

*Le système lagunaire
de Maricá-Guarapina (Brésil)
et ses modifications écologiques récentes
d'origine anthropique*

Lisia BARROSO-VANACÔR (1), Pierre PERRIN (2)
et Jean-Pierre CARMOUZE (3)

RÉSUMÉ

Une description générale du système lagunaire de Maricá-Guarapina et des bassins fluviaux tributaires est faite à partir d'une révision bibliographique et d'observations de terrain. Elle porte sur la géologie, la géomorphologie, la climatologie, l'hydrologie et les formations végétales. Les modifications écologiques récentes de ces milieux lagunaires sont ensuite analysées en fonction des principaux aménagements du bassin versant (déboisements successifs, exploitations de carrières de sable, urbanisation) et du milieu lagunaire lui-même (assèchement des marécages qui entourent les lagunes, construction d'un canal de communication avec la mer, pollution urbaine).

MOTS-CLÉS : Lagune tropicale — Impacts anthropiques — Modifications écologiques — Biodiversité.

RESUMO

O SISTEMA LAGUNAR DE MARICÁ-GUARAPINA E SUAS MODIFICAÇÕES ECOLÓGICAS RECENTES
DE ORIGEM ANTRÓPICA

Uma descrição geral do sistema lagunar de Maricá-Guarapina e de suas bacias hidrográficas, que trata da geologia, da geomorfologia, da climatologia, da hidrologia e das formações vegetais, foi realizada a partir de uma revisão bibliográfica e também de observações de campo. Em seguida, as modificações ecológicas recentes desses meios lagunares são analisadas em função dos principais mudanças antrópicas da bacia (successivos desmatamentos, mineração de areia, urbanização) e do próprio meio lagunar (secagem dos brejos contíguos as lagunas, construção de um canal de comunicação com o mar, poluição urbana).

PALAVRAS CHAVES : Laguna tropical — Impactos antrópicos — Modificações ecológicas — Biodiversidade.

(1) Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Praça 15 de novembro, nº 42, Centro, 20010-010 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

(2) Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense Morro do Valonguinho, 24021-007 Niterói, RJ, Brasil.

(3) Laboratoire d'hydrobiologie, université Montpellier-II, case 093, place E. Bataillon, 34095 Montpellier cedex 5, France.

ABSTRACT

THE LAGOONAL SYSTEM OF MARICÁ-GUARAPINA AND ITS RECENT ECOLOGICAL CHANGES RESULTING FROM HUMAN MANAGEMENT

A general description of the Maricá-Guarapina lagoon system and its associated watershed was produced after a literature review and field reconnaissance. Geology, geomorphology, climatology, hydrology and vegetation are briefly presented. An analysis is given of ecological changes in the lagoon as a result of human influences on the drainage basin (deforestation, sand mining, urbanisation), as well as in the lagoons (wetland drainage, construction of an artificial channel to the sea, urban water pollution).

KEYWORDS: Tropical lagoon — Human impacts — Ecological modifications — Biodiversity.

INTRODUCTION

La frange côtière de l'État de Rio de Janeiro (de 43° 05' à 42° 00' O ; légèrement au nord du 23° S), délimitée par la baie de Guanabara à l'ouest et Cabo Frio à l'est, constitue la Région Est Fluminense, encore dénommée Région des Lagunes, en raison de

la dizaine de systèmes lagunaires qui se succèdent au long de ses 110 km d'extension (fig. 1).

Ces lagunes, bien que présentant quelques caractéristiques communes (faible profondeur, influence des marées très réduite), se différencient notamment par leur taille (elles sont comprises entre 2 et 220 km²) et leur régime de salinité. En effet, certaines se main-

