



Asphyxie des lagunes côtières de l'état de Rio de Janeiro

L'Etat de Rio de Janeiro compte une vingtaine de lagunes, qui correspondent à des bassins côtiers, isolés par la progression de cordons sableux au milieu de l'Holocène, ainsi qu'à des marécages issus de la sur-exploitation forestière pratiquée dans cette région au XVIème siècle. Les grands travaux entrepris par le Gouvernement Fédéral brésilien dans les années 40 pour assainir ces zones malsaines (drainages, terrassements, construction de canaux...) ont eu un impact important sur le plan écologique, aggravé par l'urbanisation accélérée. L'Orstom et l'Université Fédérale Fluminense ont entrepris d'étudier depuis 1986 les modifications survenues dans les écosystèmes lagunaires, en vue d'apporter des solutions à l'appauvrissement de ces milieux.

Lagune de Saquarema
Photo : Jean-Claude Leprun.

Lagune de Piratininga. Mortalité de poissons due à une intoxication provoquée par des cyanobactéries

L'assèchement des zones marécageuses entraîna la destruction de niches écologiques et donc la diminution de la biodiversité du milieu. En effet, les marécages, en plus de posséder une flore et une faune bien spécifiques, faisaient partie intégrante du milieu lagunaire, lieux d'abri et de frai pour une grande variété de poissons maintenant disparus. L'assèchement des marécages fut suivi quelques années plus tard dans certaines lagunes, comme celle de Saquarema, par la disparition des macro-algues (*ulva*, *enteromorpha*, *chladofora*...) qui sont pour une bonne part responsables de la grande richesse biologique du milieu.

La plupart des lagunes communiquaient avec la mer en périodes de crues, soit naturellement, soit par des saignées pratiquées par les pêcheurs pour limiter l'expansion des zones inondées. Cette communication lagune-mer avait un effet très positif sur la pêche. Des eaux riches en plancton (diatomées, copépodes, larves de crevettes) et des poissons pénétraient dans les lagunes. Après la fermeture naturelle de la barre, les lagunes devenaient de véritables viviers. Ce n'est plus le cas de celles qui sont maintenant reliées en permanence à la mer par des canaux ; les poissons et les crevettes peuvent à tout moment rejoindre le milieu marin avant d'avoir atteint l'âge adulte.

POLLUTION DOMESTIQUE ET SÉLECTION BIOLOGIQUE

De nos jours, le principal fléau des milieux lagunaires est la pollution domestique. Les lagunes Rodrigo de Freitas, Marapendi, Jacarepagua, Tijuca, Piratininga et Itaipu sont maintenant englobées dans le "grand" Rio. Des lagunes plus éloignées, comme celles de Marica, Saquarema et d'Araruama, lieux de villégiature, font également l'objet d'une urbanisation accélérée. Ces milieux sont soumis, à des degrés variables, à des apports croissants d'eaux usées non traitées, riches en éléments biogéniques (matière organique



Photo : Jean-Pierre Carmouze

et sels nutritifs) et tous subissent une évolution structuro-fonctionnelle, connue sous le nom d'eutrophisation.

Ce phénomène est variable d'un milieu à l'autre, mais il conduit presque toujours à une sévère sélection biologique qui a pour effet de diminuer la biodiversité. La sélection s'exerce en premier lieu sur les groupes d'organismes photosynthétiques. Les algues "bleu-vertes" (cyanophycées) prédominent généralement. Les causes de leur prolifération, qui ont lieu principalement en été, sont multiples. Certaines de ces algues ont la capacité de fixer l'azote moléculaire dissous dans l'eau, ce qui leur confère souvent un avantage décisif en milieux tropicaux réputés pour leur carence en azote. Elles constituent un groupe assez hétérogène où l'on rencontre des organismes unicellulaires isolés de taille inférieure à 1 µm, d'autres de plus grande taille groupés en colonies de plusieurs cm. Dans la plupart des lagunes étudiées, ce sont des espèces de petites tailles (entre 1 et 3 µm) qui parviennent à s'imposer et à prendre une grande importance dans l'organisation trophique du milieu. De par



Photo : Jean-Pierre Carmouze

Vue aérienne du système lagunaire de Marica.

