

<b>Zeitschrift:</b>	Archives des sciences [1948-1980]
<b>Herausgeber:</b>	Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
<b>Band:</b>	30 (1977)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	La mangrove de Guaratiba et la baie de Sepetiba : état de Rio de Janeiro, Brésil : foraminifères et écologie
<b>Autor:</b>	Zaninetti, Louisette / Brönnimann, Paul / Beurlen, Gerhard
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-739820">https://doi.org/10.5169/seals-739820</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 29.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# LA MANGROVE DE GUARATIBA ET LA BAIE DE SEPETIBA, ÉTAT DE RIO DE JANEIRO, BRÉSIL: FORAMINIFÈRES ET ÉCOLOGIE

PAR

Louisette ZANINETTI, Paul BRÖNNIMANN, Gerhard BEURLEN  
et Joel Alves MOURA

## ABSTRACT

The region of Guaratiba-Sepetiba (fig. 1), about 50 km WSW of Rio de Janeiro, represents a model of two interdependent mixohaline environments, the Mangrove of Guaratiba and the Bay of Sepetiba, both in equilibrium between the continental and the open marine influences. The distinction between these mixohaline environments is based on abiotic parameters and on the biocoenoses of the foraminifera. The high degree of restriction of the mangrove environment produces an endemic, diversified and specialized association of foraminifera consisting essentially of Textulariids. The Bay of Sepetiba is open toward the marine environment and contains low diversified and restricted foraminiferal associations consisting essentially of Rotaliids.

The diversity coefficient is about 3 for the foraminiferal associations of the Bay and goes from 1,5 to 10 in the Mangrove. The high diversity coefficients ( $\alpha = 6$  to 10) which occur in the mangrove environment do not reflect the degree of restriction but the level of adaptation of the foraminifera to the mangrove environment. In this respect the high diversity coefficients are comparable with those characterizing normal marine shelf faunas.

## RÉSUMÉ

La région de Guaratiba-Sepetiba (fig. 1), 50 km à l'WSW de Rio de Janeiro, est un modèle de deux écosystèmes mixohalins interdépendants, en équilibre avec le milieu marin. La distinction de ces unités confinées repose sur l'analyse des facteurs abiotiques et sur la composition des biocoenoses de Foraminifères. Les conditions d'isolement qui caractérisent la mangrove permettent le développement de microfaunes variées, spécialisées, de caractère endémique (Textulariina surtout). La Baie de Sepetiba, plus largement ouverte sur le domaine océanique, abrite des associations marines confinées, peu diversifiées (Rotaliina surtout).

Le coefficient de diversité des Foraminifères est voisin de 3 pour la Baie de Sepetiba et varie de 1,5 à 10 dans la Mangrove de Guaratiba. Les valeurs élevées ( $\alpha = 6$  à 10) sont comparables à celle qui caractérisent une ouverture marine. Elles n'expriment donc pas le degré de confinement du milieu, mais s'avèrent être le reflet du niveau d'adaptation des organismes à celui-ci.

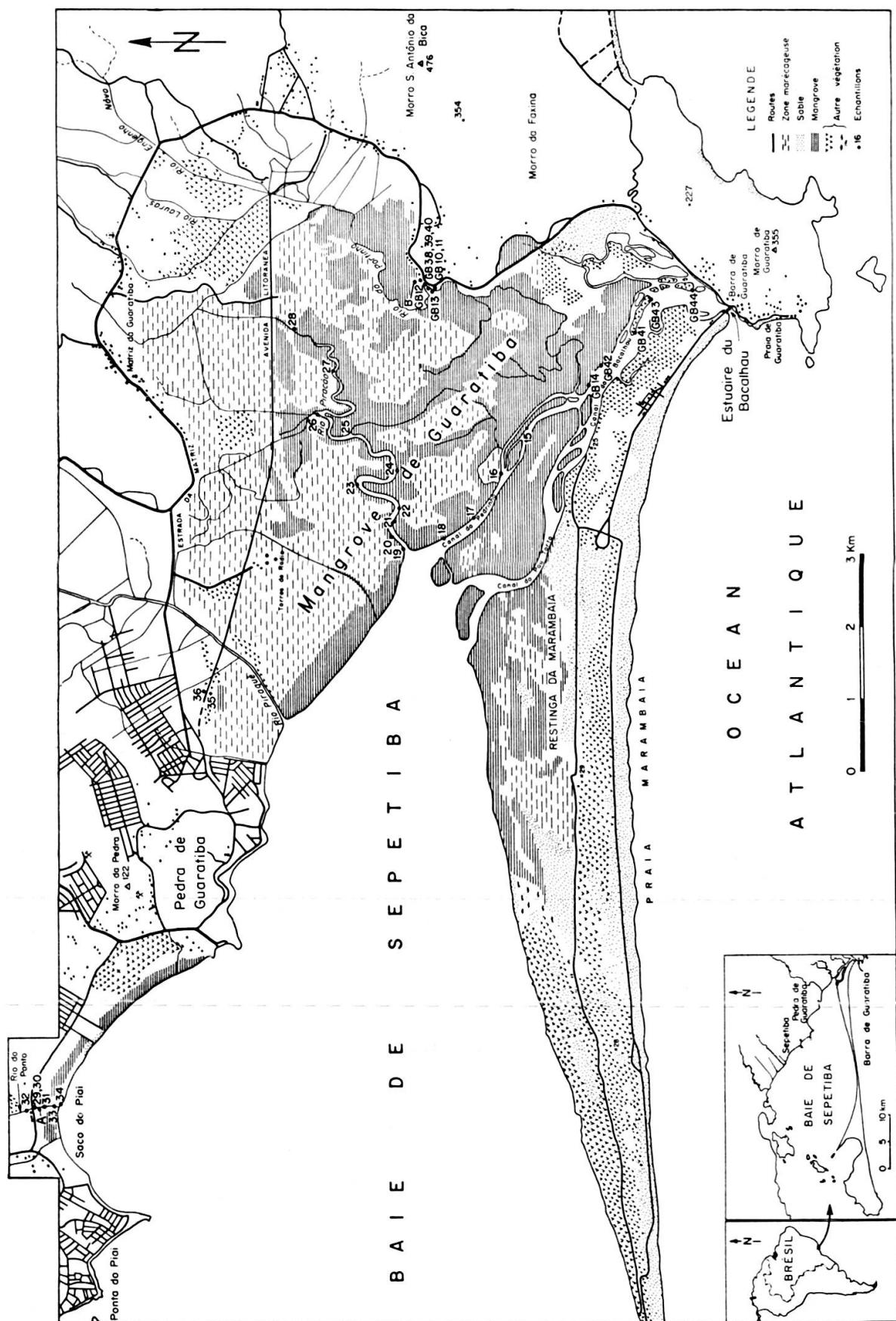


FIG. 1. — Plan de situation de la Mangrove de Guaratiba et de la Baie de Sepetiba, avec localisation des échantillons.

Le tracé du secteur occidental de l'Avenida Litoranea est approximatif, cette route nouvelle ne figurant pas sur les cartes consultées.

## LA MANGROVE DE GUARATIBA

Cette mangrove s'étend entre les villages de Barra de Guaratiba et Pedra de Guaratiba, dans une zone abritée, bien délimitée à l'E par les promontoires cristallins du littoral brésilien, au S par la barre de Marambaia et à l'W par la Baie de Sepetiba. La mangrove s'interrompt au N au niveau d'une étendue marécageuse qui passe sans transition à la plaine cultivée d'avant-mont. Les derniers massifs de palétuviers marquent la limite supérieure des eaux saumâtres.