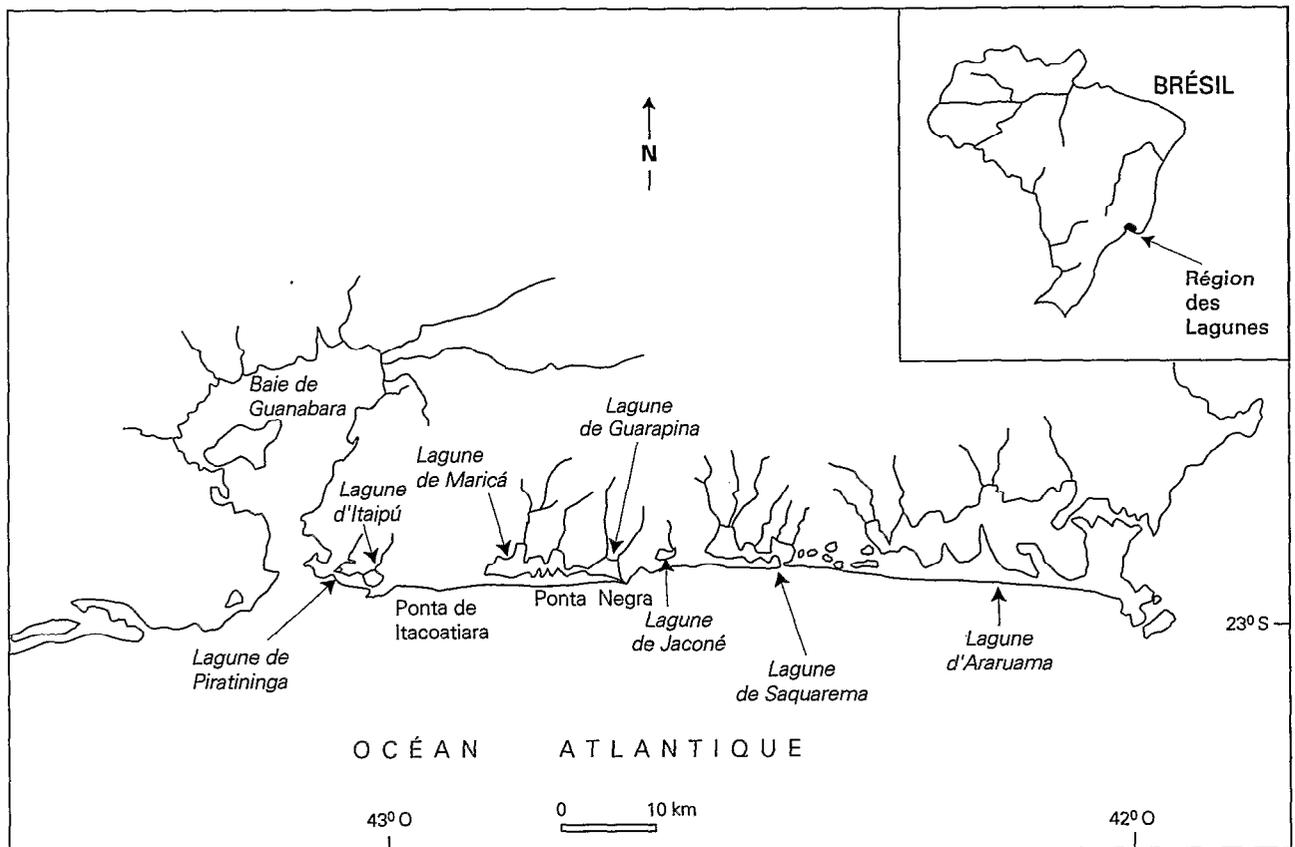


FIG. 1. — Les principaux systèmes lagunaires de la Région Est Fluminense de l'État de Rio de Janeiro.
The coastal lagoons of the Fluminense region in the Rio de Janeiro state.

tiennent oligohalines, d'autres sont hyperhalines, tandis que la plupart d'entre elles subissent de fortes fluctuations saisonnières. De plus, elles ont aussi été très inégalement dégradées par l'homme. L'impact anthropique s'est traduit dès le début de la colonisation, au XVI^e siècle, par l'exploitation de la forêt atlantique, suivie de sa destruction progressive au profit de l'agriculture et de l'élevage. Au cours des années quarante, les terres basses ont été assainies : les marécages associés aux milieux lagunaires ont été en grande partie asséchés à la suite de nombreux travaux de drainage. À la même époque, certaines lagunes ont « bénéficié » de la construction d'un canal de communication avec la mer, dans le but de faciliter l'écoulement des eaux de crues et ainsi de réduire les surfaces inondées, foyers de paludisme. Enfin, l'impact le plus récent est à mettre au compte de l'urbanisation accélérée de la région, notamment des pourtours lagunaires. Ainsi, de nos jours, plusieurs lagunes se trouvent presque entièrement incorporées dans le tissu urbain. Leurs bassins ont perdu leurs caractéristiques originelles, et elles-mêmes reçoivent d'importants rejets domestiques non traités qui les ont conduites à un état d'hypertrophie. D'autres plus éloignées des agglomérations et de moindre intérêt touristique sont encore préservées et ne dépassent pas le stade mésotrophe (KNOPPERS *et al.*, 1991).

Le présent article précède une série de travaux qui portent spécifiquement sur les causes et les conséquences des mortalités massives de poissons, régulières en été dans la lagune de la Barra (ARCIFA *et al.*, 1994 ; AZEVEDO et CARMOUZE, 1994 ; Carmouze *et al.*, 1994 a et b ; DOMINGOS *et al.*, 1994 ; MENEZES et DOMINGOS, 1994). Il comprend une description générale du système lagunaire de Maricá-Guarapina, auquel appartient la lagune de la Barra, et met l'accent sur les modifications récentes d'origine anthropique et leurs incidences sur l'écologie de ce système.

ÉLÉMENTS MORPHOMÉTRIQUES

Le bassin versant du système lagunaire de Maricá-Guarapina est compris entre 22° 53' et 22° 58' S et 42° 40' et 43° 00' O. Il se présente sous la forme d'un amphithéâtre de 350 km², orienté selon la direction NE-SO et délimité par une façade maritime de 35 km (fig. 1).

Le milieu lagunaire comprend, d'ouest en est, la lagune de Maricá (18,2 km²), la lagune de la Barra (6,2 km²), la lagune du Padre (3,1 km²) et la lagune de Guarapina (8,6 km²) (fig. 2). Ces quatre milieux sont bien individualisés topographiquement. La lagune de Maricá communique avec celle de la Barra

par une passe d'une quinzaine de mètres de largeur et de 2 à 3 m de profondeur. Un nouvel étranglement, de 300 m de long, d'une trentaine de mètres de large et de profondeur inférieure à 1 m, sépare la lagune de la Barra de celle du Padre. Enfin, cette dernière est reliée à la lagune de Guarapina par un chenal de 2,3 km de long et de 50 m de large, encombré de végétation, le Cordeirinho. La communication avec la mer, située à l'extrémité est du système lagunaire, est assurée par un canal de 1,4 km de long et d'une largeur qui varie de 5 à 30 m. Les profondeurs sont comprises entre 0,5 et 2,0 m dans les lagunes de Maricá et de la Barra. Elles sont légèrement plus faibles dans les lagunes du Padre (< 1 m) et de Guarapina (< 1,5 m).

