire, en direction du sud. Le sédiment de l'estuaire est composé d'un mélange de grains de quartz mal triés et d'une importante portion bioclastique composée de coquilles de mollusques marins ou des mangroves proches. De l'estuaire de ce fleuve côtier à Ponta Baleia, le littoral est constitué d'une longue plage de sable, entrecoupée par un petit fleuve côtier, le Rio Itanhém. Ponta Baleia est le résultat de la confluence des dérives littorales nord et sud et de la présence des récifs de Parcel das Paredes près de la côte. De vastes bancs de sable sont visibles en face de Ponta Baleia lors des basses-mers de vives-eaux. Plus au sud, dans la région des rivières Caravelas et Peruípe, les chenaux de marées s'étendent parallèlement à la côte à travers de vastes étendues de mangroves. L'existence de mangroves dans cette partie de la côte s'explique par la présence des récifs adjacents (Viçosa, Coroa Vermelha, Sebastião Gomes, Timbebas et Pedra Grande) qui dissipent l'énergie des houles océaniques.

3. Faciès sédimentaires de la plate-forme continentale

La plate-forme continentale, sur laquelle l'Abrolhos Bank s'érige, est entaillée par de nombreux canaux étroits dont l'origine remonte au Pléistocène. Lorsque cette plate-forme était émergée, sa surface fut profondément entaillée par un système de drainage fluvial. Des sédiments d'origine terrigène se sont déposés à la même époque (Martin *et al.*, 1983). Plus tard, la sédimentation terrigène a été remplacée par des dépôts marins carbonatés biogéniques (Vicalvi *et al.*, 1978). Il est possible de distinguer trois types distincts de sédiments : des sables quartzeux le long du trait de côte, du matériel biogénique qui domine dans toutes les zones récifales, et enfin, des sédiments mixtes dans la zone intermédiaire entre l'arc côtier et l'arc externe des récifs (**fig. 4**). Les sédiments carbonatés sont concentrés principalement au milieu et sur le bord de l'Abrolhos Bank, notamment autour des récifs et sont dominés par des débris de bryozoaires. Une faune de mollusques et de foraminifères benthiques est présente dans les zones plus vaseuses. Des fragments de corail apparaissent dans la zone côtière alors que les sédiments siliclastiques sont confinés dans la plate-forme intérieure (Leão, 1982).

a. Composante siliclastique

D'après les travaux de Leão (1982) et Leão et Ginsburg (1997), le quartz, le mica, le feldspath, plus rare, et les minéraux argileux comme la kaolinite et l'illite sont les constituants terrigènes les plus communs des sédiments qui environnent les récifs côtiers. Ils sont, en partie, le produit de l'érosion très active des *Barreiras* tertiaires qui couvrent

argiles), la proportion de matériel d'origine terrigène atteint plus de 60 % du côté sous le vent des récifs proches de la côte. Lors des tempêtes saisonnières, ces sédiments vaseux sont remis en suspension formant de grands panaches d'eaux turbides.

b. Composante carbonatée

La part biogénique des sédiments qui entourent les récifs sont principalement d'origine détritique, provenant de l'érosion du récif. Ces sédiments sont composés de fragments de coraux et d'algues calcaires mais aussi de squelettes ou de tests de mollusques, échinodermes, foraminifères et ostracodes. Les algues calcaires sont principalement les algues vertes *Halimeda* sp, *Penicillus* sp et *Udotea* sp, l'algue brune *Padina* sp, et les algues rouges articulées *Amphiroa* sp et *Jania* sp, qui sont particulièrement abondantes dans la région d'Abrolhos. La fraction fine des sédiments carbonatés est le résultat de la désintégration organique, liée à des processus chimiques, des parties calcaires de ces fragiles algues rouges et vertes, et de la bioérosion des structures récifales.

III. Structures récifales et modelés des récifs

1. La forme des pinacles

Les récifs coralliens d'Abrolhos croissent à partir du fond, en forme de tours, jusqu'au niveau des plus basses mers. Les pinacles coralliens ont une forme très irrégulière, et leur sommet s'étend latéralement comme des champignons. Il existe des chapeirões de toutes tailles et de toutes dimensions (hauteur comprise entre 1 à 30 m ; diamètre compris entre 1 à 60 m) et à tous les stades de croissance. Vue de haut, ils sont grossièrement circulaires ou, plus rarement, ovoïdes. Le sommet est surplombant surtout du côté orienté au vent (fig. 5). Cette forme typique apparaît dès les premiers stades de croissance du corail. Une unique colonie du corail *Mussismilia braziliensis* d'un diamètre d'environ 20 cm possède déjà cette forme remarquable. Lorsque le chapeirão est pleinement développé, d'une hauteur de près de 30 m avec un disque sommital de 60 m de diamètre, la croissance de la tête du champignon s'accroît dès que ces colonnes récifales atteignent la surface de la mer. Ce

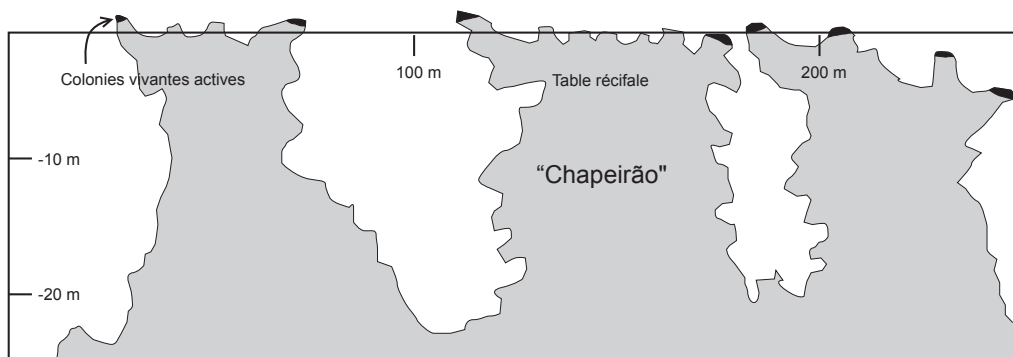


Fig. 5. Croquis des « chapeirões ». À gauche, une section longitudinale d'un « chapeirão » isolé et à droite des « chapeirões » fusionnés.

mode de croissance, et cette forme caractéristique, est unique et ne trouve pas d'équivalent parmi les autres récifs coralliens des autres régions des mers tropicales.