Du point de vue de sa composition végétale, la Mangrove de Guaratiba correspond à l'association de type « *Rhizophora*-forest » décrite par VAN DER HAMMEN (1963) en Guyane britannique. Cette unité, très dense en bordure de la Baie de Sepetiba forme une frange côtière qui se prolonge vers l'intérieur en remontant le cours des rivières. Cette partie de la mangrove est entièrement submergée pendant les hautes mers. Dans les zones moins exposées aux inondations apparaît également *Avicennia* qui se mêle à la forêt de *Rhizophora*, ici plus clairsemée. A la limite des influences saumâtres, cette association, ou *Avicennia* seule, forme des étendues discontinues, entrecoupées de prairies et de marécages. C'est dans cette zone de transition entre la mangrove et le domaine franchement terrestre que croît localement *Typha angustifolia*, indiquant déjà la présence d'eau douce.

Les eaux marines ne pénètrent dans la Mangrove de Guaratiba que par l'étroit estuaire du Bacalhau qui sépare à l'E la barre de Marambaia du continent. A l'W, la mangrove reçoit abondamment les eaux à salinité variable (TINOCO, 1966) de la Baie de Sepetiba. Leur entrée se fait par l'embouchure d'un cours d'eau principal, le Rio Piracão, et par les canaux de Pedrinho et de Pau Torto. Un réseau de chenaux secondaires participe également à l'irrigation. Une alimentation régulière de la mangrove en eau douce est assurée par le Rio Piracão et ses affluents et par d'autres rivières moins importantes qui drainent le pied des collines.

Les eaux de la Mangrove de Guaratiba sont sujettes à d'importantes variations de température et de salinité, journalières et saisonnières. La salinité varie aussi en fonction de la distance à la mer. Elle diminue vers l'amont jusqu'à la limite d'extension des palétuviers. Cette limite, qui sépare les eaux saumâtres de l'eau douce, est également reconnaissable dans la microfaune à la disparition des Foraminifères.

La mangrove subit sur toute sa superficie les influences des marées. A marée haute, la plaine de mangrove est submergée au voisinage de la Baie de Sepetiba, tandis que dans les zones plus internes les effets du flux se limitent à une simple imbibition du sol. A marée basse, la mangrove découvre, exposant la surface de ses sédiments à une intense évaporation. Pendant le retrait de la mer, de l'eau s'écoule toujours dans le fond des chenaux qui compartimentent périodiquement la forêt de *Rhizophora* en un complexe d'îlots difficilement pénétrables.

La Mangrove de Guaratiba résulte de l'évolution de la Baie de Sepetiba. Elle doit son existence au comblement de la partie orientale de cette baie peu profonde (max. 6 m avec 2 fosses de 10 à 12 m) par les alluvions quaternaires du réseau hydrographique local. L'étendue qui en résulte présente les caractères d'un complexe deltaïque, actuellement alimenté par plusieurs rivières. Le cours principal est celui du Rio Piracão. Celui-ci, comme la plupart des rivières traversant la mangrove, s'écoule du NE au SW. Cette orientation assure la pénétration à marée haute des eaux de la Baie de Sepetiba, en protégeant le cours des rivières des forts courants marins remontant l'estuaire du Bacalhau. Le delta s'accroît donc vers le SW, gagnant de plus en plus sur les eaux de la Baie de Sepetiba. La forêt de *Rhizophora* avance dans la même direction abandonnant derrière elle une vaste plaine qui s'offre à la culture. L'évolution du delta est perturbée au SE au niveau de l'estuaire du Bacalhau qui correspond à une zone d'intense érosion marine. La mangrove est ici peu développée et n'occupe que quelques îlots à l'abri des hautes énergies océaniques. Les échantillons de sable prélevés dans l'estuaire du Bacalhau, sous le nouveau pont reliant le continent à la barre de Marambaia, n'ont pas livré de Foraminifères. L'absence de microfaune à cet endroit s'explique par l'ensablement d'une grande partie de l'estuaire et le balayage régulier du fond par des incursions marines rythmées.

Les sédiments de la mangrove proviennent de l'érosion des massifs granitiques environnants. Ce sont des boues quartzeuses et micacées, parfois des sables, pauvres en particules d'origine organique. Celles-ci sont représentées par des débris végétaux, des tests de Foraminifères et « Thécamoebiens », des frustules de Diatomées, des carapaces de Crustacés (Ostracodes, Amphipodes, Décapodes, etc.), des spicules de Spongaires, des micromollusques, des écailles et dents de poissons, des coprolites et des fragments d'insectes.

## LA BAIE DE SEPETIBA

Cette baie occupe une superficie d'environ 150 km<sup>2</sup> comprise entre le rivage continental au N et la barre de Marambaia qui la protège au S des hautes énergies atlantiques. A l'E, ses eaux se mélangent à celles de la mangrove, tandis qu'à son extrémité occidentale la baie communique avec l'océan.

Le rivage continental est bordé d'une zone étroite couverte de mangrove, en prolongement depuis la région de Barra de Guaratiba. La mangrove remonte parfois le cours des rivières, mais s'interrompt toujours au niveau des plages sableuses et des promontoires rocheux. La mangrove est peu développée sur la rive méridionale de la baie. Les raisons principales en sont l'absence d'alimentation en eau douce sur une grande partie de la barre de Marambaia et surtout une morphologie peu favorable à la retenue d'eaux tranquilles, comme les criques protégées du littoral brésilien.

La Baie de Sepetiba, sur laquelle peu de données physico-chimiques et biologiques nous sont acquises, est à considérer comme une unité de transition entre la Mangrove de Guaratiba et le domaine océanique. TINOCO (1966) y décrit un milieu plus ou moins fermé, à salinité variable. Il y règne en effet les conditions d'un environnement marin abrité, avec des eaux peu agitées et des échanges limités. Comme dans tout système en communication réduite avec la mer, la Baie de Sepetiba connaît des variations de salinité. Ces fluctuations dépendent du volume des précipitations atmosphériques, de l'apport d'eau douce du continent et de l'évaporation. Elles sont aussi liées au régime des vents qui contrôlent l'entrée des eaux marines dans la Baie de Sepetiba.

### LES FORAMINIFÈRES DE LA BAIE DE SEPETIBA

En dépit du caractère restrictif du milieu, des microfaunes marines pénètrent dans la Baie de Sepetiba, les plus tolérantes franchissant même la limite des mangroves. Les conditions ambiantes contraignent les organismes à des adaptations qui s'expriment par des changements morphologiques assez importants. Les Foraminifères, essentiellement des Rotaliina, subissent des modifications structurales qui permettent de les distinguer des mêmes morpho-espèces encore localisées sur la plate-forme marine. Les principales manifestations phénotypiques résultent d'une diminution de la sécrétion calcaire, toutefois compensée par une réduction adaptative de la taille des individus. La fragilité des tests, souvent privés de leurs structures ornementales ou de soutien est particulière aux Foraminifères évoluant dans la baie. Tous ces caractères, induisant un nanisme généralisé, sont de bons indicateurs de conditions biologiquement restreintes. Le confinement du milieu peut être aussi déduit de la composition des biocoénoses, ici caractérisées par un nombre limité d'espèces et des populations importantes. Ce sont les observations que nous avons pu faire sur des microfaunes de la baie, au contact avec les mangroves. Selon TINOCO (1966), qui ne donne pas d'indications sur le lieu de prélèvement de ses échantillons ni sur le volume de ceux-ci, les Foraminifères de la Baie de Sepetiba seraient limités en espèces et en individus. L'auteur décrit dans 21 échantillons provenant de 7 carottes, 15 espèces de Rotaliina pour la plupart représentées par moins de 5 exemplaires. Il souligne cependant la fréquence plus élevée des variants d'*Ammonia beccarii* et de différentes espèces d'*Elphidium* que nous avons également observés en abondance en bordure des mangroves.