GÉOLOGIE, GÉOMORPHOLOGIE ET FORMATIONS SUPERFICIELLES

La physionomie actuelle du bassin a été façonnée par :

- une tectonique cassante qui a conduit à la mise en place d'une série alternée de horsts et grabens d'orientation NE-SO ;

- des climats qui ont été suffisamment pluvieux, lors des ultimes phases géologiques, pour débayer les versants de leur manteau d'altérites et remblayer les vallées ;

- des transgressions holocènes qui ont abouti à la formation de lagunes séparées de l'océan par un cordon sableux (LAMEGO, 1945 ; COE NETO *et al.*, 1986 ; PERIN, 1986).

La description géologique de la région, qui résulte des travaux du DRM/RJ (1981), met bien en évidence une succession de chaînons abrupts constitués de roches gneissiques qui datent du Précambrien, séparés par des vallées d'effondrement comblées, en surface du moins, par des sédiments meubles du Pléistocène supérieur et de l'Holocène. La chaîne du Mato Grosso, qui sépare les bassins des systèmes lagunaires de Maricá et de Saquarema, surplombe la région avec un pic culminant à 900 m d'altitude. Les vallées, qui se caractérisent par des fonds plans et mal drainés, s'évasent en glacis marécageux avant de laisser place aux milieux lagunaires. Les climats pluvieux de l'Holocène, succédant à des climats secs, ont favorisé l'ablation des versants qui ne sont plus actuellement recouverts que d'une mince couche d'altérites sur laquelle se sont principalement développés des sols ferrugineux tropicaux lessivés (podzols rouge-jaune). Les vallées ont ainsi été remblayées par ce matériau fin à matrice argileuse. Dans les basses terres, de pentes faibles, les mauvaises

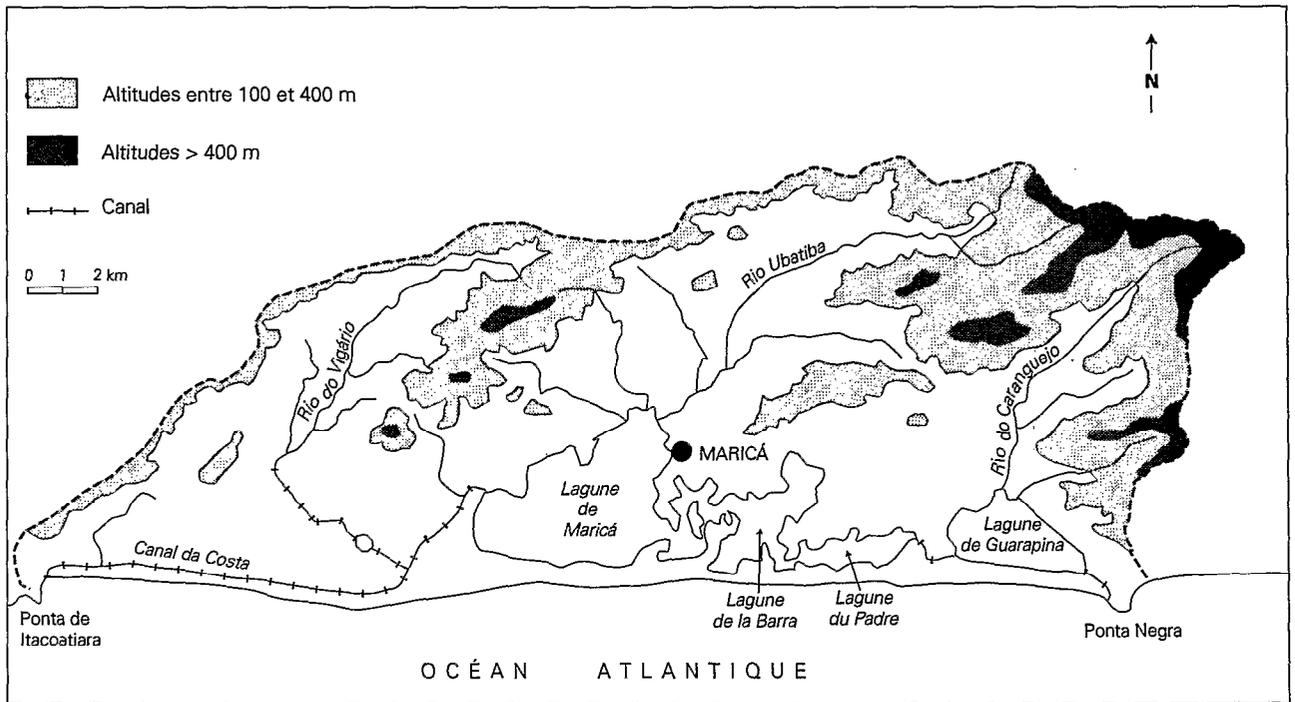


FIG. 2. — Le système lagunaire de Maricá-Guarapina.
The lagoon system of Maricá-Guarapina.

conditions de drainage ont conduit à la formation de sols hydromorphes (RADAMBRASIL, 1983 ; PERRIN, 1986).

Contrairement à ces deux unités de paysage, chaînons et vallées, dont l'origine est essentiellement tectonique, celle des milieux lagunaires et des cordons littoraux provient de causes eustatiques. En effet, l'histoire de la formation des lagunes et des cordons littoraux se confond avec celle des variations du niveau de la mer. Au cours de la transgression marine qui sépare les deux dernières glaciations, il y a cent vingt mille ans, la mer s'est avancée jusqu'au pied des versants. Elle a remblayé l'anse dans laquelle le Vigário débouchait, tout en laissant libres celles de l'Ubatiba et du Caranguejo. Elle a édifié alors un cordon qui actuellement s'étend jusqu'à l'ancien îlot Fundão (fig. 2), séparant les lagunes de Maricá et de la Barra. Le débouché du Vigário vers l'océan s'est trouvé définitivement bloqué, et un lac s'est formé en arrière du cordon. Lors de la transgression holocène, un second cordon parallèle au premier s'est développé tout au long de la côte jusqu'à Ponta Negra. La formation des lagunes actuelles date de cet événement (MARTIN et SUGUIO, 1989).

