

# HAUTS NIVEAUX MARINS PLEISTOCENES DU LITTORAL BRESILIEN

LOUIS MARTIN<sup>1</sup>, KENITIRO SUGUIO<sup>2</sup> and JEAN-MARIE FLEXOR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORSTOM (France)-ON/CNPq (Brazil) Rua General Bruce, 586, 20.921 Rio de Janeiro (Brazil)

<sup>2</sup>Instituto de Geociências-USP, Caixa Postal n° 20.899, 01498 São Paulo (Brazil)

<sup>3</sup>Observatório Nacional/CNPq, Rua General Bruce, 586, 20.921 Rio de Janeiro (Brazil)

Received July 19, 1987; revised and accepted March 3, 1988)

## Abstract

Martin, L., Suguio, K. and Flexor, J.-M., 1988. Hauts niveaux marins pléistocènes du littoral brésilien. [High Pleistocene sea-levels along the Brazilian coast]. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 68: 231-239.

The high sea-level, corresponding to the last Pleistocene interglacial stade, left the most important records represented by extensive beach-ridge plains along the central and southern coasts of Brazil. During the maximum level, which was dated at 123,000 yr B.P. by coral samples, the relative sea-level was situated  $8 \pm 2$  m above present level.

Four generations of Quaternary marine sandy deposits have been described in southern Brazil (State of Rio Grande do Sul), where they are known as Barrier I, II, III and IV. The Barrier IV, about 4 m high, corresponds to the last great transgressive–regressive phase, whose maximum occurred about 5100 yr B.P. The Barrier III, with a height of about 8–10 m, corresponds to the penultimate transgressive–regressive period, whose maximum was produced about 123,000 yr B.P. The Barrier II, about 13–15 m high, and the Barrier I, about 20–25 m high, situated at inner positions in relation to the previous ones, have been formed during high sea-levels older than 123,000 years.

Along the coastal plains of the States of Sergipe and Bahia, the high sea-level older than 123,000 years is represented only by one phase through cliffs carved within the Barreiras Formation. On the other side, along the coastal plains of São Paulo, Paraná and Santa Catarina, there are marine terraces with a minimum height of 13 m above present sea-level, which are certainly older than the Barrier III, and are probably recording the transgressive–regressive period of the Barrier II (middle Pleistocene?).

## Resumé

Sur les parties centrale et sud du littoral brésilien, le haut niveau marin correspondant au dernier interglaciaire a laissé d'importantes traces sous la forme de vastes terrasses sableuses. Les témoins du maximum, daté d'environ 123,000 ans B.P. par des coraux, indiquent un niveau relatif de la mer se situant  $8 \pm 2$  m au-dessus du niveau actuel.

Dans le sud du Brésil (État de Rio Grande do Sul), quatre générations de dépôts sableux marins quaternaires, dénommées Barrières I, II, III, et IV ont été décrites. La Barrière IV, témoignant d'un niveau relatif de la mer situé 4–5 m au-dessus du niveau actuel, correspond à la partie terminale de la dernière grande transgression dont le maximum s'est produit vers 5100 ans B.P. La Barrière III, témoignant d'un niveau relatif de la mer situé 8–10 m au-dessus du niveau actuel, correspond à la partie terminale de l'avant dernière grande transgression dont le maximum fut atteint vers 123,000 ans B.P. La Barrière II, témoignant d'un niveau relatif de la mer situé 13–15 m au-dessus du niveau actuel et la Barrière I, témoignant d'un niveau relatif de la mer situé 20–25 m au-dessus du niveau actuel, localisées en positions plus internes que la Barrière III, se sont formées au cours de deux phases de haut niveau de la mer, antérieures à 123,000 ans B.P.

Sur le littoral des états de Sergipe et Bahia on connaît des témoins d'un seul haut niveau marin antérieur à 123,000 ans B.P. Ceux-ci sont représentés par d'anciennes falaises entaillées dans les sédiments pliocènes de la Formation Barreiras. Par contre, sur le littoral des états de São Paulo, du Paraná et de Santa Catarina, il existe quelques dépôts sableux ou conglomératiques indéniablement plus vieux que 123,000 ans B.P.