2. Les principaux types de récifs

Les récifs coralliens d'Abrolhos sont distribués à l'intérieur de deux arcs plus ou moins parallèles au trait de côte. L'arc côtier est distant de 10 à 20 km de la côte, et est formé par un ensemble de tables récifales et de pinacles isolés de dimensions variables. L'arc externe, qui inclut la partie est des îles Abrolhos, est constitué par des pinacles coralliens isolés de très grande taille et distants de 70 km de la côte.

a. L'arc côtier

Lorsque les chapeirões sont suffisamment proches, les sommets fusionnent pour former une grande structure de récifs combinés nommée table récifale. Les petites tables récifales sont le résultat de la coalescence de quelques chapeirões, alors que les structures plus larges, comme par exemple le récif Pedra Grande de Parcel das Paredes, long de 17 km, sont formées par la coalescence de centaines de chapeirões ; les espaces ouverts de la partie supérieures des récifs étant remplis par des sédiments biogènes. Ces structures récifales ne forment pas une barrière récifale classique, elles sont isolées les unes des autres.

b. Les récifs frangeants des îles d'Abrolhos

Ces récifs frangeants ne sont pas des constructions coralliennes *stricto sensu*, mais sont plutôt un revêtement d'organismes récifaux qui croissent sur un substrat stable

composé de roches volcanique ou sédimentaire. Ils ont été formés par la croissance des coraux et la cimentation d'algues calcaires ou d'autres organismes encroûtants, comme l'indique le remplissage des cavités par du sédiment carbonaté cimenté. Il s'agit d'un récif subhorizontal qui s'étend jusqu'à 50 à 60 m par rapport à la côte. Il ne dépasse pas 5 m de hauteur. La plupart des pentes des îles sont recouvertes par des organismes encroûtants, de même nature que ceux des récifs, sur une épaisseur de quelques centimètres.

c. L'arc externe

Environ 5 km à l'est de l'archipel d'Abrolhos, apparaît une zone de pinacles coralliens nommée Parcel dos Abrolhos, qui s'étend de 15 km du nord au sud et de 5 km de l'ouest vers l'est. Ces récifs sont composés de pinacles coralliens isolés et entourés par des eaux d'une profondeur de près de 20 m. Ils ne forment pas une table récifale comme on a pu le voir sur l'arc côtier. D'ailleurs, ils ne sont pas émergés pendant les marées basses. La distribution verticale des coraux sur les murs des chapeirões montre une zonation classique, espèces photophiles dans les parties supérieures et espèces sciaphiles dans les parties inférieures qui atteignent leur développement maximal sous les surplombs créés par les « chapeaux » des chapeirões.

IV. Biomorphologie du récif

Habituellement, trois zones sont distinguées dans les récifs : la crête (sommets), la bordure externe et la pente (Battistini, 1975). Cette typologie, adéquate pour les récifs des Caraïbes, n'est pas utilisable ici.

La fragmentation des récifs, leur dimension réduite et leur position par rapport à la plate-forme ne permet pas de distinguer une zone d'arrière récif de type lagon et une pente récifale.

1. Crête récifale du récif

La crête récifale concerne la partie supérieure d'un pinacle (chapeirão) et/ou d'une table récifale construite par des coraux massifs. Les tables se situent en position intertidale et peuvent découvrir entièrement lors des marées basses de vives-eaux. Ces crêtes récifales ont une topographie très irrégulière et l'on observe à leur surface de nombreuses petites cuvettes plus ou moins profondes parfois remplies d'un sable bioclastique qui s'accumule en monticules de tailles variables. Certaines sont isolées des eaux environnantes lors des marées basses, d'autres, au contraire, restent reliées à la mer. Ces cuvettes sont généralement les vestiges des espaces entre les chapeirões qui n'ont pas encore été totalement fusionnés. Des chenaux irréguliers incisent la surface des tables et connectent, à l'occasion, des cuvettes intertidales anciennement isolées. La vie dans ces cuvettes intertidales est très riche. Un tapis d'algues calcaires rouges-rosés, d'algues vertes et de zoanthidés couvrent le reste de la surface exposée des récifs.

2. Bordure externe

La bordure externe du récif est extrêmement irrégulière car composée de chapeirões isolés aux formes et aux tailles variables. Sur les fonds inférieurs à 10 m, d'impressionnantes colonies de l'hydrocoralliaire *Millepora alcornis* peuvent être observées. Sur les bancs

sableux, de petits chapeirões isolés bordent les structures récifales. Localement, certains pinacles ont fusionné avec le corps principal du récif grâce à la croissance latérale du chapeirão. Du côté au vent, une crête algale bien développée, d'une trentaine de centimètres de hauteur, construite par des organismes encroûtants, ourle la bordure d'une manière irrégulière. Les corallines, algues calcaires, dominent nettement et sont responsables de la construction de cette crête algale, essentiellement sur les récifs septentrionaux. On y trouvera aussi des gastéropodes vermédés. Mais les principaux constituants de la bordure sont les millépores. La crête algale disparaît sur la côte sous le vent. Ce contour irrégulier est uniquement le produit de la croissance du récif et non de l'érosion.

3. Pente externe

Le corail endémique *Mussismilia braziliensis*, et l'hydrocoralliaire *Millepora* sp. sont nettement dominants sur les pentes externes des récifs, à l'exception des surplombs où seules les coraux sciaphiles peuvent se développer. La partie la plus profonde de ce récif, très fragmentée, est composée de galeries sous-marines interconnectées, suffisamment larges pour laisser le passage d'un plongeur. Le fond marin est composé de vase où, entre les chapeirões, des phanérogames marines se développent (Creed et Amado Filho, 1999). D'autres espèces existent comme l'algue verte calcaire *Penicillus* sp., les algues *Halimeda* sp. et *Udotea* sp. de même que la forme libre du corail *Meandrina braziliensis*.

V. Organismes récifaux bioconstructeurs

Les communautés biotiques du complexe récifal d'Abrolhos ne sont pas encore bien connues. Parmi les composants les plus représentatifs de ce système, les cnidaires, et plus particulièrement les coraux hermatypiques, ont une importance fondamentale. Outre le fait qu'ils soient les principaux constructeurs de l'ossature du récif, ils sont aussi des producteurs de matériel organique, par l'intermédiaire des microalgues symbiontes : les zooxanthelles. Les macroalgues du récif ont aussi leur importance, parce que de producteurs primaires, elles sont à l'origine des flux d'énergie à travers le système.

1. Cnidaires

Les cnidaires sont certainement le groupe le mieux étudié des organismes d'Abrolhos. On a recensé 18 espèces de scléractinaires, 4 hydrocoralliaires, 4 antipathariens et 11 octocoralliaires. Cette faune est la plus riche du Brésil (Hetzl et Castro, 1994). Verrill (1868), qui elabora les premières descriptions des cnidaires du Brésil, remarqua que les coraux ahermatypiques (non constructeurs de récif) appartiennent tous au groupe Caraïbes. À l'opposé, les espèces bioconstructrices (hermatypiques) sont presque toutes endémiques soit de l'archipel, soit des côtes de Bahia. Laborel (1969a, 1969b) compara la taxonomie de Verrill avec des espèces contemporaines et des fossiles tertiaire et corrobora les remarques de Verrill. Plus récemment, Belém *et al.* (1982, 1986) et Castro (1989, 1990, 1994)

confirmèrent et étendirent la liste des cnidaires brésiliens (fig. 6).