LE CLIMAT ET LA VÉGÉTATION

Le climat actuel de cette région correspond à un climat tropical humide à subhumide. La température moyenne annuelle est de 23°C. Les précipitations sont comprises entre 1 100 et 1 500 mm par an, généralement plus abondantes en été qu'en hiver. La chaîne du Mato Grosso joue un rôle très important sur la distribution des pluies. Les totaux pluviométriques moyens annuels augmentent progressivement de Niterói (1 100/1 300 mm) jusqu'au versant occidental du Mato Grosso (1 500/1 700 mm), puis diminuent du versant oriental de ce dernier jusqu'à Cabo Frio, où ils ne dépassent pas 800 mm par an (BARBIERE, 1986). La présence du Mato Grosso crée un microclimat plus nuageux et humide sur le bassin de Maricá-Guarapina. La principale originalité du climat de cette région vient de ce qu'il est en grande partie contrôlé par des masses d'air tropicales chaudes, d'origine océanique et continentale de secteur nord-est et nord, qui sont fréquemment remplacées par des masses d'air polaires plus froides, de secteur sud-ouest, pour des durées de un à cinq jours

en été, et de trois à huit jours en hiver. Ces masses, en provenance de l'Atlantique Sud, sont séparées des masses tropicales par des fronts qui progressent le long de la côte atlantique. Encore bien marqués à la latitude de Rio de Janeiro, ces fronts dégénèrent en discontinuités diffuses au-delà du quinzième parallèle (BERNARDES, 1952). Leurs passages sont souvent synonymes de mauvais temps (baisse de la température de l'air de 5 à 10 °C, diminution de la durée d'ensoleillement, précipitation).

La forêt atlantique, qui à l'origine couvrait l'ensemble des bassins, fut vite exploitée à la fin du XVI^e siècle par les premiers colonisateurs à la recherche de bois précieux, dont le Pau Brasil (*Caesalpinia echinata*), puis remplacée par une végétation secondaire. Dans les terres basses, dominées par la présence d'arbustes couverts d'épiphytes, la forêt fut remplacée par de vastes prairies à Taboa (*Typha domingensis*) et Samambaia-do-brejo (*Acrosticum aureum*) (RADAMBRASIL, 1983). Au milieu du XIX^e siècle, des plantations de canne se multiplièrent dans les bas-fonds, tandis qu'au début du XX^e siècle, des plantations de café s'étendirent sur les versants des massifs montagneux. La forêt secondaire n'occupait plus alors que les sommets des chaînons et les pentes les plus abruptes. Cette économie agricole ne résista que quelques décennies à la concurrence des régions voisines. Dès les années quarante, les plantations de canne et de café furent progressivement remplacées par des pâturages et des plantations fruitières et maraîchères qui persistent jusqu'à ce jour. Toutefois, ces dernières années, les images de satellite Landsat montrent que les zones cultivées diminuent au profit des pâturages (NUNES *et al.*, 1989). Il est sûr que l'érosion des sols s'est intensifiée à la suite de la destruction de la couverture végétale primaire, de même que le colmatage des embouchures des rivières. Ce processus est actuellement grandement amplifié par l'extraction de sable dans le lit des rivières. Cette activité est responsable des hautes teneurs de matériaux en suspension en aval des sites d'extraction. À titre d'exemple, le rapport entre transports solides et dissous varie respectivement de 0,04 à 0,45 en amont de ces sites et de 2,69 à 9,03 en aval (BARROSO, 1991).

Mais, sans aucun doute, les changements qui ont le plus directement touché les milieux lagunaires sont à mettre au compte des travaux d'assèchement des marécages attenants aux lagunes, exécutés aux cours des décennies quarante et cinquante par le Département national des ouvrages d'assainissement, le DNOS, dans le but d'éradiquer le paludisme. La physiologie de la plupart des milieux lagunaires s'en est trouvée profondément modifiée (OLIVEIRA *et al.*, 1955; CARMOUZE et BARROSO, 1989; CARMOUZE *et al.*, 1994 a et b). C'est principalement sur l'impact

de ces travaux que nous allons insister dans notre analyse des modifications récentes du système Maricá-Guarapina.

LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET L'HYDROGRAPHIE DES MILIEUX LAGUNAIRES

Le réseau hydrographique est constitué de trois sous-bassins principaux : d'ouest en est, celui du Vigário, de l'Ubatiba puis du Caranguejo. Le Vigário (ou Roncador) débouche à l'extrémité sud-ouest du bassin sur une côte qui a été remblayée au Pléistocène supérieur par la mer. L'écoulement de ses eaux, en direction de la lagune de Maricá, a été facilité par le creusement d'un canal au cours du siècle dernier. L'Ubatiba débouche plus au nord dans la même lagune, après avoir traversé l'agglomération de Maricá, tandis que le rio Caranguejo, issu d'un bassin encore peu touché par l'urbanisation, déverse ses eaux dans la lagune de Guarapina. Le régime de ces petites rivières n'est pas pondéré. Il est marqué par des crues rapides en réponse aux violentes pluies tropicales, alternant avec des étiages prolongés. Leurs débits moyens annuels sont de l'ordre de 0,6 m³.s⁻¹.