## Introduction

Le long du littoral brésilien, des traces morphologiques, biologiques, sédimentologiques et pré-historiques de hauts niveaux marins ont été observées depuis très longtemps (Hartt, 1870; Branner, 1904; Krone, 1914; Freitas, 1951; Bigarella, 1965). Cependant, jusqu'à la fin des années 60, les recherches sur les variations du niveau de la mer ont été très peu développées au Brésil (Suguio, 1977). De plus, par manque de datations, des erreurs importantes sur la chronologie ont été le plus souvent commises. La première étude s'appuyant sur des datations au  $^{14}\text{C}$  fut celle de Van Andel et Laborel (1964), mais même ce travail n'a pas présenté un caractère systématique.

A partir de 1974, le Quaternaire marin de la partie centrale du littoral brésilien a fait l'objet d'une étude systématique par un groupe de chercheurs de l'Université de São Paulo, de l'Université Fédérale de Bahia, de l'Observatoire National et de l'ORSTOM (France). Cette équipe a conclu l'étude du littoral de l'état de São Paulo et du sud du littoral de l'état de Rio de Janeiro (Martin and Suguio, 1975, 1976a, b; Suguio and Martin, 1976a, 1978, 1982; Martin et al., 1979b, 1980b; Suguio et al., 1980); du littoral des états de Bahia, Sergipe et Alagoas (Bittencourt et al., 1979; Martin et al., 1979a, 1980a, c, 1982; Vilas-Boas et al., 1981; Dominguez, 1983; Barbosa et al., 1986 a, b); de la moitié nord d'Espírito Santo (Suguio et al., 1982); de la partie nord du littoral de l'état de Rio de Janeiro (Martin et al., 1984b); du littoral des états du Paraná et Santa Catarina (Martin and Suguio, 1986; Martin et al., 1986; Suguio et al., 1986a). Par ailleurs, le Quaternaire marin du littoral de l'état du Rio Grande do Sul a été étudié et continue à l'être par une autre équipe de chercheurs (Jost, 1971; Villwock, 1972; Villwock et al., 1986).

Sur la partie nord-est, est et sud-est du littoral brésilien, le haut niveau marin le plus récent est très bien connu grâce à de très nombreuses datations au  $^{14}\text{C}$  (ca 700). Ainsi, il a été possible de reconstruire dans l'espace et dans le temps, de nombreuses anciennes posi-

tions du niveau relatif de la mer au cours de 7000 dernières années. A partir de ces données, des courbes de variation ont été construites sur plusieurs secteurs homogènes du littoral. Ces courbes, bien que présentant des différences d'amplitude, montrent un fait essentiel: le niveau relatif de la mer a été supérieur au niveau actuel sur la plus grande partie du littoral brésilien qui, en moyenne, a été en submersion jusque vers 5100 ans B.P. et en émergence par la suite.

## Hauts niveaux marins pléistocènes

### *Avant dernier haut niveau marin*

#### *Caractéristiques des témoins de ce haut niveau*

Ceux-ci sont essentiellement constitués par de vastes terrasses sableuses que l'on rencontre pratiquement de manière continue du nord de Recife (Etat de Pernambuco) au sud de l'état du Rio Grande do Sul. L'origine marine de ces dépôts sableux est attestée par la présence de terriers fossilisés de *Callichirus major* (Suguio and Martin, 1976b; Suguio et al., 1984) et par la présence de structures sédimentaires caractéristiques de la zone littorale (Suguio and Tessler, 1987). Par ailleurs, à la surface de ces terrasses, il peut exister des alignements d'anciens cordons littoraux et dans ce cas, celles-ci sont facilement différenciables des terrasses holocènes sur les photographies aériennes (Martin et al., 1981). Le plus souvent, ces sables, blancs en surface, sont imprégnés en profondeur par des acides humiques, ce qui leur confère une couleur marron foncé et une certaine cohésion.

#### *Age du maximum de ce haut niveau*

Contrairement à ce qui se produit dans les terrasses holocènes, ces dépôts sableux ne contiennent plus de coquilles; celles-ci ayant été dissoutes par les acides humiques, on ne trouve que leur empreintes. Cependant, en une seule occasion, il a été possible de rencontrer dans un banc argileux de la base de la terrasse sableuse, des coquilles préservées de la dissolu-

tion. Un échantillon de celles-ci, daté par le  $^{14}\text{C}$ , a indiqué un âge  $\geq 30,000$  ans B.P. De même, de nombreux morceaux de bois prélevés dans ces sédiments ont indiqué des âges  $\geq 30,000$  ans B.P.