Scleractinaires : Sur les 18 espèces identifiées sur les récifs brésiliens, 17 ont été signalées à Abrolhos. Six d'entre elles (*Mussismilia braziliensis*, *M. hispida*, *M. hartti*, *Siderastrea stellata*, *Favia gravida* et *F. leptophylla*) sont des espèces endémiques et les plus communes des récifs brésiliens modernes. Parmi ces espèces, *Mussismilia braziliensis* est celle qui est la plus confinée géographiquement, puisque présente seulement le long de la côte de l'État de Bahia et à Abrolhos. Il s'agit pourtant du corail le plus commun des récifs d'Abrolhos et constitue l'espèce la plus emblématique. *Mussismilia hispida* a la distribution la plus étendue. On peut l'observer de 3°S à 23°S de latitude. Il s'agit d'une espèce archaïque qui a été observée dans les grès pliocène de Pinecrest en Floride (Meeder, 1987 *in* : Budd *et al.*, 1994). D'après Laborel (1969a), *Siderastrea stellata* et *Favia gravida* présentent de fortes similitudes avec les espèces des Caraïbes. Il s'agit des coraux les plus communs dans les cuvettes intertidales peu profondes du sommet du platier récifal, et les plus résistants aux variations de température, de salinité et de turbidité des eaux. Les espèces cosmopolites *Porites astreoides*, *P. branneri*, *Agaricia agaricites*, *A. fragilis*, *Montastrea cavernosa* et *Madracis decactis* ont un rôle secondaire dans la construction des récifs d'Abrolhos. La plupart des coraux constructeurs sont massifs bien que les formes encroûtantes soient communes le long des bordures des récifs. Les formes branchues sont dominantes sur la crête du récif et sur les pentes récifales externes. La profondeur peut conditionner la morphologie des coraux. Chez *Montastrea cavernosa*, la forme hémisphérique (près de 5 m de diamètre) est dominante dans les eaux peu profondes. Plus profondément, la forme encroûtante sera privilégiée par cette espèce

(Amaral, 1994). Les autres espèces, *Scolymia welsii*, *Phyllangia americana*, *Astrangia braziliensis* et *Stephanocoenia michelini*, sont rares et ne contribuent pas significativement à la construction du récif.

Hydrocoralliaires : deux des trois espèces de millepores recensées à Abrolhos sont considérées comme endémiques. Elles présentent des formes branchues et encroûtantes. Très fragiles, les espèces branchues sont caractéristiques des environnements peu énergétiques. Les branches irrégulières, courtes, arrondies sont communes sur les bords des récifs, contrastant avec les branches épaisses et massives des zones énergétiquement plus élevées. Les formes encroûtantes sont présentes sur la surface supérieure des récifs et en épibiose sur les gorgones. L'espèce ubiquiste *Millepora alcicornis* domine sur les côtes des récifs situées au vent. Verrill (1868)

a été le premier à décrire l'espèce endémique *Millepora braziliensis*, statut validé récemment par Amaral (1997). Dans les zones d'énergie élevée, les colonies de cet hydrocoralliaire sont plus massives, alors que dans les zones plus protégées leurs branches sont aplaties. Labrel (1969b) a montré que la zone à *Millepora braziliensis* se situe immédiatement au-dessous de la zone à *Millepora alcicornis*. L'espèce *Millepora nitida*, endémique du Brésil, est commune à Abrolhos. Parmi les millepores, on peut observer un petit hydrocoralliaire – *Stylaster roseus* – sur les faces extérieures des « chapeirões » (Castro, 1994). Cette espèce forme de petites colonies, de quelques centimètres de hauteur, dont la base épaisse est couverte de petites branches érigées. Un autre hydrozoaire, très rare, trouvé dans les zones plus profondes et ombragées des récifs d'Abrolhos, est l'espèce *Solanderia gracilis* qui a été inventoriée

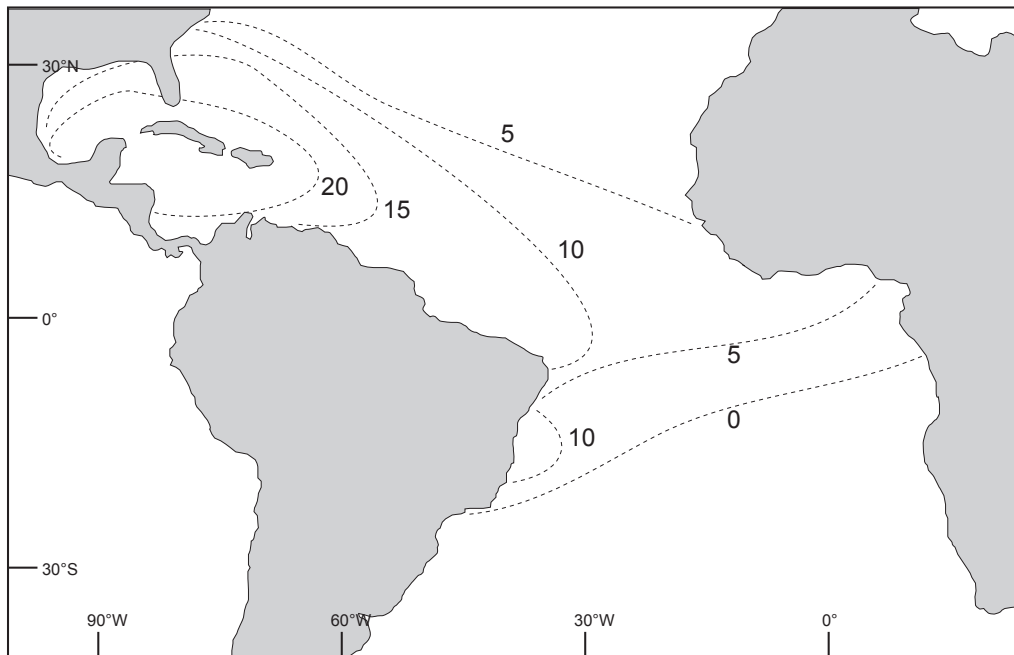


Fig. 6. Distribution des espèces de coraux hermatypiques dans l'Atlantique (modifié d'après Labrel, 1969 in : Guilcher, 1988).

pour la première fois dans l'Atlantique Sud en 1982 par Belém *et al.*

Octocoralliaires : Jusqu'à une date récente, seulement trois espèces d'octocoralliaires avaient été décrites sur les récifs d'Abrolhos, toutes appartenant au groupe des gorgones, et deux d'entre elles étaient considérées comme endémiques du Brésil. On compte en abondance *Phyllogorgia dilatata* en forme d'éventail, *Plexaurella grandiflora* un octocoralliaire de grande taille, rencontré généralement dans les zones peu profondes et éclairées des récifs, et *Muriceopsis sulphurea*, qui forme des colonies de couleur jaune. De nos jours ce groupe d'organismes est un des mieux connus des récifs d'Abrolhos grâce aux travaux de Castro (1989, 1990), qui ont permis de recenser huit nouvelles espèces : *Plauxaurella Regia*, *Muricea flamma*, *Neospongodes atlantica*, *Lophogorgia punicea*, *Carijoa risei*, *Heterogorgia uatumani*, *Ellisella barbadensis* et *E. elongata*. Parmi ces nouvelles espèces décrites seulement deux sont indiquées sur les récifs situés le long de la côte de l'État de Bahia, *Plauxaurella regia* et *Muricea flamma*. *Neospongodes atlantica* et *Lophogorgia punicea* sont actuellement considérées comme endémiques des récifs brésiliens. Les autres ont été inventoriées dans les récifs des Caraïbes.

Antipatharia : selon Castro (1994) quatre espèces de coraux du groupe des antipathariens, encore peu connues, sont recensés à Abrolhos : trois du genre *Antipathes* et un du genre *Cirripathes*. Les formes que prennent ces espèces sont très diverses : colonies en forme d'éventail, branches en brins de brosse ou encore des formes branchues de plusieurs mètres de long.