Ces trois sous-bassins présentent, d'amont en aval, les mêmes successions d'ensembles lithologique, topographique et végétal, de sorte que la composition chimique des principales rivières connaît la même évolution spatiale. OVALLE *et al.* (1990) montrent que, dans les parties supérieures des sous-bassins versants, les eaux sont plus faiblement minéralisées que dans les régions basses (conductivités entre 70 et 200 µS en amont contre 150-300 µS en aval) et présentent un faciès chimique légèrement distinct : les rapports de concentrations cationiques, Na⁺/Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺, et anioniques, Cl⁻/SO₄²⁻/HCO₃⁻, exprimés en moles, sont respectivement égaux à 18/2,2/1,7/1 et 70/7,8/1 en amont et à 13,5/1,9/2,2/1 et 84/11/1 en aval. Dans les deux cas prédomine un faciès chloruré-sodique qui souligne l'influence des apports atmosphériques marins (embruns, aérosols) sur le bassin versant et aussi la faible altération chimique d'un substrat rocheux, principalement constitué de matériaux peu évolués (gneiss, altérites). Une altération notable conduirait, en effet, à des eaux plus riches en ions K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ et HCO₃⁻. En période d'étiage, les eaux lagunaires pénètrent dans les embouchures des rivières et se mélangent aux eaux douces. Les conductivités atteignent alors des valeurs de 1 000 à 3 500 µS.cm⁻¹.

L'ensemble des lagunes présente un régime hydrologique du type «étranglé» selon la classification de KJERFVE (1986), c'est-à-dire très faiblement

influencé par les marées. Le marnage, qui est de l'ordre de 50-60 cm en mer, n'est plus que de 3 cm dans la lagune de Guarapina et de 1 cm dans celle de la Barra. Le temps de résidence des eaux a été estimé à deux mois en moyenne dans la lagune de Maricá et à deux semaines dans celle de Guarani (KNOPPERS *et al.*, 1991).

Il doit être de l'ordre de quinze à vingt jours dans la lagune de la Barra. Les salinités présentent un gradient spatial bien marqué, du fait que ces milieux communiquent mal entre eux pour des raisons topographiques : les salinités des eaux de Maricá sont généralement comprises entre 1 et 5 ‰, celles de la Barra entre 3 et 8 ‰, celles du Padre entre 5 et 15 ‰ et celles de Guarapina entre 12 et 35 ‰.

LES MODIFICATIONS RÉCENTES D'ORIGINE ANTHROPIQUE

L'occupation du site de Maricá par les premiers colons remonte au début du XVI^e siècle et, comme nous venons de le voir, leur premier acte a été d'exploiter la Forêt Atlantique pour ses bois précieux. Les descendants ont procédé dès le début du XIX^e siècle à d'importants défrichements dans les vallées et les versants montagneux à pentes douces en vue de développer l'agriculture. Mais les premières interventions qui ont directement touché les milieux lagunaires concernent les divers travaux d'assainissement (rectification des cours des rivières, drainage des terres basses, etc.), réalisés par le DNOS à la fin des années quarante. Pour parvenir à l'éradication complète des maladies paludéennes, le DNOS a jugé indispensable la mise en communication permanente de la lagune avec la mer. C'est ainsi que fut creusé le canal de Guarapina, qui devint fonctionnel en 1950. L'impact sur l'environnement a été tel, qu'il est devenu commun de distinguer la lagune d'avant 1950, ou lagune « ancienne », qui était sous la dépendance du régime des crues, de celle d'après 1950, ou lagune « moderne », qui se maintient au niveau de la mer, tout en étant peu influencée par les marées (OLIVEIRA *et al.*, 1955).

Avant l'existence du canal, les grandes crues saisonnières provoquaient l'ouverture naturelle du cordon sableux qui sépare la mer du milieu lagunaire, au niveau de la lagune de la Barra, ou encore obligeaient les pêcheurs à creuser un canal en ce même endroit pour limiter l'extension des zones inondées. La mer mettait généralement moins d'un mois pour colmater la brèche. Ce cordon sableux, d'après les relevés topographiques du littoral, disponibles depuis 1836, se trouve dans une phase d'épaississement. Ce phénomène s'est accompagné d'une éléva-

tion graduelle de la cote du plan d'eau, provoquant l'ouverture naturelle du cordon de sorte que, au fil des années, les interventions des pêcheurs ont dû devenir de plus en plus fréquentes pour éviter l'inondation de leurs propres maisons.

En fonction de ce type de communication avec la mer, la lagune ancienne présentait un cycle défini par cinq périodes types :

- une période de dilution des eaux lagunaires par les pluies, souvent accompagnée par des mortalités par hypotonie ;

- une période de lagune « pleine » caractérisée par des eaux oligohalines (2 à 10 ‰) et stagnantes ;

- une période d'écoulement par ouverture naturelle ou artificielle du cordon sableux qui sépare la mer de la lagune de la Barra, suivie d'un assèchement des zones inondées ;

- une période de lagune « vide », marquée par l'augmentation de la salinité de ses eaux sous l'influence des marées ;

- une dernière période de stagnation caractérisée par des eaux méso — et polyhalines (respectivement, de 10 à 18 ‰ et de 18 à 30 ‰), après colmatage de la passe. Le retour à la première période était provoqué par l'arrivée des nouvelles pluies (OLIVEIRA *et al.*, 1955).