Cependant, dans le sud de l'état de Bahia, un récif de corail, associé à ce haut niveau de la mer et recouvert par les sables régressifs qui se sont déposés après le maximum, a pu être échantillonné. Ce récif a fait l'objet d'une exploitation artisanale; malheureusement, celle-ci ayant été abandonnée depuis plusieurs années, il n'a pas été possible d'effectuer un échantillonnage rigoureux. Huit morceaux de corail du genre *Siderastrea* ont été récoltés de manière aléatoire. Trois de ces échantillons (CP-3, CP-4 et CP-5) étant formés de calcite n'ont pas été soumis à datation. Par contre, les cinq autres (CP-1, CP-2, CP-6, CP-7 et CP-8), formés à 100% d'aragonite, ont été datés par la méthode ionium/uranium (Tableau I).

Les concentrations en uranium des échantillons, variables entre 2.6 et 3  $\mu\text{g/g}$ , sont normales pour des coraux dont l'âge est d'environ 120,000 ans. Les rapports initiaux d'activité  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  sont proches de 1.5, valeur que l'on rencontre dans l'eau de mer, ce qui permet de supposer que ces échantillons n'ont pas subi d'enrichissement en uranium par des eaux continentales. Les activités en  $^{232}\text{Th}$  et  $^{238}\text{Th}$  ne se distinguent pas du bruit de fond. Les échantillons CP-1, CP-2, CP-6 et CP-8 ont des âges comparables; la moyenne est de 123,500 ans B.P. avec un écart type de 5700 ans. L'échantillon CP-7 (142,000 ans B.P.) est significativement plus vieux, la différence d'âge

par rapport à l'âge moyen des quatre autres échantillons est de 15% et donc plus grande que l'erreur analytique, surtout statistique, qui peut être estimée à 6%. Nous avons vu qu'il avait été effectué un échantillonnage aléatoire et que la position relative de chaque échantillon n'était pas connue. L'échantillon CP-7 pourrait donc appartenir à une formation plus ancienne que aurait été récolonisée vers 123,000 ans B.P. Mais il nous semble plus logique de penser que cette différence d'âge est la conséquence d'une légère contamination. On peut donc estimer que le maximum de ce haut niveau de la mer s'est produit vers 123,000 ans B.P., ce qui est en accord avec l'âge du plus haut niveau marin du dernier interglaciaire dans de nombreuses régions du monde. Sur la plus grande partie du littoral nord-est, est et sud du Brésil, les témoins de ce maximum indiquent un niveau relatif de la mer se situant  $8 \pm 2$  m au-dessus du niveau actuel. Cependant, dans quelques secteurs du littoral, comme par exemple dans la baie de Todos os Santos (Etat de Bahia) (Martin et al., 1984a) et dans la régions de Macaé (Etat de Rio de Janeiro) (Martin et al., 1984b), ces témoins ont été abaissés en conséquence de mouvements tectoniques récents.

#### *Hauts niveaux marins plus vieux que 123,000 ans B.P.*

Le long du littoral de l'état du Rio Grande do Sul, Villwock et al. (1986) ont défini l'existence de quatre périodes de hauts niveaux marins quaternaires à partir de dépôts sableux qui

TABLEAU I

Résultats des datations (d'après Bernat et al., 1983)

Numéro	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	U $\mu\text{g/g}$	$^{234}\text{U}$ (dpmg/g)	Io (dpmg/g)	Ages (ans B.P.)
CP-1	1.076	2.59	2.08	1.43	122,000 $\pm$ 6100
CP-2	1.08	2.70	2.17	2.42	116,000 $\pm$ 6900
CP-6	1.11	3.09	2.57	1.85	132,000 $\pm$ 9000
CP-7	1.11	2.58	2.14	1.61	142,000 $\pm$ 9700
CP-8	1.08	2.56	2.30	1.60	124,000 $\pm$ 8700

ont désignés sous le nom de Barrières I, II, III et IV (Fig.1).

La Barrière IV s'est formée au cours de la partie finale de la dernière grande transgression dont le maximum s'est produit vers 5100 ans B.P. et au cours de la légère régression qui a suivi. Les dépôts sableux correspondants occupent une grande partie de la plaine côtière.