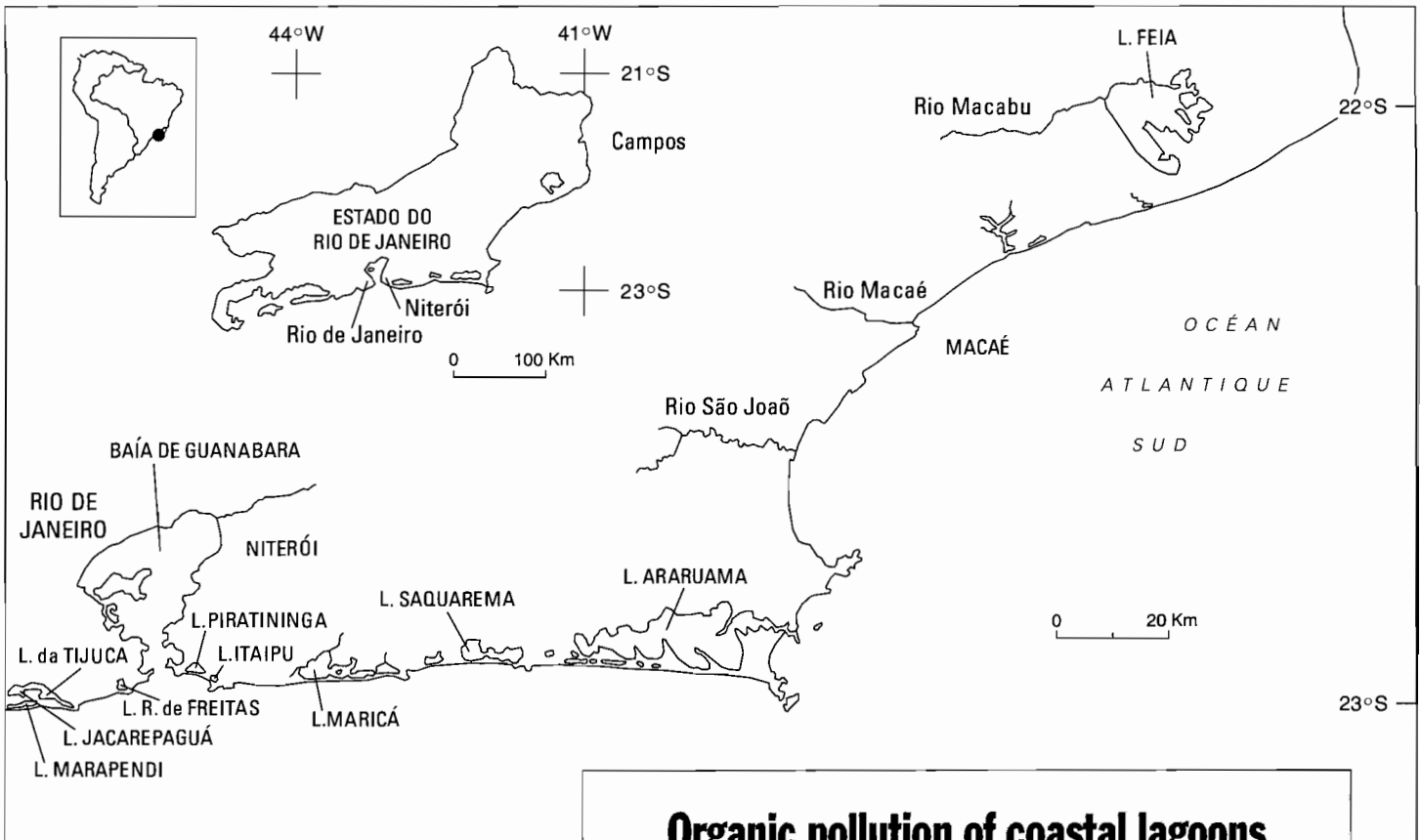
Pour en savoir plus

Calvacanti Bernardez L. M. (1957) - Planície litoranêas e zona canavieira do Estado do Rio de Janeiro. Edição do Conselho Nacional de Geografia; Rio de Janeiro, 1957.
Carmouze J.P. and Vanacor Barroso L. (1989) - Recent Environmental Modifications of the Lagoon of Saquarema and its Watershed, Rio

de Janeiro, Brazil. International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary. São Paulo (Brazil) May 8-12.
Farias de A. , Magalhães E (1954) - Lagoa de Saquarema. Ministerio da Agricultura. Divisão de Caça e Pesca. Rio de Janeiro. 36p.
FEEMA (1988) - Reservatorios e lagos do

Estado do Rio de Janeiro. FEEMA. Rio de Janeiro, 176 p.
Oliveira L. P. H., Nascimento R. Krau L. e Miranda A. (1955) - Observações biogeográficas e hidrologicas sobre a lagoa de Marica . Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, 53 (2,3 e 4) : 174-227.
Oliveira L. P. H., Nascimento R. Krau L. e Miranda A. (1957) -

Observações hidrologicas e mortandade de peixes na lagoa Rodrigo de Freitas. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 55, 2 : 211-271.
Oliveira Suares L. (1964) - Florescimento de "Red Water" em consequencia da poluição. IX Congresso da Associação Interamericana de Engenharia Sanitaria, AIDIS. Bogota. 14 p.