Toujours selon TINOCO (1966), les Foraminifères de la Baie de Sepetiba se rapporteraient à 7 genres de Rotaliina: *Lagena*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Buliminella*, *Ammonia*, *Elphidium* et *Nonionella*. Il s'agit de formes naines dont les dimensions, s'appliquant à l'ensemble des espèces, varient de 0,14 à 0,38 mm. Les Miliolina seraient absents de la Baie de Sepetiba ou peut-être limités à des sous-environne-

ments plus salins non encore reconnus. Les *Textulariina*, qui constituent l'essentiel de l'association des mangroves et qui sont aussi fréquents sur la plate-forme marine, ne sont apparemment pas représentés dans la baie. Des observations analogues concernant les *Textulariina* ont été faites par MADEIRA-FALCETTA (1974) dans la partie externe de la Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brésil.

La Baie de Sepetiba est donc peuplée de Foraminifères calcaires (*Rotaliina*) venus de l'océan. Les microfaunes sont constituées d'écophénotypes d'espèces marines adaptés aux conditions restrictives de la baie. Les influences du milieu, enregistrées au niveau du substrat génétique et intervenant dans la spéciation, ne peuvent pas être estimées par nos études. Il est probable que les modifications adaptatives qui affectent les Foraminifères soient profondément ancrées dans le génotype, au point d'interdire tout retour à la mer. Les ressemblances morphologiques encore apparentes entre les espèces marines et celles de la Baie de Sepetiba ne suffiraient donc pas à confirmer leur identité.

### LES FORAMINIFÈRES DE LA MANGROVE DE GUARATIBA

Les 34 échantillons étudiés, contenant tous des Foraminifères, proviennent de divers sous-environnements de la Mangrove de Guaratiba (fig. 1). Les récoltes ont été effectuées à marée basse sur les rives émergées des cours d'eau et quelques échantillons proviennent de fonds de chenaux. D'autres prélèvements se situent encore à la limite de la zone marécageuse de transition au domaine continental. Environ 5 kg de vase ou de sable fin imbibés d'eau ont été prélevés dans chaque localité, sans qu'il soit tenu compte de l'éventualité d'une microfaune plus riche à la surface du sédiment. Pour cette raison peut-être, le contenu biologique des échantillons représente toujours un volume très faible (quelques cm<sup>3</sup>) du prélèvement total. L'étude des microfaunes montre que les espèces de Foraminifères et leur nombre peuvent varier d'une localité à l'autre, mais que le nombre des individus est normalement élevé (ZANINETTI *et al.*, à paraître, fig. 2). Des associations riches ont été observées dans tous les sous-environnements de la mangrove: sur les rives du Rio Piracão, en bordure de la Baie de Sepetiba et à la limite d'extension septentrionale des mangroves. On remarque toutefois une augmentation du nombre des espèces de l'aval vers l'amont, les microfaunes les plus éloignées des influences marines étant les plus diversifiées. Ces observations démontrent bien le caractère endémique des associations de Foraminifères de la mangrove (voir p. 174).

On notera encore que pour cette étude préliminaire, de même que pour les analyses taxonomiques qui suivront, les biocoenoses et les thanatocoenoses de Foraminifères n'ont pas été distinguées.

La majorité des Foraminifères de la Mangrove de Guaratiba, contrairement aux espèces évoluant dans la baie voisine, sont des formes non calcaires, appartenant

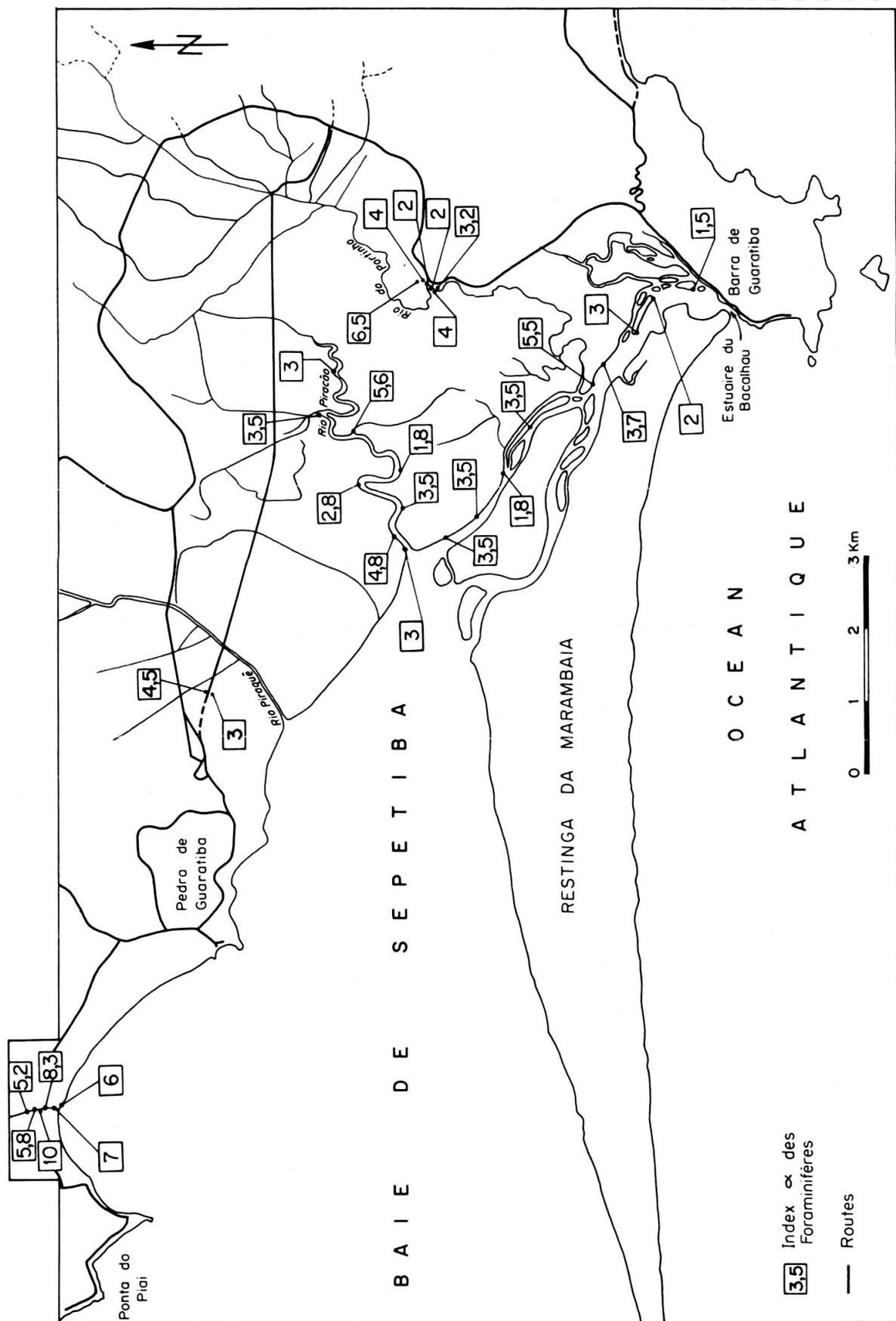


FIG. 2. — Valeurs du coefficient de diversité (index  $\alpha$ ) des Foraminifères dans la Mangrove de Guaratiba à chaque lieu de prélèvement.

au sous-ordre des Textulariina (ZANINETTI *et al.*, à paraître, fig. 1). Les espèces possèdent des tests agglutinés sur une base organique faiblement calcifiée. Les particules exogènes sont fines ou plus grossières, mais leurs dimensions sont toujours contrôlées spécifiquement. La proximité d'eaux plus salines fait apparaître des Rotaliina dans les associations. Ce sont les variants d'*Ammonia beccarii* (LINNE) et de 5 espèces du genre *Elphidium* que nous avons rencontrés ci-dessus dans la Baie de Sepetiba. A ceux-ci s'ajoutent *Bolivina* ex gr. *striatula* CUSHMAN, *Discorbis* sp. et *Loxostomum hiwanneense* HOWE. La diminution de la salinité vers l'amont élimine les Foraminifères calcaires, mais affecte aussi la paroi des Textulariina. Les tests de moins en moins calcifiés apparaissent si fragiles que beaucoup d'entre eux sont sans doute détruits après la mort des individus, par décomposition de la matière organique. Des tests cassés ou présentant des loges effondrées indiquent une absence de rigidité de la paroi, ne sont d'ailleurs pas rares dans les associations de Foraminifères.