En dehors des époques de fortes crues qui précédaient l'ouverture artificielle ou naturelle du cordon littoral, la salinité des eaux diminuait de la lagune de la Barra en direction des lagunes de Maricá et de Guarapina, tout en se maintenant supérieure à 10 ‰, de sorte qu'un bon nombre d'espèces côtières trouvaient de bonnes conditions d'adaptation et de développement dès leur entrée dans le milieu lagunaire. Parmi la vingtaine d'espèces de poissons les plus représentatifs prédominaient la tainha, *Mugil platanus* et *Mugil lisa*, la corvina, *Micropogonias opercularis*, le robalo, *Centropomus parallelus* et la savelha, *Brevoortia tyrannus*. Les crevettes étaient principalement représentées par *Penaeus brasiliensis* et les crabes par *Callinectes sapidus* et *Portunus spinimanus*. Après la fermeture du cordon, le milieu lagunaire se transformait en un immense vivier d'une productivité exceptionnelle : 650 kg de poissons par hectare et par an et 90 kg de crustacés par hectare et par an. On est loin des 50 kg par hectare et par an obtenus dans les lacs tempérés les plus productifs (OLIVEIRA *et al.*, 1955).

L'ouverture du canal de Guarapina a complètement modifié le régime hydrologique et hydrochimique de la lagune, de même que les peuplements lagunaires. Le niveau du plan d'eau s'est mis à accompagner celui du niveau marin et correspond approximativement à celui de la lagune ancienne « vide ». Il présente toutefois une certaine inertie à l'égard des apports. Lors des fortes pluies tropicales,

TABLEAU I

Gammes de salinité des eaux dans chacune des lagunes du complexe lagunaire Maricá-Guarapina, avant et après l'ouverture du canal de Guarapina en 1951.

Les données antérieures à 1951 proviennent de OLIVEIRA *et al.*, (1955)
Salinities of the different lagoons of the system of Maricá-guarapina, before and after the construction of the Guarapina channel in 1951. Data prior to 1951 are from OLIVEIRA et al., (1955)

Lagunes	Avant l'ouverture du canal (%)	Après l'ouverture du canal (%)
Lagune de Maricá	8 - 20	1 - 5
Lagune de la Barra	15 - 35	3 - 8
Lagune de Padre	10 - 15	5 - 15
Lagune de Guarapina	5 - 12	15 - 33

la cote du plan d'eau au point le plus distant du canal peut augmenter très temporairement de 50 à 70 cm tandis que, à l'époque de la lagune ancienne, la cote de la lagune «pleine» se situait 1,25 m au-dessus de celle de la lagune «vide». La première conséquence de ce nouveau régime hydrologique a été l'assèchement définitif des franges marécageuses, qui représentaient 15 % de la superficie totale du milieu, et la réduction notable du périmètre lagunaire. Il s'est établi une nouvelle distribution spatiale des salinités. Les lagunes de Maricá et de la Barra sont devenues oligohalines (salinités entre 1 et 5 ‰, pour la première, et entre 3 et 8 ‰, pour la seconde), celle du Padre, oligo-mésohaline (entre 5 et 15 ‰), et celle de Guarapina, méso-euhaline (entre 15 et 30 ‰) (tabl. I). En fonction de ce nouveau gradient de salinité et de la baisse générale du plan d'eau, de nombreuses biocénoses furent détruites. Une grande partie des formations riveraines de *Ruppia*, *Chara*, *Enteromorpha*, *Myriophyllum* et *Ulothrix*, qui abondaient avant 1950, ont disparu et avec elles les ensembles de copépodes, d'ostracodes, d'amphipodes, d'insectes et d'autres petits animaux qui leur étaient étroitement associés : une grande perte en termes de nourriture pour les poissons et les crevettes (OLIVEIRA *et al.*, 1955). À cet appauvrissement en niches écologiques s'est ajouté le fait que, maintenant, seules les espèces capables de résister aux grandes variations de salinité peuvent se développer dans le milieu lagunaire qui est devenu, à l'exception de Guarapina, oligohalin. Par ailleurs, en raison du colmatage partiel du canal, les espèces côtières ne pénètrent en grand nombre qu'à l'occasion des marées d'équinoxe et de syzygie. L'entrée des savelhas et des tainhas reste encore notable, celle des crevettes est très réduite. Les pêcheurs pensent que les

jeunes crevettes et leurs larves ont beaucoup plus de difficulté à pénétrer par le canal qui dispose d'un lit rocheux que par une ouverture du cordon sableux. De plus, l'orientation de l'extrémité du canal est défavorable à l'entrée passive des formes planctoniques (OLIVEIRA *et al.*, 1955).

La chute de la productivité ne s'est pas fait attendre. En l'espace de deux ans, les huit cents familles qui vivaient de la pêche ont dû se déplacer et se reconvertir à d'autres activités. Leur déplacement a été accéléré par l'expropriation de leurs terres en vue de réaliser des lotissements de résidences secondaires. Lorsque la mairie de Maricá inaugura un nouvel ensemble frigorifique en 1953, il n'y avait plus de pêcheurs professionnels, ils avaient tous vendu leurs filets de pêche! Une enquête récente menée par BARROSO (1989) révèle que la production actuelle se situe autour de 25 kg par hectare et par an. Cette chute de la productivité du milieu s'est accompagnée d'une forte diminution de la biodiversité, comme le montre le tabl. II.

TABLEAU II

Relevé des espèces de crustacés et de poissons présentes dans la lagune de Maricá en 1951 et en 1989.