La Barrière III s'est formée au cours de la partie terminale de l'avant dernière grande transgression dont le maximum s'est produit vers 123,000 ans B.P. et au cours de la régression qui a suivi. Les dépôts correspondants sont formés de sables quartzueux bien sélectionnés contenant des structures sédimentaires caractéristiques de la zone littorale. Ces dépôts littoraux sont recouverts de sables éoliens. Selon Villwock et al. (1986), les témoins du maximum indiquent un niveau relatif de la mer se situant 8–10 m au-dessus du niveau actuel.

Les dépôts des Barrières II et I, situés en positions plus internes que ceux de la Barrière III, se sont formés obligatoirement au cours de deux phases de haut niveau de la mer antérieures à 123,000 ans B.P. La Barrière II, formée de sables littoraux couverts de dépôts éoliens, présente des caractéristiques lithologiques assez comparables à celles de la Barrière III. Les témoins de ce système n'ont été préservés que

dans quelques endroits de la plaine côtière du Rio Grande do Sul. Selon Bigarella et al. (1975), ils indiqueraient un niveau relatif de la mer se situant 13–15 m au-dessus du niveau actuel. Les témoins de la Barrière I forment dans la partie nord-est de la plaine côtière une bande de 250 km de longueur, orientée NE–SW, formée de sables quartzueux bien arrondis, fins à moyens. Ceux-ci sont semi-consolidés et possèdent une matrice silto-argileuse d'origine pédogénétique. L'évolution post dépôt a provoqué la disparition des structures sédimentaires primaires. Les corps sableux ont isolé, du côté du continent, une dépression qui a été occupée par une lagune. Selon Bigarella et al. (1975), ce système indiquerait un niveau relatif de la mer situé 20–25 m au-dessus du niveau actuel. Il n'existe aucune datation concernant ces deux hauts niveaux marins mais, logiquement, on peut penser qu'ils correspondent à des interglaciaires plus anciens.

Le long du littoral des états de Santa Catarina, du Paraná du sud de celui de São Paulo, il existe de rares témoins constitués soit de dépôts sableux, soit de dépôts conglomératiques indiquant un niveau relatif de la mer se situant 13–15 m au-dessus du niveau actuel. Ainsi, dans la région d'Itapema (Etat de Santa Catarina), le sommet d'un reste de terrasse

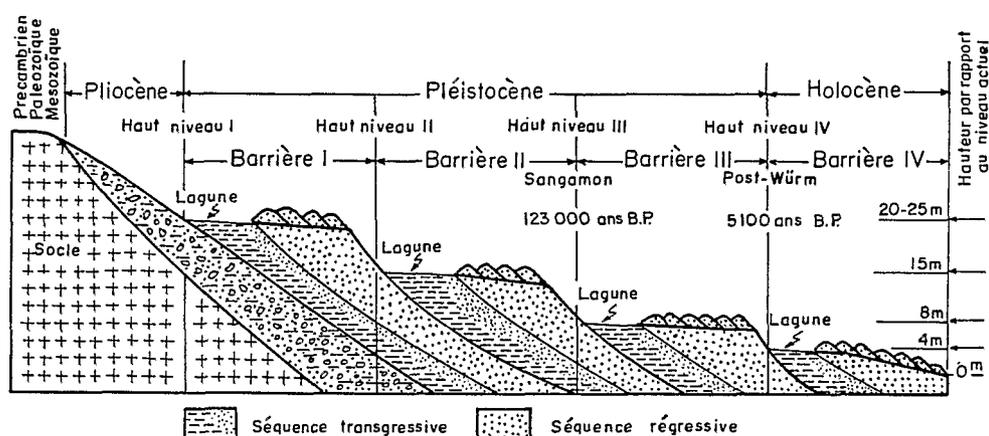


Fig.1. Barrières I, II, III et IV, formées pendant quatre périodes de hauts niveaux marins, le long du littoral du Rio Grande do Sul, Brésil. (Modifié de Villwock et al., 1986).