L'étude systématique des Foraminifères n'étant pas terminée, il n'est pas possible de donner une liste définitive des espèces rencontrées dans la mangrove. Les formes non encore identifiées et les taxa nouveaux figurent en nomenclature ouverte dans l'inventaire provisoire des 58 unités spécifiques distinguées dans la Mangrove de Guaratiba. Cette microfaune, dans laquelle dominent les Trochamminidae et les Lituolidae, présente de grandes affinités avec celles des mangroves de l'île de la Trinité (CUSHMAN et BRÖNNIMANN, 1948 a, b; TODD et BRÖNNIMANN, 1957; BRÖNNIMANN et ZANINETTI, 1965), de Louisiane (KORNFELD, 1931) et du SE asiatique (BISWAS, 1976) et beaucoup d'espèces ont été retrouvées dans les lagunes mixohalines du Rio Grande do Sul, Brésil (CLOSS et MADEIRA, 1962, 1967, 1968; CLOSS, 1964; CLOSS et de MEDEIROS, 1967; MADEIRA-FALCETTA, 1974).

Les espèces reconnues sont:

### **Allogromiina**

*Chitinosaccus zuluensis* SMITTER

*Iridia diaphana* HERON-ALLEN et EARLAND

*Iridia* ? sp.

Nouveau genre A et nouvelle espèce d'Allogromiina (paroi organique)

Nouveau genre B et nouvelle espèce d'Allogromiina (paroi organique)

Nouveau genre C et nouvelle espèce d'Allogromiina (paroi organique)

### **Textulariina**

*Ammoastuta salsa* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN)

*Ammobaculites directus* CUSHMAN et BRÖNNIMANN

*Ammobaculites exiguum* CUSHMAN et BRÖNNIMANN

- Ammobaculites* sp.  
*Ammodiscus* sp.  
*Ammotium pseudocassis* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN)  
*Ammotium salsum* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN)  
*Arenoparrella mexicana* (KORNFELD)  
*Astrammina sphaerica* (HERON-ALLEN et EARLAND)  
*Criithionina* sp. aff. *C. mamilla* RHUMBLER  
*Discorinopsis* ? *vadescens* CUSHMAN et BRÖNNIMANN  
*Gaudryina exilis* CUSHMAN et BRÖNNIMANN  
*Glomospira glomerata* HOEGLUND  
*Haplophragmoides manilensis* ANDERSEN  
*Haplophragmoides wilberti* ANDERSEN  
*Lituola* ? *salsa* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN)  
*Miliammina earlandi* LOEBLICH et TAPPAN  
*Miliammina fusca* (BRADY)  
*Miliammina pariaensis* TODD et BRÖNNIMANN  
*Polysacammina ipohalina* SCOTT, écophénotype de mangrove  
*Protoschista findens* (PARKER)  
*Psammosphaera adhaerens* RHUMBLER  
*Psammosphaera frankei* (RHUMBLER)  
*Reophax nana* RHUMBLER  
*Reophax* sp. 1  
*Reophax* sp. 2  
*Siphonotrochammina elegans*, n. sp.  
*Siphonotrochammina lobata* SAUNDERS  
*Siphonotrochammina*, n. sp.  
*Textularia* sp. aff. *T. earlandi* PARKER  
*Tiphotrecha comprimata* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN)  
*Trilocularena patensis* CLOSS  
*Trochammina inflata* (MONTAGU)  
*Trochammina* sp. 1  
*Trochammina* sp. 2  
*Trochammina* sp. 3  
*Trochamminita irregularis* CUSHMAN et BRÖNNIMANN  
*Trochamminita salsa* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN)

### Miliolina

- Quinqueloculina poeyana* d'ORBIGNY  
*Quinqueloculina seminulum* (LINNÉ)  
*Quinqueloculina* sp. 1  
*Quinqueloculina* sp. 2

### Rotaliina

- Ammonia ex gr. beccarii* (LINNE)
- Bolivina ex gr. striatula* CUSHMAN
- Discorbis* sp. 1
- Discorbis* sp. 2
- Elphidium articulatum* (d'ORBIGNY)
- Elphidium oceanense* (d'ORBIGNY)
- Elphidium* sp. 1
- Elphidium* sp. 2
- Elphidium* sp. 3
- Loxostomum hiwanneense* HOWE.

Toutes ces espèces n'ont jusqu'ici jamais été réunies dans un seul échantillon et les changements dans la composition de la microfaune apparaissent assez importants d'une localité à l'autre (« patched distribution »). Ils semblent surtout liés à des variations de salinité et peut-être à celles d'autres facteurs écologiques non encore établis. La mangrove se trouve ainsi divisée en une mosaïque de micro-environnements, révélés par les associations de Foraminifères, mais dont les limites échappent entièrement aux observations de terrain. Il n'y a donc pas une microfaune spécifique de la mangrove, mais plusieurs microfaunes se rapportant à plusieurs sous-environnements dominés par des paramètres abiotiques dont les variations restent à établir. Le nombre d'espèces le plus élevé (44) a été observé dans le prélèvement A, provenant de la limite septentrionale de la mangrove, le long du Rio do Ponto. Nous verrons ci-dessous que l'index de diversité des Foraminifères dans la mangrove est souvent élevé pour un environnement confiné, mais qu'il traduit bien le haut niveau de spécialisation caractérisant les microfaunes.

---

### INDEX DE DIVERSITÉ DES FORAMINIFÈRES DE LA MANGROVE DE GUARATIBA

---

La fréquence relative des espèces et des individus dans un échantillon s'exprime selon la formule de FISCHER, CORBETT et WILLIAMS (1943) par l'index de diversité ( $\text{index } \alpha$ ) des organismes. Sans nécessité de recourir au calcul, un graphique (MURRAY, 1973, fig. 4) permet de déterminer rapidement cet index, qui varie de 1 à 20 selon le milieu considéré. Pour les Foraminifères, les valeurs inférieures à 5 expriment la diversité microfaunique des environnements confinés (estuaires, lagons hyposalins, hypersalins et environnements mixohalins), tandis que les index élevés ( $\alpha \geq 5$ ) caractérisent une ouverture marine (MURRAY, 1973, p. 239). Des comptages en vue

de l'établissement du coefficient de diversité des Foraminifères de la Mangrove de Guaratiba ont été effectués sur la plupart des prélèvements issus des principaux sous-environnements reconnus:

- la bordure méridionale de la mangrove, près du canal du Bacalhau (GB 14 à 18, 41 à 44),
- les rives du Rio Piracão (GB 19 à 28),
- la limite septentrionale d'extension des palétuviers (GB 35, 36, 45, 46),
- la région orientale de la mangrove, près de la route de Barra de Guaratiba, à l'E du Rio do Portinho (GB 10 à 13, 38 à 40, 47 et échantillon B),
- la mangrove de la rive N de la Baie de Sepetiba, le long du Rio do Ponto (GB 29 à 34 et échantillon A).

La fréquence relative des Allogromiina, des Textulariina, des Miliolina et des Rotaliina dans les échantillons a également été prise en considération pour l'interprétation du milieu. Elle peut être appréciée par les diagrammes de la figure 1 présentée par ZANINETTI *et al.* (à paraître).

Les valeurs de l'index de diversité des Foraminifères dans la mangrove ( $\alpha = 1,5$  à 10, ZANINETTI *et al.*, à paraître, fig. 2) ont été reportées sur notre figure 2. Elles montrent que ce coefficient peut varier sensiblement d'un échantillon à l'autre à l'intérieur d'un même sous-environnement.