Sources : OLIVEIRA *et al.*, (1955) et BARROSO (1991)

Lists of crustaceans and fishes present in the lagoon of Maricá in 1951 and in 1989, respectively from OLIVEIRA et al., (1955) and BARROSO (1991)

Dates	Noms vernaculaires et scientifiques
1951	<p>camarão, <i>Penaeus brasiliensis</i> siri-candeia, <i>Portunus spinimanus</i> siri-puan, <i>Callinectes sapidus</i> pitú, <i>Macrobrachium</i> sp.</p> <p>tainha, <i>Mugil platanus</i> parati, <i>Mugil curema</i> corvina, <i>Micropogonias opercularis</i> robalo, <i>Centropomus parallelus</i> caratinga, <i>Eugerres brasiliensis</i> savelha, <i>Brevoortia tyrannus</i> canhanha, <i>Archosagus animaculatus</i> solteira, <i>Oligoplites saurus</i> faqueco, <i>Carangops amblyrhynchus</i> bagre-guri, <i>Arius luniscutis</i> pampo, <i>Trachionotus falcatus</i> ubarana, <i>Elops saurus</i></p>
1989	<p>camarão, <i>Penaeus brasiliensis</i></p> <p>tainha, <i>Mugil platanus</i> parati, <i>Mugil curema</i> robalo, <i>Centropomus parallelus</i> savelha, <i>Brevoortia tyrannus</i></p>

La mise en pratique de cette politique de distribution de lots pour résidences secondaires a complètement transformé Maricá, qui était restée jusqu'alors une bourgade vivant de la pêche et de l'agriculture. Son urbanisation s'est accélérée à partir de 1975, à la suite de la construction du pont Rio-Niterói qui a considérablement réduit, pour les habitants de Rio de Janeiro, le temps d'accès à cette région. De 1970 à 1990, la population de Maricá est passée de 30 000 habitants à près de 100 000. Cette population double en période estivale. Le réseau d'égouts est très précaire, et il n'y a pas de station de traitement des eaux usées. Ce problème est très partiellement résolu par la mise en place de fosses septiques individuelles (FUNDREM, 1979). Mais, en réalité, les vrais collecteurs d'égouts sont les eaux fluviales et les eaux de ruissellement riveraines, tandis que le milieu lagunaire joue le rôle de station d'épuration des eaux domestiques. Les données disponibles sur les apports d'éléments biogéniques sont discontinues et ne portent que sur les nutriments fluviaux. À titre indicatif, les concentrations moyennes des eaux fluviales en nitrate, ammonium et phosphates sont respectivement égales à 6,5, 4,0 et 3,5 $\mu\text{moles.l}^{-1}$. Ce sont des valeurs relativement faibles bien que localement elles puissent doubler, voire tripler (BARROSO, 1991). Mais il est probable qu'une grande partie des éléments biogéniques proviennent des eaux de ruissellement et, parmi ceux-ci, une grande fraction sous forme de matière organique, de sorte qu'il n'est pas possible à l'heure actuelle de faire une estimation sûre des entrées de N et P dans les lagunes. Quoiqu'il en soit, il est certain que la pollution domestique s'accroît proportionnellement à l'urbanisation périphérique et ainsi aggrave les méfaits de la construction du canal de Guarapina, c'est-à-dire la chute de la biodiversité et celle de la productivité halieutique. Les mortalités de poissons, qui ont lieu presque chaque année en été, en représentent l'effet le plus visible et le plus spectaculaire.

CONCLUSIONS

Il faut reconnaître que le canal de Guarapina, qui a été construit dans le but d'assainir la lagune, a pleinement rempli son rôle. Il n'existe plus de zones

d'eau stagnante, foyers de maladies paludéennes. Les eaux fluviales ne causent plus d'inondations. Elles s'écoulent en direction de l'océan, réduisant considérablement les fluctuations du plan d'eau et maintenant les rives sèches. Mais cette œuvre a été désastreuse sur le plan écologique. L'ouverture du canal a en effet entraîné la disparition de nombreuses biocénoses qui avaient pour support des prairies à macrophytes et des secteurs à macroalgues. Si la disparition des macrophytes est à associer à l'assèchement des bordures, celle des macroalgues est moins facile à expliquer car les causes peuvent en être multiples : modification du régime de salinités des eaux, baisse de la cote du plan d'eau, diminution de la transparence, effets indirects de la pollution domestique, etc. La chute de la productivité coïncide bien avec l'élimination de ces biocénoses. Le même phénomène s'est produit dans la lagune voisine de Saquarema (CARMOUZE et BARROSO, 1989).

Mais lorsque l'on en vient à la situation actuelle, qui souffre de la multiplication des foyers de pollution domestique, il est probable que la situation de la lagune serait pire sans l'existence du canal qui a l'avantage d'éviter la stagnation des eaux. En été, la lagune de Maricá se transformerait en station de traitement des eaux usées. Les études qui font suite à cet article (*op. cit.*) montrent bien le stade d'eutrophisation avancé de la lagune de la Barra, qui se traduit par la simplification de son organisation trophique et de son fonctionnement, accordant une grande importance au recyclage de la matière organique à travers la boucle microbienne. Ainsi, en l'absence d'une politique de traitement des eaux usées, le maintien d'une ouverture permanente avec la mer est devenu indispensable. Toutefois, le rôle de chasse exercé par le canal serait amélioré si le canal du Cordeirinho, qui relie les lagunes de Guarapina et du Padre, était déblayé pour permettre une meilleure évacuation des eaux en provenance de la lagune de Maricá. Le bénéfice serait également d'ordre écologique. Le canal faciliterait la pénétration des eaux euhalines de Guarapina, ce qui aurait pour effet d'atténuer le caractère oligohalin des lagunes du Padre, de la Barra et de Maricá ; ainsi, le canal ne serait plus un obstacle à la pénétration de certaines espèces marines dans ces milieux.