Trois caractéristiques distinguent le cortège faunistique des coraux d'Abrolhos des autres récifs de l'océan Atlantique tropical : la faible diversité, le fort taux d'endémisme, et l'ab-

sence de scléactinaires branchus. Ce fait peut être le résultat de deux facteurs :

- l'isolement des récifs brésiliens des Caraïbes par le courant nord-ouest et la dérive nord du courant équatorial, qui est et a été une barrière à la propagation de l'étape larvaire des planulas de nombreuses espèces modernes de corail des Caraïbes ;
- les conditions environnementales propres à ce secteur géographique des récifs brésiliens. À Abrolhos, la température, la salinité et la profondeur de l'eau offrent des conditions favorables pour le développement d'une faune coralliaire variée, mais il existe au moins deux aspects environnementaux qui peuvent empêcher la colonisation des espèces en provenance des Caraïbes et limiter le développement de nouvelles espèces indigènes : la turbidité continuellement élevée des eaux, qui a une influence certaine sur la zonation des espèces très photophiles, et la faible diversité des habitats offerts en raison du manque d'une zonation bien marquée comme celle visible dans les récifs des Caraïbes (Dutra *et al.*, 2006).

2. Algues

La flore algale est l'un des éléments les plus abondants des récifs d'Abrolhos (Kikuchi *et al.*, 2003). Les zooxanthelles symbiotiques – algues unicellulaires vivant dans les tissus des coraux – ont une importance capitale dans la trophodynamique récifale en produisant principalement les composés organiques et l'oxygène vitaux pour la croissance des coraux. En raison de cette symbiose, les coraux à zooxanthelles se situent dans

les eaux peu profondes bien éclairées, plus favorables à la photosynthèse.

Les algues rouges calcaires coralliennes encroûtantes comptent parmi les principaux organismes constructeurs de récif. Selon les résultats de Figueiredo (*et al.*, 1997), l'abondance de ces algues parmi les organismes benthiques varie de 32 à 79 %. La communauté algale est apparemment représentée par quatre genres : *Lithothamnion*, *Lithophyllum*, *Sporolithon* et *Porolithon*. Parmi eux, *Porolithon pachydermum* est l'espèce dominante (Figueiredo *et al.*, 1996). Dans la structure interne des récifs côtiers, le pourcentage des algues calcaires encroûtantes peut atteindre jusqu'à 20 % d'après un forage réalisé dans le récif de Coroa Vermelha par Leão et Lima en 1982.

Le genre *Halimeda* est le plus abondant parmi les algues vertes calcaires, et compte parmi les principaux producteurs de sédiment des fonds inter-récifaux. Il peut atteindre jusqu'à 20 % de la fraction grossière des sables du sédiment autour des récifs côtiers, et autour de 70 % du sédiment entourant les récifs frangeants de l'archipel (Leão, 1982). Les genres *Udotea* et *Penicillus* sont aussi des éléments importants de la flore récifale et contribuent, quant à eux, à la production de la fraction fine du sédiment inter-récifal.

3. Autres organismes bioconstructeurs ou bioérodeurs

La littérature concernant les autres éléments biotiques du système d'Abrolhos est nettement plus restreinte. La synthèse la plus récente (Castro, 1994) se rapporte à plusieurs groupes taxonomiques vivants dans ces récifs et notamment des invertébrés comme les anémones de mer, les zoanthaires, les éponges, les vers polychètes, les mollusques, les crustacés et les échinodermes jusqu'aux

vertébrés marins (tortues, cétacés et oiseaux de mer).

Les éponges ne sont pas dominantes dans ces récifs de coraux peu profonds. Leur principale activité est la bioérosion du squelette de corail grâce à un processus de dissolution du matériel calcaire. La principale conséquence de cette activité est la production d'un sédiment très fin qui s'accumule sur les fonds inter-récifaux. *Cliona* représente le genre le plus répandu de ce groupe. Quelques vers polychètes ont également une importante activité de bioérosion sur les récifs et contribuent à produire du sédiment. D'autres groupes de polychètes construisent des tubes calcaires où ils s'abritent. Ces tubes dépassent de la surface des coraux vivants. Le genre *Spirobranchus*, très commun à Abrolhos, est représenté par plusieurs espèces. Certaines espèces, non fixées, comme *Eurithae complanata* se nourrissent des polypes de corail. Les mollusques bioérosifs du genre *Lithophaga* forent littéralement les squelettes coralliens et produisent, là encore, un sédiment qui se dépose dans les secteurs inter-récifaux d'Abrolhos. Castro (1994) précise également la présence d'autres mollusques trouvés à Abrolhos qui se nourrissent de cnidaires, comme par exemple *Cyphoma macumba* qui habite dans les colonies de gorgones de l'espèce *Phylogorgia dilatata*. Les vermétidés (mollusque, gastéropode) sont très répandus sur les bordures de récif. De manière identique aux algues encroûtantes, ils forment une ceinture quasi continue sur la crête du récif. Les espèces du genre *Spiroglyphus* (= *Dendropoma*) ont été identifiées aussi bien sur les récifs de l'arc côtier que sur les récifs frangeants de l'archipel par Leão (1982).

Parmi les échinodermes, deux groupes d'herbivores – les oursins et les étoiles de mer –, jouent un rôle important sur les récifs, parce qu'ils permettent aux coraux, en ouvrant l'espace, de se développer (Lins de Barros *et al.*,

2000). L'abondante étoile de mer *Oreaster reticulatus* s'alimente principalement du tapis algal qui couvre de grands secteurs des fonds récifaux.

VI. Aléas environnementaux et impacts anthropiques

Les récifs d'Abrolhos sont situés sur une marge continentale passive ce qui implique que ce littoral n'est pas affecté par des séismes ou des tsunamis. L'archipel ne se situe pas non plus sur les trajets des cyclones, seules les oscillations du niveau de la mer, produites depuis 5 000 ans, ont contribué à modifier la morphologie de cet archipel. Le phénomène récent et largement répandu du blanchiment des coraux a été observé à Abrolhos suite à l'élévation de la température de surface de la mer. Cependant, ce sont les impacts anthropiques qui menacent le plus ces récifs en combinant plusieurs types de stress environnementaux (Leão et Kikuchi, 2005).

1. Oscillations du niveau marin

Les fluctuations du niveau de la mer pendant l'Holocène ont été assez considérables sur les côtes brésiliennes et ont eu des effets importants sur l'évolution des récifs de coraux comme l'indiquent les travaux de Leão (*et al.*, 1985) et Martin (*et al.*, 1983, 1996). L'abaissement du niveau de la mer a exposé les sommets des récifs à l'érosion, en partie à cause des phénomènes de dissolution des carbonates et de bioérosion. Les communautés récifales ont été durement éprouvées en raison du stress engendré par la forte radiation solaire, des hauts niveaux de sédimentation et de la turbidité des eaux.

Les petites colonies des espèces endémiques *Siderastrea stellata* et *Favia gravida* sont les seuls coraux qui habitent les dépressions peu profondes du sommet du récif, et qui peuvent résister à cet environnement particulièrement contraignant – contrastes thermiques et physico-chimiques. La période de régression a également eu pour conséquence de rapprocher les récifs du littoral et les a soumis à l'influence d'un apport de sédiment d'origine siliclastique. Ces conditions environnementales, telles que le rayonnement solaire et l'apport important de sédiment, ont dépassé les seuils de tolérance de la majeure partie des espèces de coraux brésiliens (Kikuchi et Leão, 1998).