Près du Rio do Portinho, à la limite orientale de la mangrove, on observe des valeurs allant de 2 à 6,5. De manière analogue, sur les rives du Rio Piracão, l'index  $\alpha$  varie de 1,8 à 5,6. Pour plusieurs localités cependant, il est proche de la limite supérieure ( $\alpha = 5$ ) admise par MURRAY (1973, fig. 32 et 101) pour les environnements marins confinés, et il peut même dépasser largement cette valeur (5,5 à 10). Les index les plus élevés apparaissent normalement dans les zones internes de la mangrove, au loin des influences marines (océan et Baie de Sepetiba). Ils traduisent le caractère endémique des Foraminifères parfaitement adaptés à un milieu ayant permis leur évolution et leur diversification. Inversément, les index s'abaissent au voisinage de régions plus ouvertes sur la baie ou sur l'océan, donc exposées à des échanges plus importants. Les meilleurs exemples sont fournis par les canaux de Pedrinho et du Bacalhau qui correspondent à une zone de mélange des eaux venant de l'océan, de la Baie de Sepetiba et de la mangrove. Les conditions de circulation qui y règnent sont en effet défavorables à un développement endémique des microfaunes. Celles-ci apparaissent moins spécialisées, moins diversifiées que dans les sous-environnements plus internes de la mangrove, et fortement dominées par les écophénotypes de quelques espèces calcaires d'origine marine (Rotaliina modifiés). On remarque cependant que même le long du canal du Bacalhau, l'index de diversité des Foraminifères

s'accroît régulièrement de 1,5 à 5,5, depuis l'embouchure sur l'océan vers l'intérieur de la mangrove (échantillons GB 44, 43, 41, 42 et 14).

D'autres anomalies dans le schéma de répartition des index  $\alpha$  sont encore apparues. Elles concernent les échantillons GB 33, 34 (index  $\alpha = 7$  et 6) localisés en bordure de la Baie de Sepetiba (voir ci-dessous). De même, on observe des coefficients de diversité d'une valeur moyenne égale à 2, à la limite supérieure d'extension de la mangrove (GB 10, 11, 38 à 40).

Il convient de traiter à part le secteur en amont de l'embouchure du Rio do Ponto où se développe une étroite mangrove indépendante de celle de la région de Guaratiba. A cet endroit, la mangrove débute en bordure directe de la Baie de Sepetiba et se prolonge vers l'intérieur en remontant le cours du Rio do Ponto. Les échantillons prélevés le long de cette rivière (GB 29 à 34 et A) contiennent les microfaunes de Foraminifères (ici souvent associés à des « Thécamoebiens ») les plus diversifiés de tout le domaine étudié. Les index de diversité sont élevés dès l'embouchure du cours d'eau (6 et 7) et atteignent, sans que les raisons nous soient connues, des valeurs de 8,3 à 10 à la limite supérieure d'extension de la mangrove (échantillons GB 31 et A). Pour les Foraminifères, des index aussi élevés correspondent à un environnement marin normal (MURRAY, 1973). Ils n'expriment donc pas le caractère doublement restrictif d'un milieu mixohalin, tributaire d'une étendue marine confinée, correspondant à notre exemple.

En résumé, le coefficient de diversité des Foraminifères de la Mangrove de Guaratiba varie de 1,5 à 10. La valeur moyenne de tous les index calculés est égale à 4 et reflète bien les conditions d'un environnement fermé, soumis à de lointaines influences marines. On a vu que l'index  $\alpha$  peut s'élever dans la mangrove jusqu'à des valeurs de 5,5 et 6 et qu'il atteint des maxima de 8 ou de 10. Ces valeurs anormalement élevées n'expriment plus la diversité microfaunique d'un environnement restreint, mais deviennent comparables à celles d'un milieu marin normal (MURRAY, 1973). Sur la base de notre exemple, où des conditions de confinement sont indéniables, on peut conclure que la valeur de l'index  $\alpha$  n'est pas toujours adéquate pour la détermination d'un milieu. Les incidences de cette remarque sont nulles pour le cas d'un environnement actuel dont le confinement, ou l'ouverture marine, sont décelables à d'autres paramètres que le coefficient de diversité des Foraminifères, mais beaucoup moins négligeables dans l'éventualité de l'interprétation paléoécologique de sédiments anciens. Elles nécessitent de procéder, à l'intérieur d'un bassin fossile, à un grand nombre d'évaluations de l'index  $\alpha$  et d'associer à ces mesures d'autres estimations, en particulier celles se rapportant à l'analyse quantitative des groupes (fréquence relative des Miliolina-Rotaliina-Textulariina).

## INDEX DE DIVERSITÉ DES FORAMINIFÈRES DE LA BAIE DE SEPETIBA

En utilisant les données de TINOCO (1966) (15 espèces de Rotaliina, environ 500 individus), on obtient pour la Baie de Sepetiba un index  $\alpha$  global des Foraminifères égal à 3. Cette valeur exprime assez bien les conditions d'une étendue confinée ouverte sur la mer. Elle est toutefois un peu élevée en raison du fait que le coefficient de diversité n'a pas été calculé pour chaque échantillon séparément, mais sur la base du nombre total d'espèces et d'individus se rapportant à 21 prélèvements.

## LA MANGROVE, ÉCOSYSTÈME CONFINÉ

La mangrove doit être considérée comme un milieu particulier du facies vaseux à sableux intertidal. Elle dépend d'un système d'irrigation mixte, marin et continental, en régime climatique tropical à subtropical. Son développement ne peut se faire que sur un substrat meuble, en milieu calme. Selon nos observations des mangroves de la région caraïbe, du SW du Pacifique, d'Afrique occidentale et de la côte brésilienne, les palétuviers croissent toujours dans des zones abritées, coupées de la mer ouverte. On trouve cependant dans la littérature quelques références à des forêts de *Rhizophora* s'étendant en bordure directe de l'océan (voir VAN DER HAMMEN, 1963; MURRAY, 1973).

La mangrove répond aux conditions d'un environnement restreint, dominé par de faibles énergies et exposé à des variations de ses paramètres abiotiques. Les fluctuations les plus importantes sont celles de la salinité et de la température, associées à des périodes alternantes d'humidité et de dessication liées au rythme des marées et des saisons.

Le confinement d'un milieu est toujours défini par rapport au domaine marin. La mer ouverte représente le milieu non confiné et tout système écologique individualisé, résultant d'une fermeture plus ou moins importante par rapport au domaine océanique, correspond à un environnement confiné.

Il peut y avoir gradation dans le confinement des milieux. Dans le cas de 2 ou plusieurs écosystèmes interdépendants dont un seul est en contact direct avec la mer, le milieu le plus éloigné des influences marines impose à la microfaune des conditions extrêmes de confinement. Considérant l'exemple de la région étudiée, on peut dire que la Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba correspondent à des environnements restreints. L'ouverture sur la mer est plus importante pour la baie que pour la mangrove. Celle-ci est protégée, sauf au niveau de l'estuaire du Bacalhau, des influences marines franches et l'essentiel des échanges se fait par l'intermédiaire des eaux de la Baie de Sepetiba. La Mangrove de Guaratiba, en raison de sa dépendance

d'un autre système confiné, la Baie de Sepetiba, apparaît donc comme l'environnement mixohalin le plus restreint de notre domaine d'étude. Les conditions d'isolement qui y règnent, très contraignantes pour les organismes, exigent de la part de ces derniers des adaptations profondes, sans doute irréversibles. On ne peut pas dire pourtant que le milieu ait été défavorable au développement des Foraminifères. Il a permis au contraire la diversification de plusieurs familles de *Textulariina*, qui constituent aujourd'hui des microfaunes endémiques, hautement spécialisées.