Fig.1. Barriers I, II, III and IV, formed during four periods of high sea-levels, along the littoral of the Rio Grande do Sul State, Brazil (Modified from Villwock et al., 1986).

sableuse se situe 13.9 m au-dessus du niveau actuel de la mer (Bigarella et al., 1975) alors que le sommet de la terrasse de 123,000 ans B.P. ne dépasse pas 8.1 m (Fig.2). Il est donc évident que ce dépôt sableux témoigne d'un haut niveau marin antérieur à 123,000 ans B.P. et probablement corréléable avec le niveau correspondant à la Barrière II du Rio Grande do Sul.

De même, dans la région d'Iguape (Etat de São Paulo) il existe un reste de terrasse sableuse dont le sommet plus ou moins érodé se situe 13 m au-dessus du niveau actuel de la mer (Fig.3). La terrasse de 123,000 ans B.P., dont le sommet se situe 8.5 m au-dessus du niveau

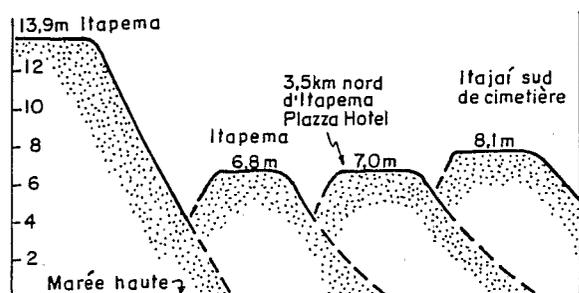


Fig.2. Terrasses sableuses de la plaine côtière de l'état de Santa Catarina entre Barra Velha et Itapema. Terrasse de 13.9 m = Interglaciaire ancien et autres terrasses = Dernier interglaciaire (Bigarella et al., 1975).

Fig.2. Sandy terraces of the State of Santa Catarina coastal plain between Barra Velha and Itapema. Terrace of 13.9 m = Ancient interglacial and other terraces = Last interglacial (Bigarella et al., 1975).

actuel, s'appuie directement sur ces dépôts sableux. La terrasse de 13 m s'est donc formée à une époque de haut niveau marin antérieure à 123,000 ans B.P. Alors que les sables de la terrasse de 123,000 ans B.P. présentent de très belles structures sédimentaires caractéristiques de la zone littorale, celles-ci ont disparu de la terrasse plus ancienne. Il est vraisemblable que cette terrasse de 13 m correspond à la Barrière II du Rio Grande do Sul.

Dans certains secteurs du littoral des états de Bahia, Sergipe et Alagoas, on connaît des témoins indirects d'un haut niveau marin antérieur à 123,000 ans B.P. Il s'agit d'une falaise entaillée dans les sédiments continentaux de la Formation Barreiras. Au pied de cette falaise, se sont déposés des sédiments continentaux qui ont été partiellement ou totalement érodés lors du haut niveau marin de 123,000 ans B.P. Il est donc évident que la falaise dans les sédiments de la Formation Barreiras a été entaillée lors d'un haut niveau marin antérieur à celui de 123,000 ans B.P. qui doit correspondre à un des deux plus vieux hauts niveaux du Rio Grande do Sul (Barrières II et I).

### Evolution géologique quaternaire du littoral brésilien

Les variations du niveau relatif de la mer associées à des modifications climatiques, ont

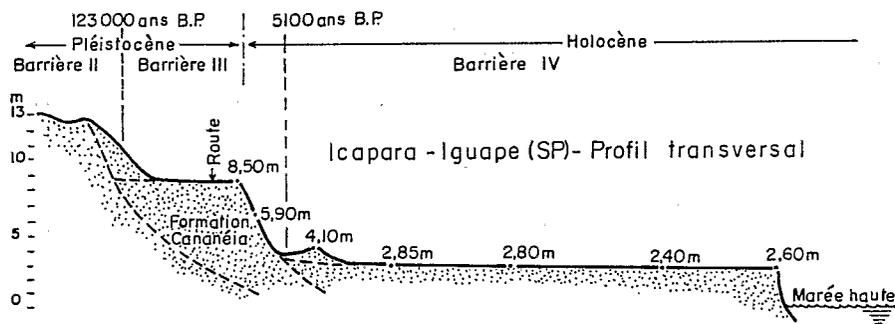


Fig.3. Dépôts sableux d'Icapara près d'Iguape (état de São Paulo). Les terrasses sableuses dont les sommets se situent environ 13, 8 et 3 m au-dessus du niveau actuel (marée haute) correspondent probablement aux Barrières II, III et IV du Rio Grande do Sul, respectivement.