2. Anomalies positives de température et blanchiment des coraux

Bien que les anomalies de température soient directement liées au phénomène El Niño et que le blanchiment des coraux a été depuis longtemps observé le long de la côte brésilienne, peu d'études ont été réalisées à ce sujet. À Abrolhos, deux occurrences ont été enregistrées en liaison avec l'élévation de la température de surface de la mer (Migotto, 1997). La première s'est produite lors d'une anomalie de la température de surface de la mer pendant l'été austral de 1994 où 51 à 88 % des colonies du genre *Mussismilia* ont été affectés (Castro et Pires, 1999). Le second est lié à l'événement El Niño particulièrement fort qui commencé à la fin de l'année 1997 dans l'océan Pacifique, et qui a causé une élévation de la température de la surface de la mer dans quelques régions de la côte orientale du Brésil. Cette élévation de la température a commencé en janvier 1998 et a atteint son apogée à la

mi-mars jusqu'au début du mois d'avril, pour terminer fin mai. Pendant cet événement l'anomalie estimée de la température de surface de la mer, d'environ 1°C, a été vérifiée par des mesures réalisées sur le terrain, environ 29,5°C, soit environ un degré de plus que la valeur de 28,5°C, généralement mesurée à cette époque de l'année. Les espèces les plus affectées ont été *Porites bran-neri* et *Mussismilia hispida*. Les deux colonies ont subi un blanchiment sur près de 80 % de leur surface. L'espèce *M. harttii* a subi un blanchiment moyen de 75 % quant à *Porites asteroides*, toutes ses colonies portaient des traces de blanchiment. Bien que les colonies d'*Agaricia agaricites* n'aient pas montré de signes très visibles, plus de 90 % d'entre elles avaient une couleur pâle.

3. Impacts anthropiques

Les activités anthropiques les plus répandues qui sont susceptibles de modifier assez considérablement les récifs sont directement liées aux aménagements de la zone côtière, au tourisme marin, à l'exploitation des ressources naturelles (extractions de bois en particulier), à la pollution liée aux installations des industries et à l'exploitation des combustibles fossiles (Amado Filho *et al.*, 1997a ; Coutinho *et al.*, 1993 ; Leão, 1994 ; 1996 ; Leão *et al.*, 1994).

a. Croissance urbaine côtière

Bien que les récifs côtiers d'Abrolhos soient déjà situés dans un environnement sous l'emprise d'une forte sédimentation, ces derniers subissent actuellement un fort stress dû à l'augmentation récente de la turbidité de l'eau. On l'explique par la déforestation accrue de la forêt tropicale côtière et des

mangroves pour des raisons agricoles, pour la sylviculture de l'eucalyptus, pour l'usage industriel, et le développement urbain. La croissance rapide et désordonnée des centres urbains est visible, principalement, sur les municipalités qui offrent déjà une infrastructure touristiques, telles que les petites villes de Prado, d'Alcobaça, de Caravelas et de Nova Viçosa. Certaines d'entre elles ont multiplié leurs surfaces plus que dix fois au cours des quarante dernières années (Leão *et al.*, 1994). Ces aménagements côtiers génèrent de fortes perturbations dont l'érosion des sols, l'absence de traitement des déchets urbains et le rejet en mer des eaux d'égouts contenant une forte proportion de matière organique. Ces afflux récents contribuent à augmenter notablement le taux de nutriments dans l'eau des récifs ce qui a des conséquences dramatiques pour l'équilibre écologique du milieu et générant des phénomènes de compétition des algues vis-à-vis des coraux (Costa Junior *et al.*, 2000).

b. Écotourisme marin

L'écotourisme marin au Brésil a considérablement augmenté ces dernières années, en particulier dans les secteurs protégés. Le développement du tourisme est, en grande partie, responsable de l'extension spatiale désordonnée des villes côtières. Le nombre de visiteurs au parc national marin d'Abrolhos s'est accru de plus de 400 % pendant la période 1988-1992 (Leão *et al.*, 1994). Cette activité, qui n'est pas totalement contrôlée, cause de sérieux problèmes à la conservation de l'écosystème récifal. On peut citer tout particulièrement l'impact des ancrages des bateaux de plaisance et des bateaux de tourisme, le rejet des déchets non biodégradables

bles, les fuites de carburants et d'huiles des bateaux de moteur, l'extraction d'organismes vivants comme souvenirs ou pour la décoration des aquariums, le bris d'organismes marins causés par les plongeurs (palmes...), l'impact de la chasse sous-marine qui n'est pas interdite (seule la pêche professionnelle l'est) voire les naufrages occasionnels provoqués par les écueils à fleur d'eau. Un autre exemple de dommages fait aux récifs est lié aux impacts des ancrages sur les herbiers de phanérogames marines qui détruisent près de 0,5 % de la surface totale par an selon Creed et Amado Filho (1999).

c. Activités d'extraction ressources naturelles

En raison de leur proximité du continent, les récifs côtiers d'Abrolhos ont été fortement menacés par le commerce du corail et l'exploitation artisanale et commerciale de la pêche. Dans de nombreuses villes côtières, en particulier dans les villages historiques du sud de Bahia, il est possible de vérifier que les coraux ont été extraits pour être employés comme matériau – mortier et/ou brique – dans la construction de vieilles forteresses remontant au XVII^e siècle. De nos jours, cette extraction continue (Leão et Kikuchi, 1999). L'extraction de *Millepora alcicornis* (corail de feu), généralement utilisé pour la décoration des aquariums, peut être considérée comme la principale cause de la disparition de cette espèce de nombreux récifs. Pitombo (*et al.*, 1988) cite la raréfaction de cette espèce d'hydrocoralliaire bien avant la mise en place du parc national marin. Ces auteurs observent actuellement une faible densité des millépores (couverture relative sur le récif entre 1,5 et 11 %), dans un secteur de récif qui

était anciennement cité comme « la zone de *Millepora* » par Laborel (1969b).

d. Pollution chimique et industrielle

Le développement des projets industriels est une menace constante pour les récifs de corail, si un strict contrôle des rejets n'est pas effectué. Des usines de papier, notamment, se sont installées sur le continent en face des récifs d'Abrolhos. Les travaux de Amado Filho (*et al.*, 1997b, 1997c) ont montré que, dans le secteur méridional des récifs d'Abrolhos, il existe déjà des signes de contamination par les métaux lourds, qui sont probablement dus aux effluents chimiques des usines de papier.

La prospection pétrolière dans les secteurs où les récifs de corail existent peut endommager sérieusement l'écosystème marin. Les forages en mer par la Petrobrás dans le sud de Bahia sont une menace pour les récifs du parc national marin. Les impacts possibles sont l'augmentation encore accrue de la turbidité de l'eau et les pollutions par hydrocarbures.

4. Protection et aménagement

Bien qu'il y ait eu de nombreux travaux scientifiques à propos des récifs de coraux brésiliens depuis un siècle, la connaissance au sujet de l'état réel des récifs reste encore très insuffisante. Quelques secteurs sont encore pratiquement inconnus (Leão *et al.*, 1983). Il n'existe encore que peu de récifs bien préservés. Seuls ceux situés dans les zones éloignées des secteurs de développement urbain, peuvent encore être considérés comme non perturbés de même que ceux situés plus au large sur le plateau continental et sur les

îles océaniques en raison de leur inaccessibilité et où des mesures de protection ont été mises en place.