Du point de vue géologique, la Mangrove de Guaratiba se présente comme un écosystème fragile. Dans l'histoire de l'évolution du littoral brésilien, elle apparaît comme un épisode fugtif, résultant d'un équilibre temporaire du delta du Rio Piracão avec la Baie de Sepetiba. La mangrove ne peut exister qu'en présence de la Baie de Sepetiba, elle-même conditionnée par l'existence de la barre de Marambaia. C'est dire qu'une rupture de la stabilité des conditions serait lourde de conséquences pour la mangrove et pour sa microfaune, sans doute incapable de réadaptation à de nouvelles exigences écologiques. Une transgression marine par exemple serait propre à éliminer rapidement les Foraminifères de la Mangrove de Guaratiba, mais un tel phénomène n'aurait sans doute pas les mêmes effets sur les microfaunes plus marines, et de ce fait moins spécialisées, évoluant dans la Baie de Sepetiba.

### UNE MICROFAUNE ENDÉMIQUE

L'origine des Foraminifères des mangroves est certainement océanique. Tous les groupes représentés existent dans les mers actuelles, mais les espèces (*Trochammina inflata*, *Haplophragmoides wilberti*, *Lituola ? salsa*, etc.) et même quelques genres (*Ammoastuta*, *Ammotium*, *Arenoparella*, *Siphotrochammina*, *Tiphotrecha*) n'appartiennent qu'à la mangrove ou à d'autres systèmes mixohalins comparables. C'est dire que les Foraminifères de la mangrove sont parfaitement adaptés à ce biotope particulier, dans lequel ils ont pu évoluer et se diversifier. Les influences marines limitées font de la Mangrove de Guaratiba un environnement confiné, cependant caractérisé par une microfaune variée. Les Foraminifères y constituent une association hautement spécialisée, de caractère endémique. Les espèces montrent des tests bien développés, de taille normale. Il n'y a pas de nanisme généralisé et les variations dans les dimensions des Foraminifères sont toujours spécifiquement contrôlées. On ne connaît pas non plus chez les espèces de la mangrove des déformations des tests comparables à celles qui peuvent apparaître chez les microfaunes de certaines lagunes à salinité variable (CLOSS et MADEIRA, 1968, pl. 2, 4, 5).

En dépit de conditions mixohalines, la mangrove apparaît comme une unité écologique individualisée, échappant dans une large mesure au contrôle des écosystèmes environnants. Elle est comparable en ce sens à un lac, un étang ou un marécage, caractérisés par des microfaunes propres, spécialisées, mais diversifiées.

La mangrove ne jouit cependant pas de la même autonomie que ces unités continentales, en ce qu'elle représente un système de transition au domaine terrestre, obligatoirement dépendant de la proximité des eaux marines.

## CONCLUSIONS

La Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba sont deux écosystèmes mixo-halins, soumis à des influences marines plus ou moins accusées. La distinction de ces unités repose sur l'analyse des facteurs écologiques et sur la composition des microfaunes. Le coefficient de diversité des Foraminifères (index  $\alpha \leq 3$  pour la baie et  $\leq 10$  (4 en moyenne) pour la mangrove) n'exprime pas le degré de confinement du milieu, mais apparaît le reflet du niveau d'adaptation des organismes à celui-ci. En effet, les index  $\alpha$  élevés se rapportent à la mangrove, domaine le plus éloigné des influences marines, donc présentant des conditions extrêmes de confinement. Les Foraminifères y sont diversifiés et hautement spécialisés. La Baie de Sepetiba, par contraste, n'offre pas des conditions d'isolement aussi favorables à un développement endémique des Foraminifères. En raison de son ouverture plus large sur l'océan, la baie abrite des microfaunes marines, mais confinées, c'est-à-dire peu diversifiées. Les index  $\alpha$  accusent en conséquence un abaissement notable par rapport aux valeurs observées dans la mangrove.

La *Mangrove de Guaratiba* correspond à un environnement très confiné de transition entre les domaines terrestre et marin protégé. Dans la nomenclature des côtes marines, elle occupe l'étage intertidal et la base de la zone supratidale.

Elle se caractérise par:

- une fermeture importante par rapport au domaine océanique, avec en conséquence des influences marines limitées,
- un hydrodynamisme très faible,
- des eaux à prédominance hyposaline avec des variations liées au rythme des marées et des saisons,
- des eaux très peu profondes (0 à 1 m), sauf dans les chenaux et les rivières,
- des microfaunes variées, spécialisées, de caractère endémique.

Les Foraminifères sont surtout représentés par des groupes non calcaires, Allogromiina et Textulariina. La taille des individus est normale, spécifiquement contrôlée, et le volume des populations n'est important que pour 2 espèces dominantes (*Arenoparrella mexicana* et *Trochammina inflata*). Le coefficient de diversité est variable ( $\alpha = 1,5$  à 10), mais peut atteindre des valeurs anormalement élevées pour un environnement confiné. Dans la règle, il diminue dans un sens inverse de la salinité, de l'amont vers les zones externes de la mangrove, traduisant ainsi une

## PLANCHE I

FIG. 1, 2. — *Trochammina inflata* (MONTAGU). 1: Vue ombilicale montrant l'ombilic profond et la lèvre recouvrant l'ouverture intériomarginale ombilicale extraombilicale. 145 x. 2: Vue spirale, montrant le proloculus globulaire, apparemment dépourvu de matériel agglutiné. Les cinq premières chambres, et dans une moins large mesure les sixième et septième, sont effondrées. Ces effondrements sont probablement dus au fait que les premières loges ne sont pas ou sont peu agglutinées. Les dépressions visibles sur les onzième, douzième et treizième loges n'ont pas la même origine. Elles résultent probablement de l'adhésion du test de *Trochammina inflata* à un support végétal. 145 x.

FIG. 3. — *Gaudryina exilis* CUSHMAN et BRÖNNIMANN. Les premières loges sont trisériées, les suivantes montrent un arrangement bisérié. 115 x.

FIG. 4, 6. — *Tiphotrecha comprimata* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN). 4: Vue spirale montrant l'effondrement des premières loges, comme chez *Trochammina inflata*. 135 x. 6: Vue ombilicale montrant les loges arrondies à l'extérieur et munies de lobes ombilicaux. Des ouvertures secondaires existent dans le repli postérieur des lobes ombilicaux. 190 x.

FIG. 5. — *Chitinosaccus zuluensis* SMITTER. 70 x.