Fig.3. Sandy deposits of Icapara, near Iguape (State of São Paulo). Sandy terraces whose summits are situated about 13, 8 and 3 m above present sea-level (high tide) probably correspond to the Barrières II, III and IV, respectively, of the State of Rio Grande do Sul.

été le facteur principal de la formation des plaines sédimentaires du sud, sud-est et nord-est du littoral brésilien.

En combinant les modèles d'évolution proposés par Martin et al. (1983) et Suguio et al. (1985) pour le secteur Macaé (Etat de Rio de Janeiro)–Recife (Etat de Pernambuco) et par Villwock et al. (1986) pour le littoral du Rio Grande do Sul, il est possible d'établir un modèle évolutif pour la partie du littoral brésilien s'étendant de Recife à Chuí (Etat du Rio Grande do Sul; Fig.4):

(a) *Stade 1.* Il correspond à la mise en place, sous des conditions climatiques de type semi-aride, de dépôts continentaux plus ou moins développés selon les régions: Formation Barreiras (Rio de Janeiro — Amazonas), Forma-

tion Pariquera-Açu (São Paulo), Formation Alexandra (Paraná), Formations Iquererim, Canhanduva et Cachoeira (Santa Catarina) et Formation Graxaim (Rio Grande do Sul). Ces dépôts continentaux se sont mis en place probablement à la fin du Pliocène (Sundaram and Suguio, 1985; Suguio et al., 1986b) à une époque où le niveau relatif de la mer se situait au minimum 100 m sous le niveau actuel (Maack, 1949), de manière qu'ils ont pu recouvrir une grande partie de la plate-forme continentale (Bigarella and Andrade, 1964).

(b) *Stade 2.* Il correspond au plus haut niveau marin quaternaire connu au Brésil (Barrière I du Rio Grande do Sul). Les dépôts continentaux précédents ont été, selon les régions, partiellement ou totalement érodés.