Les institutions concernées par la conservation des récifs de coraux au Brésil ont été créées assez récemment. Le parc national marin d'Abrolhos est un des plus anciens. Il comporte deux unités : la région de l'archipel d'Abrolhos et l'arc externe des « chapeirões » (17°43'-18°09'S et 38°33'-38°45'W), ainsi que le récif de Timbebas situé sur l'arc côtier (17°27'-17°38'S et 38°58'-39°02'W). Toutefois, l'aire couverte par le parc national marin d'Abrolhos ne représente qu'un quart de la surface totale des récifs d'Abrolhos. Dans le secteur restant, il n'y a aucune restriction à l'usage récréatif ou même commercial des récifs, bien que la constitution de l'État de Bahia déclare dans son article 215 – chapitre VIII « sur l'environnement » –, que les récifs de coraux sont des secteurs de « protection permanente ». Le parc national marin d'Abrolhos a un plan de gestion qui comprend des programmes de conservation actuellement mis en place (IBAMA/FUNATURA, 1991). Dans l'archipel d'Abrolhos, on autorise seulement l'atterrissage des avions dans les îles de Redonda et de Siriba sous la surveillance permanente d'un technicien de parc. Dans les îles de Sueste et de Guarita, le débarquement, les ancrages forains et la plongée sont interdits. La plus grande île, Santa Barbara, appartient à la Marine brésilienne et les atterrissages sont seulement autorisés avec une autorisation officielle.

Conclusion

Le complexe récifal d'Abrolhos est le plus riche et le plus étendu du Brésil. Toutefois, ces récifs coralliens sont loin d'être aussi développés que ceux des Caraïbes. Le nombre d'espèces y est presque quatre fois moins important (Castro et Pires, 2001 ; Leão *et al.*, 2003). D'après Guilcher (1988), l'extension spatiale des récifs brésiliens est gênée par deux principaux obstacles qui ont contribué à isoler ces récifs de ceux de l'Atlantique Nord (Leão, 1983) (fig. 7).

Sur la côte septentrionale du Brésil, le fleuve Amazone fournit une quantité gigantesque de sédiments, rendant les eaux trop turbides pour permettre aux coraux de prospérer et de s'étendre spatialement ; même au large, puisque l'Atol das Rocas (Gherardi et Bosence, 1999 ; Ottmann, 1962) et l'île Fernando de Noronha (Eston *et al.*, 1986) ne possèdent, elles aussi, qu'un nombre limité d'espèces et des récifs peu développés. Les récifs deviennent rares au nord de Fortaleza, puis totalement absents dans la région de Belém. La limite méridionale de distribution des coraux hermatypiques se situe au nord du Cabo Frio qui constitue un obstacle thermique liée à un upwelling, rendant les eaux trop froides pour les coraux (Leão, 1978). L'extrême limite sud de distribution se situent entre les îles de São Sebastião (Ilha Bela) et Ilha Grande, située au sud de Rio de Janeiro. Les grands fleuves côtiers situés dans la zone d'occurrence des coraux, qui fournissent sédiments et eaux douce, contribuent eux aussi à gêner la croissance des coraux de part et d'autre de leur embouchure. Ces obstacles expliquent que les récifs de coraux brésiliens ne soient localisés que dans deux régions : entre Natal et Recife au

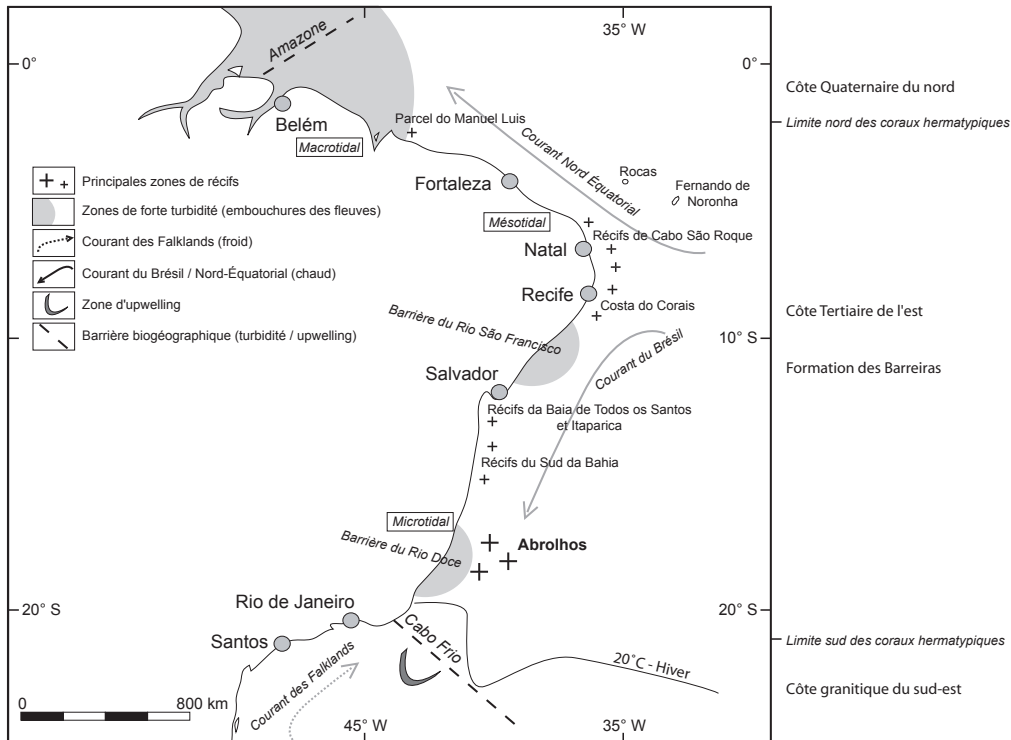


Fig. 7. Carte de synthèse des récifs coralliens du Brésil.

nord et entre Salvador et Caravelas (dont Abrolhos), plus au sud.

Un autre paramètre qui peut permettre de comprendre le faible développement des récifs coralliens brésiliens est la durée de la saison humide, 7 à 8 mois. Pendant cette saison, la turbidité des eaux littorales est forte. C'est pourquoi un si faible nombre d'espèces, tolérant cette turbidité élevée, est observé. Ces deux obstacles, embouchure de l'Amazone au nord et upwelling du Cabo Frio au sud, ont contribué à isoler géographiquement les récifs brésiliens et ainsi, peuvent expliquer le grand nombre d'espèces endémiques rencontrées dans ces récifs.

Remerciements

Des remerciements doivent être adressés aux personnels des bibliothèques de l'Institut Oceanográfico et du Departamento de Geografia física de l'Universidade de São Paulo et du Centro de Estudos do Mar de l'Universidade Federal do Paraná pour les facilités accordées à l'accès aux ouvrages et revues utilisées permettant de réaliser cette synthèse. Nous remercions aussi le Pr. J.-P. Peulvast (Université de Paris IV) pour les précisions apportées sur l'origine du groupe des *Barreiras* et le Pr. C. Retière (MNHN) pour la relecture du manuscrit.