RÉFÉRENCES

- ARCIFA (M. S.), CASTILHO (M. S. M.), CARMOUZE (J.-P.), 1994 — Composition et évolution du zooplancton dans une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 27 (3) : 251-263.
- AZEVEDO (S. M. F. O.), CARMOUZE (J.-P.), 1994 — Une mortalité de poissons dans une lagune tropicale (Brésil) durant une période de dominance de Cyanophyceae. Coïncidence ou conséquence? *Rev. Hydrobiol. trop.*, 27 (3) : 265-272.
- BARBIERE (E. B.), 1986 — *Distribuição da pluviosidade ao longo do trecho Niterói — Cabo Frio (RJ)*. Curitiba, Reunião Anual da SBPC, 38, Resumos.
- BARROSO-VANACÔR (L.), 1989 — *Diagnóstico Ambiental para a Pesca de Aguas interiores no Estado de Rio de Janeiro*. Ibama (RJ), Acumep, doc. 4, 177 p.
- BARROSO-VANACÔR (L.), 1991 — *Hidrogeoquímica das Bacias Hidrográficas do Sistema Lagunar de Maricá-Guarapina (RJ)*. Niterói (RJ), Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em geoquímica, Dissertação de Mestrado, 146 p.
- BERNARDES (L. M. C.), 1952 — Tipos de Clima do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Bras. Geog.*, 14 : 57-80.
- CARMOUZE (J.-P.), BARROSO-VANACÔR (L.), 1989 — «Recent environmental modifications of the lagoon of Saquarema and its watershed, Rio de Janeiro, Brazil». In : *International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary : Past-Present-Future*, São Paulo, Abstracts : 65-69.
- CARMOUZE (J.-P.), FARIAS (B.), DOMINGOS (P.), 1994 — Évolution du métabolisme d'une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 27 (3) : 199-215.
- CARMOUZE (J.-P.), ÉLIA SAMPAIO (C. D'), DOMINGOS (P.), 1994b — Évolution des stocks de matière organique et de nutriments dans une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 27 (3) : 217-234.
- CARMOUZE (J.-P.), BERNARDES (M.), DOMINGOS (P.), 1995 — Asphyxie des lagunes côtières de l'État de Rio de Janeiro. *Orstom Actualités*, 46 : 23-26.
- COE NETO (R.), FROIDEFOND (J. M.), TURCO (B.), 1986 — Géomorphologie et chronologie relative des dépôts sédimentaires récents du littoral brésilien à l'est de Rio de Janeiro. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 40 : 67-83.
- DOMINGOS (P.), HUSZAR (V. L. M.), CARMOUZE (J.-P.), 1994 — Composition et biomasse du phytoplancton d'une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 27 (3) : 235-250.
- DRM/RJ, 1981 — *Projeto Carta Geológica ao 1 : 50.000. Folhas Maricá e Saquarema*. Niterói (RJ), Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro.
- FUNDREM, 1979 — *Plano Diretor Urbano de Maricá, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, 176 p.
- KJERFVE (B.), 1986 — «Comparative Oceanography of Coastal Lagoons». In Wolfe (D. A.), éd. : *Estuarine Variability*, New York, Academic Press : 63-82.
- KNOPPERS (B.), KJERFVE (B.), CARMOUZE (J.-P.), 1991 — Trophic states and water turn-over time in six choked coastal lagoons in Brazil. *Biogeochemistry*, 14 : 149-166.
- LAMEGO (A. R.), 1945 — *Ciclo evolutivo das lagunas fluminenses*. Rio de Janeiro, Boletim DNPM, 118, 48 p.
- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), 1989 — «Excursion route along the brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (North of State of Rio de Janeiro)». In : *International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary : Past-Present-Future*. São Paulo, special publication 2, 136 p.
- MENEZES (M.), DOMINGOS (P.), 1994 — La flore planctonique d'une lagune tropicale (Brésil). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 27 (3) : 273-297.
- NUNES (M. F. S. Q. C.), GUIMARÃES (E. M. M.), RAMOS (M. C. L.), 1989 — «Environmental evaluation of the coastal area of Maricá district. A methodological Assay». In Neves (C.), éd. : *Coastlines of Brazil*, Charleston : 259-266.
- OLIVEIRA (L. P. H.), NASCIMENTO (R. K. L.), KRAU (L.), MIRANDA (A. S. A.), 1955 — Observações biogeográficas e hidrobiológicas sobre a lagoa de Maricá, Rio de Janeiro. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 53 (2-4) : 171-227.
- OVALLE (A. R. C.), BARROSO (L. V.), DE PAULA (F. C. F.), PERRIN (P.), BIDONE (E. D.), 1990 — Caracterização de facies hidrogeoquímicas e compartimentação das bacias de drenagem do sistema lagunar de Maricá-Guarapina, Rio de Janeiro. *Acta Limnol. Brasil.*, 3 (2) : 887-906.
- PERRIN (P.), 1986 — Geomorphic evolution of the catchment basin of Maricá (Rio de Janeiro) : an attempted correlation with sea-level variations. In Rabassa (J.), éd. : *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, Rotterdam, A. A. Balkema, 4 (13) : 251-268.
- RADAMBRASIL, 1983 — *Levantamento de Recursos Naturais, Folha Rio de Janeiro/Vitória : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, Ministerio das Minas e Energia/Departamento Nacional da Produção Mineral, 700 p.