Laboratoire de Cartographie Appliquée - É. Opigez

leur nature et leur taille, comparées aux autres espèces phytoplanctoniques, elles représentent pour le zooplancton et les poissons phytoplanctophages une source énergétique désavantageuse, de sorte qu'elles freinent le développement des niveaux trophiques supérieurs et privilégient la mise en place d'un réseau trophique simplifié. Le cycle de la matière organique finit, la plupart du temps, par être contrôlé par la communauté de cyanophycées autotrophes (productrice de leurs propres besoins énergétiques par photosynthèse) et de microorganismes hétérotrophes (bactéries et protozoaires consommateurs de matière organique importée, sécrétée par les algues et provenant des organismes morts). Il s'agit là de conditions hautement défavorables à la production de poissons.

UN ÉQUILIBRE DEVENU PRÉCAIRE

En raison de cette simplification structurelle, l'équilibre métabolique de l'écosystème, défini par les taux successifs de production nette de matière organique de jour et de minéralisation de nuit, devient précaire. En l'espace de 24 h, en période de floraison des algues "bleu-vertes", les eaux atteignent fréquemment en fin de journée des saturations en oxygène de 150% et des pH de 10,5, et en fin de nuit des saturations de 20 % et des pH de 8,5, conditions évidemment très stressantes pour les organismes supé-

Organic pollution of coastal lagoons in the State of Rio de Janeiro

In the State of Rio de Janeiro there are some twenty shallow coastal lagoons, ranging from 2 to 220 km², formed by the build-up of sand bars in the mid-Holocene. The destruction of the Atlantic forest that once covered the whole coastal area began in the 16th century; in low-lying areas, it was replaced by vast areas of marshland that became an integral part of the lagoon ecosystem. Most of the lagoons were connected to the sea when the streams were in spate—either naturally, or through breaches made by local fishermen, since the sea water brought in abundant plankton, shrimp larvae and fish, making the lagoons extremely rich fishing grounds once the sand bars closed again.

Then, in the 1940s, the Brazilian government drained the swamps, building canals and terraces. As a result, the lagoons have shrunk dramatically - in one case by more than half its area in less than fifty years - and biodiversity has been severely depleted.

Today the lagoons lie within Rio de Janeiro's built-up area or outlying resort areas, and the chief problem is pollution from domestic sewage. The sewage, with its heavy load of

organic matter and nutrient salts, sets up the process known as eutrophication. In the nutrient-rich water certain algae proliferate: this alters the oxygen balance of the water, disrupting the food chain and reducing diversity, especially among fish at the top of the food chain. Toxic plankton thrive in such conditions, including the reddish dinoflagellates that cause "red tides". Three of the Rio de Janeiro lagoons now suffer red tides almost every year.

These changes to the lagoon ecosystems are now irreversible, and urbanization of the lagoon shores continues. Rather than trying to re-establish the fish communities, measures will now have to be taken from the standpoint of aesthetic and public health considerations. Proper treatment of sewage and industrial effluent is a first step, while the best way to reduce eutrophication is to ensure that water circulates between the lagoons and the sea, e.g. by building sluice gates. This will certainly impoverish the fauna and flora even further, but a sound knowledge of these ecosystems could help define the conditions for keeping eutrophication within acceptable limits while restricting the decline of the fish populations.

rieurs. Dans de telles conditions, un brusque déclin des algues peut conduire à une rupture d'équilibre métabolique, suivie d'une désoxygénation temporaire de la colonne d'eau et ainsi à l'asphyxie d'organismes aérobies, notamment de poissons : une crise dystrophique. La décomposition des algues continue souvent en condition anaérobie à l'interface eau-sédiment. Les agents en sont les bactéries sulfato-réductrices, qui utilisent le sulfate à la place de l'oxygène en tant qu'oxydant de la matière organique et le réduisent en acide sulfhydrique, un gaz très toxique. Dans les lagunes de profondeurs supérieures à 3-4 mètres, il est fréquent d'observer simultanément une minéralisation aérobie de la matière organique dans les eaux superficielles et anaérobie dans les eaux profondes. De forts vents peuvent provoquer la réhomogénéisation de toute la colonne d'eau et notamment la diffusion, à partir du fond, de l'acide sulfhydrique qui devient fatal aux organismes supérieurs.

DES MICROORGANISMES TOXIQUES

Dans de tels milieux fortement eutrophisés, des espèces planctoniques vénéneuses apparaissent fré-

quement, empoisonnant les poissons qui les consomment. Certaines micro-algues "bleu-vertes", ou cyanobactéries, produisent des toxines létales, principalement lorsqu'elles sont en phase de déclin. Diverses espèces de dinoflagellés, de la classe des protozoaires, sont également très toxiques. Elles se reproduisent rapidement par scissiparité lors d'un brusque et ample déclin du phytoplancton, tirant à la fois profit de la matière organique et des nutriments libérés grâce à leur double capacité métabolique d'hétérotrophie et d'autotrophie. Leur pigmentation donne aux eaux une couleur rouge châtain. Ces eaux, dénommées "marées rouges", deviennent très toxiques et provoquent des mortalités massives de poissons. Les lagunes de Marapendi, de Jacarepaga et de la Tijuca sont touchées par ce phénomène presque chaque année.