Bibliographie

- Ab'Saber A.N., 1977. *A geologia no Brasil: um século de investigações científicas. I – (1875-1900)*. Bibliogeo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1 : 36 p.
- Amado Filho G.M., Andrade L.R., Karez C.S., Pfeiffer W.C., 1997a. Zinc and cadmium accumulation by *Padina gymnospora* (Phaeophyceae) from Sepetiba bay (Rio de Janeiro, Brazil) over last 8 years. *VII Congresso Latino americano sobre Ciências do Mar*, 1 : 28-30.
- Amado Filho G.M., Andrade L.R., Karez C.S., Yoneshigue-Valentin Y., Pfeiffer W.C., 1997b. Effects on growth and accumulation of zinc in six seaweed species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37 : 223-228.
- Amado Filho G.M., Andrade L.R., Reis R.P., Bastos W., Pfeiffer W.C., 1997c. Heavy metal concentrations in seaweed species from Abrolhos reef region, Brazil. *Proceedings of the VIII International Coral Reef Symposium*, Lessios H.A., Macintyre I.G. (eds), Panamá, II : 1843-1846.
- Amaral F.M.D., 1994. Morphological variation in the reef coral *Montastrea cavernosa* in Brazil. *Coral Reefs*, 13 : 113-117.
- Amaral F.M.D., 1997. *Milleporidae (Cnidaria, Hydrozoa) do litoral brasileiro*. Doutorado, Universidade de São Paulo : 204 p.
- Asmus H.E., Guazelli W., 1981. Descrição sumária das estruturas da Margem Continental Brasileira e das áreas oceânicas adjacentes – hipóteses sobre o tectonismo causador, e implicações para os prognósticos de potencial de recursos minerais. Série Projeto REMAC, 9 : 187-269.
- Asmus H.E., Porto R., 1972. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. *XXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, SBG, Belém, 2 : 67-90.
- Battistini R., 1975. Éléments de terminologie récifale Indopacifique. *Téthys*, 7 : 1-111.
- Belém M.J.C., Castro C.B., Rohlfs C., 1982. Notas sobre *Solanderia gracilis* Duchassaing & Michelin, 1846 do Parcel de Abrolhos, Bahia. Primeira ocorrência de Solanderiidae (Cnidaria, Hidrozoa) no litoral brasileiro. *Anais da Academia Brasileira das Ciências*, 54, 3 : 585-588.
- Belém, M.J.C., Rohlfs C., Pires D., Castro C.B., 1986. S.O.S. Corais. *Ciência Hoje*, 5, 26 : 34-42.
- Budd A., Stemann T.A., Johnson K.G., 1994. Stratigraphic distributions of genera and species of Neogene to Recent Caribbean reef corals. *Journal of Paleontology*, 68 : 951-977.
- Castro C.B., 1989. A new species of *Plexaurella* Valenciennes, 1855 (Coelenterata, Octocorallia), from the Abrolhos reefs, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 49, 2 : 597-603.
- Castro C.B., 1990. A new species of *Heterogorgia* Verrill, 1868 (Coelenterata, Octocorallia) from Brazil, with comments on the type species of the genus. *Bulletin of Marine Science*, 4, 2 : 411-420.
- Castro C.B., 1994. Corals of Southern Bahia. *Corals of Southern Bahia*, Hetzel B. & Castro C.B. (eds.), Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro : 161-176.
- Castro C.B., Pires D.O., 1999. A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 47, 1 : 87-90.
- Castro C.B., Pires D.O., 2001. Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. *Bulletin of Marine Science*, 69, 2 : 357-371.
- Chang H.K., Kowsmann R.O., Figueiredo A.M.F., 1991. Novos conceitos sobre o desenvolvimento das bacias marginais do Leste Brasileiro. *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*, Raja Gabaglia G.P. & Milani E.J. (eds.), PETROBRÁS, Rio de Janeiro : 269-289.
- Cordani U.G., 1970. Idade do vulcanismo do Atlântico Sul. *Boletim do Instituto de Geociências e Astronomia de São Paulo*, 1 : 9-76.
- Costa Junior O. S., Leão Z.M.A.N., Nimmo M., Attrill M., 2000. Nutrifcation impacts on coral reefs from northern Bahia, Brazil. *Hydrobiologia*, 440 : 307-315.
- Coutinho R., Villaça R.C., Magalhães C.A., Guimaraes M.A., Apolinario M., Muricy G., 1993. Influência antrópica nos ecossistemas corais da região de Abrolhos, Bahia, Brasil. *Acta Biologica Leopoldensia*, 15, 1 : 133-144.
- Creed J.C., Amado Filho G.M., 1999. Disturbance and recovery of the macroflora of seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 235, 2 : 285-306.

- Darwin C., 1878. *Les récifs de corail. Leur structure et leur distribution*. Librairie Germer Baillière et C^{ie}, Paris, 2^e éd. : 347 p.
- Dodge R.E., Aller R.C., Thompson J., 1974. Coral growth related to resuspension of bottom sediments. *Nature*, 247 : 574-576.
- Dutra L.X.C., Kikuchi R.K.P., Leão Z.M.A.N., 2006. Effects of sediment accumulation on reefs corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39 : 633-638.
- Eston V.R., Migotto A.E., Oliveira Filho E.C., Rodrigues S.A., Freitas J.C., 1986. Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, 34 : 37-53.
- Figueiredo M.A. de O., 1997a. Influência dos herbívoros na cobertura algal dos recifes dos Abrolhos, Bahia. *7th Congresso Latino Americano de Ciências do Mar*, 1 : 312-313.
- Figueiredo M.A. de O., 1997b. Colonization and growth of crustose coralline algae in Abrolhos, Brazil. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, Lessios H.A. & Macintyre I.G. (eds.), Panama, 1 : 689-694.
- Figueiredo M.A. de O., Kain J.M., Norton T.A., 1996. Biotic interactions in the colonization of crustose coralline alga. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 199 : 303-318.
- Figueiredo M.A. de O., Norton T.A., Kain J.M., 1997. Settlement and survival of epiphytes on two intertidal crustose coralline algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 213 : 247-260.
- Fisher W.L., Morales R.G., Della Piazza H., Brown Jr. L.F., 1974. Sistemas deposicionais das bacias de Mucuri, Cumuruxatiba e Jequitinhonha. *Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia* : 14-26.
- Gherardi D.F.M., Bosence D.W.J., 1999. Modeling of the ecological succession of encrusting organisms in recent coralline-algal frameworks from Atol das Rocas, Brazil. *Palaios*, 14 : 145-158.
- Guilcher A., 1988. *Coral reef geomorphology*. John Wiley & Sons, New York : 228 p.
- Hartt C.F., 1870. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Boston, Fields, Osgood & Co : 620 p.
- Hetzel B., Castro C.B., 1994. *Corais do sul da Bahia*. Editora Nova Fronteira : 189 p.
- IBAMA/FUNATURA 1991. *Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Fundação Pró-Natureza, Brasília, Aracruz Celulose S.A. : 96 p.
- Kikuchi R.K.P., Leão Z.M.A.N., 1998. The effects of Holocene sea-level fluctuation on reef development and coral community structure, Northern Bahia, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 70, 2 : 159-171.
- Kikuchi R.K.P., Leão Z.M.A.N., Testa V., Dutra L.X.C., Spanó S., 2003. Rapid assessment of the Abrolhos Reefs, eastern Brazil. Part 1: Stony corals and algae. *Atoll Research Bulletin*, 496 : 172-187.
- Laborel J., 1969a. Madréporaires et hydrocoralliaires récifaux des côtes brésiliennes. Systématique, écologie, répartition verticale et géographie. *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris, 47 : 171-229.
- Laborel J., 1969b. Les peuplements de madréporaires des côtes tropicales du Brésil. *Annales de l'Université d'Abidjan*, E, 11, 3 : 261 p.
- Leão Z.M.A.N., 1978. Abrolhos, the southernmost coral reefs of Western Atlantic. *Reef Newsletter*, 5 : 15.
- Leão Z.M.A.N., 1982. *Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil*. Ph.D. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida : 218 p.
- Leão Z.M.A.N., 1983. Abrolhos, o refúgio pleistocênico de uma fauna terciária de corais. *Revista Ciências da Terra*, 8 : 22-24.
- Leão Z.M.A.N., 1994. Threats to coral reef environments. *Corals of Southern Bahia*, B.Hetzel & C.B.Castro (eds.), Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro : 177-181.
- Leão Z.M.A.N., 1996. The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68, 3 : 439-452.
- Leão Z.M.A.N., Araujo T.M.F., Nolasco M.C., 1983. The coral reefs off the coast of the State of Bahia, Eastern Brazil. *Reef Newsletter*, 9 : 29-30.
- Leão Z.M.A.N., Araujo T.M.F., Nolasco M.C., 1988. The coral reefs off the coast of eastern Brazil. *Proceedings of the 6th International Coral*