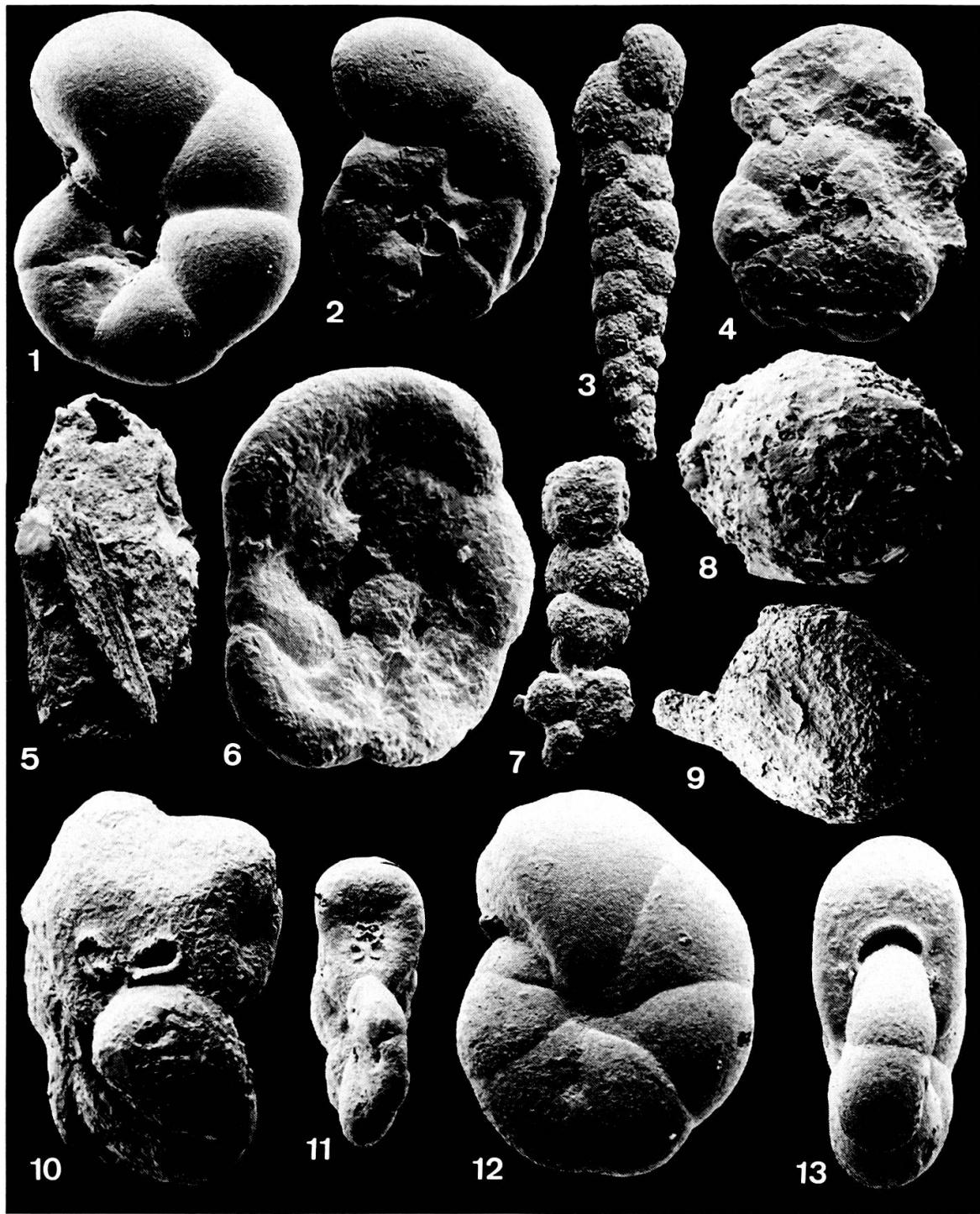
FIG. 7. — *Polysacammina ipohalina* SCOTT. 100 x. Ecophénotype de mangrove.

FIG. 8. — *Psammosphaera frankei* (RHUMBLER). Le test ellipsoïde est dépourvu d'ouverture. 70 x.

FIG. 9. — *Astrammina sphaerica* (HERON-ALLEN et EARLAND). Le test agglutiné, plus ou moins sphérique, présente une extension tubulaire munie d'une ouverture terminale arrondie. 145 x.

FIG. 10, 11. — *Trochammina irregularis* CUSHMAN et BRÖNNIMANN. Le stade initial planispiralé est suivi de loges irrégulièrement enroulées. Ces loges sont renflées, de forme irrégulière et munies d'une ouverture aréale multiple. Les orifices arrondis se trouvent sur un col. 10: Spécimen montrant le stade terminal très irrégulier et 2 ouvertures aréales. 135 x. 11: Spécimen avec 4 ouvertures aréales. 70 x.

FIG. 12, 13. — *Haplophragmoides wilberti* ANDERSEN. 12: Vue latérale. 130 x. 13: Vue aperturale montrant l'ouverture intériomarginale équatoriale munie d'une lèvre épaisse. 100 x.



## PLANCHE II

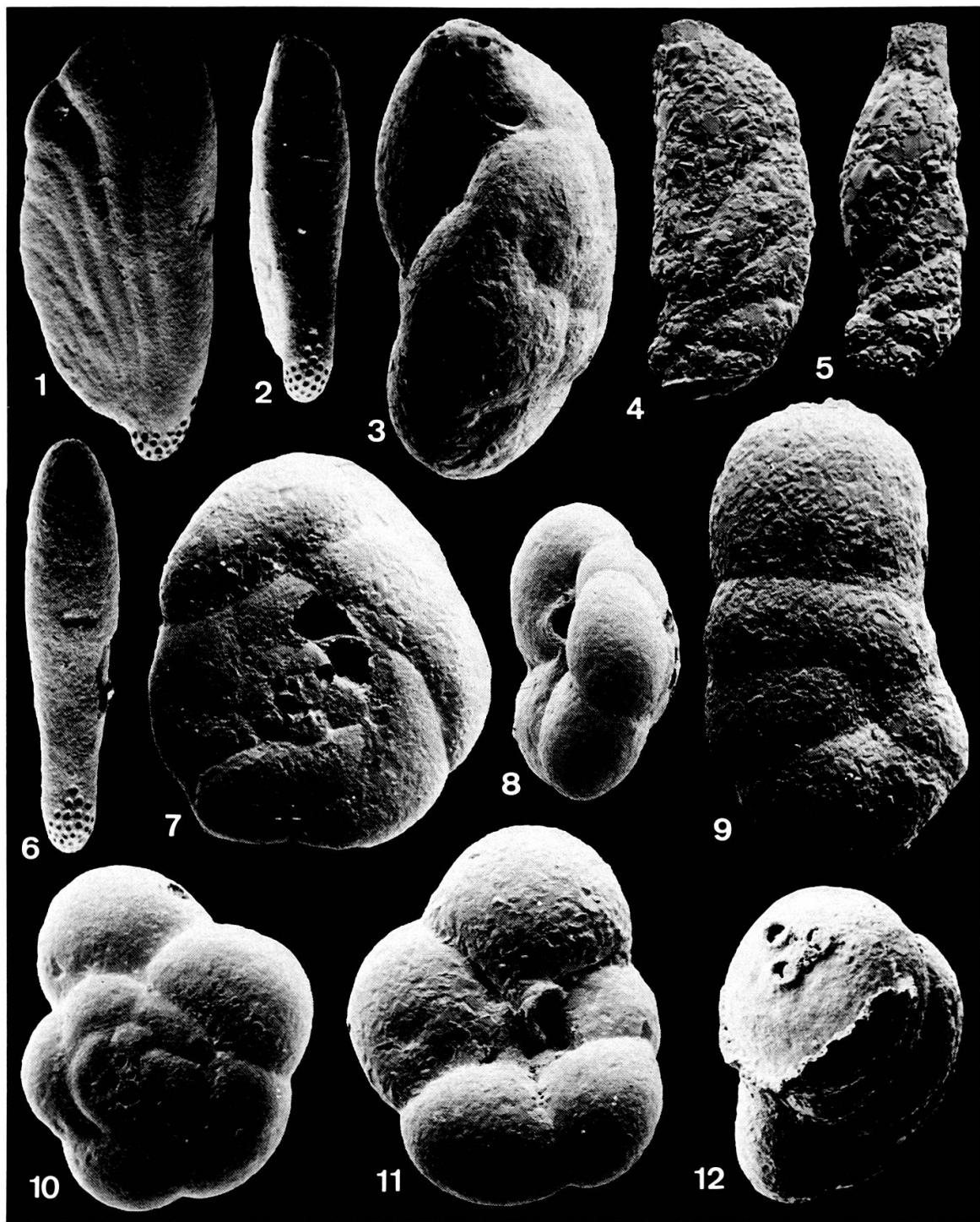
FIG. 1, 2, 6. — *Ammoastuta salsa* CUSHMAN et BRÖNNIMANN. 1: Vue latérale suggérant un enroulement initial spiralé réduit. L'ouverture multiple consiste en une fente transversale sur la face aperturale et en une série de pores à la base de celle-ci. 105 x. 2, 6: Vues aperturales montrant l'ouverture multiple 2 115 x; 6 100 x.

FIG. 3, 7. — *Arenoparrella mexicana* (KORNFELD). 3: Vue latérale montrant la trochospire basse et l'ouverture multiple consistant en une fente aréale incurvée et en plusieurs pores arrondis. 125 x. 7: Vue spirale montrant un effondrement des premières loges comme chez *Trochammina inflata*. Les deux plus grandes cassures sont d'origine accidentelle. 135 x.

FIG. 4, 5. — *Ammotium salsa* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN). 4: 135 x; 5: 110 x.