Il faut préciser que les divers déséquilibres écologiques qui conduisent aux crises dystrophiques ne sont pas uniquement l'apanage des milieux contaminés par l'homme. Ils se manifestent aussi dans des milieux non altérés, mais selon une fréquence bien inférieure et une amplitude plus réduite.

L'évolution des lagunes côtières sous la pression anthropique est irréversible. La pêche a perdu beaucoup de son importance, la production ayant chuté d'un facteur de 5 à 10. Les rives lagunaires se transforment inexorablement en zone urbanisée. Par conséquent, la lutte contre les effets négatifs de la pression anthropique doit être de plus en plus orientée en fonction de critères esthétique et de salubrité plutôt que de critères de caractère halieutique. Le traitement systématique des eaux usées et industrielles est certainement la première mesure à prendre afin d'éviter que les lagunes se transforment en véritable bassin de lagunage. Des interventions de biomanipulation pour faire reculer l'eutrophisation ne se prêtent guère dans ces milieux très ouverts à la mer. Le bon sens conseille de prendre toute mesure ayant pour effet de raccourcir le temps de séjour des eaux dans les milieux lagunaires de sorte à accroître le "lavage" de ces derniers. La contrepartie, une chute de la productivité des eaux et un appauvrissement de la flore et de la faune. Une bonne connaissance écologique pourrait aider à définir les conditions permettant de maintenir un niveau d'eutrophisation acceptable tout en limitant la chute des ressources halieutiques. Des écluses situées dans les canaux de communication lagune-mer pourraient être de grande utilité pour assurer ce contrôle ■

Contaminación orgánica de las lagunas costeras en el Estado de Rio de Janeiro

Existen en el Estado de Río de Janeiro cerca de veinte lagunas costeras poco profundas que van de los 2 a los 220Km² y que se formaron por la sedimentación de arena durante el Holoceno. La destrucción de la selva atlántica que cubría anteriormente toda el área de la costa comenzó en el siglo XVI. En las bajas latitudes aparecieron grandes pantanos que pasaron a formar parte de ecosistemas laguneros.

La mayoría de las lagunas se unían al mar durante las crecidas, ya sea naturalmente o mediante perforaciones que hacían los pescadores de la zona pues el agua portaba plancton, larvas de camarón y peces, convirtiendo a la laguna en un área muy rica una vez que las barreras de arena se volvían a cerrar. Sin embargo, en la década de los 40, el gobierno brasileño drenó los pantanos y en su lugar construyó canales y terrazas. Desde entonces las lagunas se han reducido en forma dramática, a veces hasta en más del 50% en menos de cincuenta años, mientras que la biodiversidad ha disminuido considerablemente.

Hoy en día las lagunas han quedado dentro del área urbana de Río o en las zonas hoteleras; el problema más grave reside en la contaminación que causa

el drenaje local que contiene abundante materia orgánica y sales nutrientes. Estos elementos desencadenan el proceso de eutrofia. En el agua rica en nutrientes proliferan ciertas algas, esto altera el equilibrio de oxígeno en el agua perturbando la cadena alimenticia y reduciendo la diversidad, sobre todo entre los peces que están al final de la cadena. Estas condiciones favorecen la aparición de plancton tóxico, incluyendo los dinoflagelados que ocasionan las "mareas rojas". Tres de las lagunas de Río sufren actualmente este problema casi cada año.

Estos cambios en los ecosistemas de la laguna son ahora irreversibles, sin embargo la urbanización en las orillas de la laguna continúa. Hoy en día las medidas tendrán que dar prioridad a la estética y a la salud pública en detrimento de las comunidades pesqueras. Un tratamiento adecuado de las aguas negras resulta vital; la mejor forma de reducir la eutrofia es asegurar que el agua circule entre las lagunas y el mar, (ej. mediante la construcción de esclusas). Esto seguramente empobrecerá aún más la flora y la fauna aunque el conocimiento profundo de estos ecosistemas podría ayudar a definir las condiciones para controlar la eutrofia y preservar los bancos de peces.

Jean-Pierre Carmouze

Département "Eaux Continentales" - UR

"Fonctionnement et usages des systèmes biologiques en eau continentale"

Marcelo Bernardes et Patricia Domingos

Université Fédérale Fulminense

Carmouze Jean-Pierre, Bernades M., Domingos P.

Asphyxie des lagunes côtières de l'état de Rio de Janeiro

ORSTOM Actualités, 1995, (46), p. 23-26. ISSN 0758-833-X