- Reef Symposium*, J.H. Choat *et al.* (eds.), 3 : 339-347.
- Leão Z.M.A.N., Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L., Nolasco M.C., Martin L., 1985. The effects of Holocene sea-level fluctuations on the morphology of the Brazilian coral reefs. *Revista Brasileira de Geociências*, Brasília, 15, 2 : 154-157.
- Leão Z.M.A.N., Dominguez J.M.L., 2000. Tropical coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 41, 1-6 : 112-122.
- Leão Z.M.A.N., Ginsburg R.N., 1997. Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, Lessios H.A. & Macintyre I.G. (eds). 2 : 1767-1772.
- Leão Z.M.A.N., Kikuchi R.K.P., 1999. The Bahian coral reefs, from 7000 years BP to 2000 years AD. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 51, 3/4 : 262-273.
- Leão Z.M.A.N., Kikuchi R.K.P., 2001. The Abrolhos Reefs of Brazil. Coastal Marine Ecosystem of Latin America, U. Seeliger ; L.D. Lacerda ; B. Kjerfve. (Org.), Berlin, 144 : 83-96.
- Leão Z.M.A.N., Kikuchi R.K.P., 2005. A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 51, 5-7 : 599-611.
- Leão Z.M.A.N., Lima O.L., 1982. Caracterização do substrato de recifes de corais holocênicos a partir de dados de sísmica de refração e de perfuração. *Revista Brasileira de Geociências*, Brasília, 12, 4 : 531-535.
- Leão Z.M.A.N., Telles M.D., Sforza R., Bulhões H.A., Kikuchi R.K.P., 1994. Impact of tourism development on the coral reefs of the Abrolhos area, Brazil. *Global aspects of coral reefs: health, hazards and history*, R.N. Ginsburg (compiler), Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida : 254-260.
- Leinz V., Amaral S.E., 1987. *Geologia geral*. Editora nacional, São Paulo : 397 p.
- Lins de Barros M., Castro C.B., Pires D.O., 2000. Coexistence of reef organisms in the Abrolhos Archipelago, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 48, 4 : 741-747.
- Martin L., Dominguez J.M.L., Suguio K., Bittencourt A.C.S.P., Flexor J.M., 1983. Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. *Cahiers de l'ORSTOM*, sér. Géol., XIII, 1 : 59-81.
- Martin L., Suguio K., Flexor J.M., Bittencourt A.C.S.P., Vilas-Boas G., 1979-1980. Le Quaternaire marin brésilien (littoral pauliste, sud fluminense et bahianais). *Cahiers de l'ORSTOM*, sér. Géol., XI, 1 : 95-124.
- Martin L., Suguio K., Flexor J.M., Dominguez J.M.L., Bittencourt A.C.S.P., 1996. Quaternary sea-level history and variation in dynamics along the central Brazilian coast: consequences on coastal plain construction. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68, 3 : 303-354.
- Meyerhöfer M., Marone E., 1996. Transport mechanisms of biogenous material, heavy metals and organic pollutants in east Brazilian waters, small scale investigations. *Sedimentation processes and Productivity in the Continental Shelf Waters off East and Northeast Brazil*, W. Ekau & B. Knoppers (Compilers), Joint Oceanographic Projects (JOPS-II), Cruise Report and First Results, Center for Tropical Marine Ecology, Bremen : 33-43.
- Migotto A. E., 1997. Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. *Proceedings of the VI International Conference on Coelenterate Biology*, Leiden, The Netherlands : 329-335.
- Muehe, D., 1998. *Geomorfologia costeira. Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*, A.J. Teixeira Guerra, S. Baptista da Cunha (org.), Bertrand Brasil (ed.) : 472 p., 253-308.
- Nimer E., 1989. *Climatologia do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro : 421 p.
- Nunam G.W., 1979. The zoogeographic significance of the Abrolhos area as evidenced by fishes. *Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science*, University of Miami, Florida : 146 p.
- Ottmann F., 1962. « L'Atol das Rocas » dans l'Atlantique sud tropical. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 2, V : 101-107.
- Petuch E.J., 1979. New gastropods from the Abrolhos Archipelago and reef complex, Brazil. *Proceedings of Biological Society of Washington*, 92, 3 : 510-526.
- Pitombo F., Ratto C.C., Belém M.J.C., 1988. Species diversity and zonation pattern of hermatypic corals at two fringing reefs of Abrolhos

- Archipelago, Brazil. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*, J.H. Choat (ed.), 2 : 817-820.
- Ponte F.C., Asmus H.E., 1976. The Brazilian Marginal Basins: current state of knowledge. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46 : 215-239.
- Richardson P.L., McKee T.K., 1984. Average Seasonal-Variation of the Atlantic Equatorial Currents From Historical Ship Drifts. *Journal of Physical Oceanography*, 14 : 1226-1238.
- Secchin C., 1986. *Abrolhos, Parque Nacional Marinho, Cor/Ação*, Rio de Janeiro : 128 p.
- Silveira I.C.A., Miranda L.B., Brown W.S., 1994. On the origins of the North Brazil Current. *Journal of Geophysical Research*, 99 : 22501-22512.
- Telles M.D., 1998. Modelo trofodinâmico dos recifes em franja do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos – Bahia. Dissertação de Mestrado, URG : 150 p.
- U.S. Navy, 1978. *US Navy Marine Climatic Atlas of the World*. Volume IV, *South Atlantic Ocean*, Washington D.C. : 325 p.
- Verrill A.E., 1868. Notes of the radiates in the Museum of Yale College, with descriptions of new genera and species, 4, Notes of the corals and echinoderms collected by Prof. C.F. Hartt at the Abrolhos reefs, Province of Bahia, Brazil. *Connecticut Academy of Arts Sciences Transaction*, 1, 2 : 351-371.
- Vicalvi M.A., Costa M.P.A., Kowsmann R.O., 1978. Depressão de Abrolhos: uma paleolaguna Holocênica na plataforma continental leste brasileira. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 21, 4 : 279-286.