FIG. 8, 10, 11. — *Siphotrechammina elegans*, n. sp.; 11, holotype. 8: Vue latérale. 135 x. 10: Vue spirale montrant l'effondrement des premières loges, typique des Trochamminidae. 130 x. 11: Vue ombilicale montrant l'ouverture en forme de siphon, dirigée dans le sens de la croissance. 135 x.

FIG. 9, 12. — *Lituola ? salsa* (CUSHMAN et BRÖNNIMANN). 9: Vue latérale montrant le stade initial planispiralé et l'arrangement terminal unisérié. 230 x. 12: Vue aperturale montrant 3 pores arrondis. Chacun est situé à l'extrémité d'un col. 160 x.





adaptation différentielle des organismes aux divers sous-environnements de ce milieu particulier. Quelques anomalies à ce schéma de distribution des index  $\alpha$  ont été observées.

Par comparaison, la *Baie de Sepetiba* correspond à un environnement marin confiné. Elle occupe les étages intertidal et infratidal du rivage marin. Elle se caractérise par :

- une ouverture plus grande sur le domaine océanique, avec en conséquence des influences marines assez marquées,
- un niveau énergétique plus élevé que dans la mangrove, avec des variations locales,
- des eaux à salinité variable avec des fluctuations surtout saisonnières (évaporation, précipitations), mais aussi liées aux apports d'eau douce continentale et au régime des vents (l'absence de *Miliolina* indique une dominante hyposaline),
- des eaux plus profondes (0 à 6 m avec 2 fosses de 10 à 12 m), avec une masse d'eau assurant une plus grande stabilité des facteurs abiotiques que dans la mangrove,
- des variations de température surtout saisonnières,
- des microfaunes marines confinées, peu diversifiées.

Les Foraminifères appartiennent à un petit nombre d'espèces calcaires du sous-ordre des Rotaliina. Il s'agit de formes naines, faiblement calcifiées et représentées par des populations importantes. Le coefficient de diversité, au moins au voisinage des mangroves, est en conséquence peu élevé (index  $\alpha \leq 3$ ). Il varie certainement dans d'autres sous-environnements de la baie, notamment à proximité de l'ouverture océanique.

Les auteurs remercient la Direction du Département d'exploration de PETRO-BRAS de son appui dans la réalisation des travaux de terrain et dans la préparation des échantillons. Ils expriment aussi leur gratitude au Fonds national suisse de la recherche scientifique qui assure le financement d'études comparatives de faunes auprès de différents musées d'Europe et des Etats-Unis.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN, H. V. (1951). Two new genera of Foraminifera from Recent deposits in Louisiana. *J. Pal.*, vol. 25, pp. 31-34, Chicago.
- (1951). An addenda to *Arenoparrella* and *Arenoparrella mexicana* (Kornfeld). *Contr. Cushman Found. For. Res.*, vol. 2, p. 96, Washington D.C.
- BISWAS, B. (1976). Bathymetry of Holocene foraminifera and Quaternary sea-level changes on the Sunda Shelf. *Journ. Foram. Res.*, vol. 6, fasc. 2, pp. 107-133, Lawrence, Kansas.
- BRADY, G. S. et D. ROBERTSON (1870). The Ostracoda and Foraminifera of Tidal Rivers. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, S. 4, vol. 6, pp. 1-70, Londres.

- BRÖNNIMANN, P. et L. ZANINETTI (1965). Note sur Lituola salsa (CUSHMAN et BRÖNNIMANN), 1948, un Foraminifère de la Mangrove de l'Île de la Trinité, W. I. *Arch. Sc. Genève*, vol. 18, fasc. 3, pp. 608-615, Genève.
- CLOSS, D. (1964). Ecological distribution of Foraminifera and Thecamoebina in the Patos Lagoon, Southern Brazil. *Arch. Ocen. Limn.*, vol. 13, fasc. 2, pp. 299-302, Venise.
- et M. MADEIRA (1962). Tecamebas e Foraminiferos do Arroio Chui (Santa Vitoria do Palmar, Rio Grande do Sul, Brasil). *Iheringia, Zool.*, n° 19, janvier 1962, pp. 1-43, Porto Alegre.
- et M. MADEIRA (1967). Foraminiferos e Tecamebas aglutinantes da Lagoa de Tramandai, no Rio Grande do Sul. *Iheringia, Zool.* n° 35, septembre 1967, pp. 7-31, Porto Alegre.
- et M. MADEIRA (1968). Seasonal variations of Brackish Foraminifera in the Patos Lagoon, Southern Brazil. *Esc. Geol. P. Alegre*, Publ. Esp. n° 15, mai 1968, pp. 1-51, Porto Alegre.
- et V. DE MEDEIROS (1967). Thecamoebina and Foraminifera from the Mirim Lagoon, Southern Brazil. *Iheringia, Zool.*, n° 35, septembre 1967, pp. 75-88, Porto Alegre.
- CUSHMAN, J. A. et P. BRÖNNIMANN (1948a). Some new genera and species of Foraminifera from brackish water of Trinidad. *Contr. Cush. Lab. Foram. Res.*, vol. 24, pt. 1, pp. 15-21, Sharon, Mass.
- (1948b). Additional new species of Arenaceous Foraminifera from shallow-waters of Trinidad. *Contr. Cush. Lab. Foram. Res.*, vol. 24, pt. 2, pp. 37-42, Sharon, Mass.
- HAMMEN VAN DER, T. (1963). A palynological study on the Quaternary of British Guiana. *Leidse Geol. Mededelingen*, vol. 29, pp. 125-180, Leiden.
- KORNFELD, M. M. (1931). Recent littoral Foraminifera from Texas and Louisiana. *Contr. Stanford Univ. Geol. Dept.*, vol. 1, p. 86, Stanford.
- MADEIRA-FALCETTA, M. (1974). Ecological distribution of the Thecamoebal and Foraminiferal associations in the mixohaline environments of the Southern Brazilian Littoral. *An. Acad. Brasil. Cienc.*, vol. 46, fasc. 3/4, pp. 667-687, Rio de Janeiro.
- MURRAY, J. W. (1973). Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids. Heinemann Educational Books Ltd, 274 p., Londres.
- PHLEGER, F. B. (1977). Benthic Foraminiferids as indicators of organic production in marginal marine areas. 1st. Int. Symp. Benth. Foram. Continental Margins. Pt. A.: Ecol. & Biol. *Maritime sediments*, Spec. Pub. 1, pp. 107-117, Halifax.
- (1977). Foraminifera and ecological processes in St. Lucia Lagoon, Zululand. 1st. Int. Symp. Benth. Foram. Continental Margins. Pt. A.: Ecol. & Biol. *Maritime sediments*, Spc. Pub. 1, pp. 195-204, Halifax.
- SAUNDERS, J. B. (1957). Trochamminidae and certain Lituolidae (Foraminifera) from the Recent brackish-water sediments of Trinidad, British West Indies. *Smithsonian Misc. Coll.*, vol. 134, n° 5, pp. 1-16, Washington.
- SCOTT, D. B. (1976). Brackish-water foraminifera from Southern California and description of *Polysaccammina ipohalina* n. gen., n. sp. *Journ. Foram. Res.*, vol. 6, n° 4, pp. 312-321, Washington.
- TINOCO, I. M. (1966). Contribuição a sedimentologia e microfauna da Baía de Sepetiba (Estado do Rio de Janeiro). *Trab-s. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. Pe.*, 7/8 (1965/66), pp. 123-135, Recife.
- TODD, R. et P. BRÖNNIMANN (1957). Recent Foraminifera and Thecamoebina from the Eastern Gulf of Paria. *Contr. Cush. Found. Foram. Res.*, Sp. Publ., pp. 1-43, Washington D. C.
- ZANINETTI, L.; P. BRÖNNIMANN; G. BEURLEN et J. A. MOURA (à paraître). La Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba, Etat de Rio de Janeiro, Brésil. Foraminifères et écologie. Note préliminaire. *C. R. Séances SPHN*, Genève.