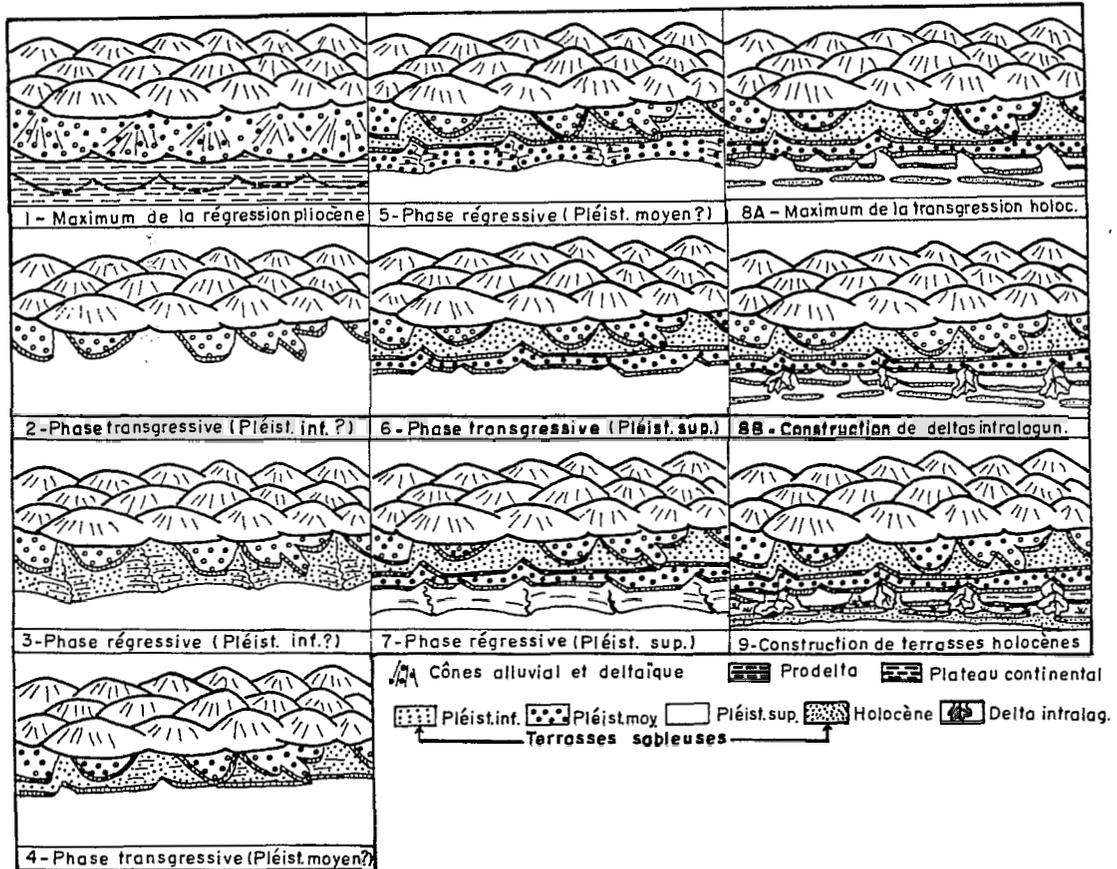


Fig.4. Évolution géologique quaternaire des plaines côtières du sud, sud-est et nord-est du Brésil (Modifié de Martin et al., 1983; Suguio et al., 1985 et Villwock et al., 1986).

Fig.4. Quaternary geological evolution of the coastal plains in southern, southeastern and northeastern Brazil (Modified from Martin et al., 1983; Suguio et al., 1985 and Villwock et al., 1986).

mêmes sables ont été transportés vers le continent pour former des terrasses marines sableuses. Celles-ci ont pu, à leur tour, être en partie ou totalement érodées et les sables redéposés sur la plate-forme. Ce mécanisme s'est répété au cours des diverses phases régressive-transgressives.

Dans la plus grande partie du littoral brésilien, seules les terrasses en liaison avec les hauts niveau de 5100 et 123,000 ans B.P. ont été préservées. C'est seulement dans le sud du Brésil, où le Quaternaire côtier atteint une extension considérable, que des témoins des terrasses des hauts niveaux plus anciens ont été conservés.

### Bibliographiques

- Barbosa, L. M., Bittencourt, A. C. S. P., Dominguez, J. M. L. and Martin, L., 1986a. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Alagoas. In: J. R. A. Dantas, Mapa Geológico do Estado de Alagoas, Scale 1:250,000. DGM/DNPM.
- Barbosa, L. M., Bittencourt, A. C. S. P., Dominguez, J. M. L. and Martin, L., 1986b. The Quaternary coastal deposits of the state of Alagoas: Influence of the relative sea-level changes. In: Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Balkema, Rotterdam, 4: 269-290.
- Bernat, M., Martin, L., Bittencourt, A. C. S. P. and Vilas-Boas, G. S., 1983. Datation  $^{10}B/^{10}U$  du plus haut niveau marin du dernier interglaciaire sur le côte du Brésil. Utilisation du  $^{229}Th$  comme traceur. C. R. Acad. Sci. Paris, 296, Sér. II: 197-200.
- Bigarella, J. J., 1965. Subsídios para o estudo das variações do nível oceânico no Quaternário Brasileiro. An. Acad. Bras. Ciênc., 37(Suplemento): 263-278.
- Bigarella, J. J. and Andrade, G. O., 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Univ. Recife, Arquivos Inst. Ciênc. Terra, 2: 2-14.
- Bigarella, J. J., Bigarella, I. E. K. and Jost, H., 1975. Topics for discussion. In: Int. Symp. Quaternary. Bol. Para. Geoci., 33: 171-363.
- Bittencourt, A. C. S. P., Martin, L., Vilas-Boas, G. S. and Flexor, J. M., 1979. The marine formations of the coast of the State of Bahia. In: K. Suguio, T. R. Fairchild, L. Martin and J. M. Flexor (Editors), Proc. Int. Symp. Coastal Evolution in the Quaternary, pp. 232-253.
- Branner, J. C., 1904. The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll., 44, Geol. Ser. 7.
- Dominguez, J. M. L., 1983. Evolução quaternária da planície costeira associada à foz do Rio Jequitinhonha (BA): Influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos. Thèse. Federal Univ. Bahia, 73 pp.
- Freitas, R. O., 1951. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. Fac. Filos. Ciênc. Letras, Univ. São Paulo, Bol. 130, Geol. 6, 120 pp.
- Hartt, C. F., 1870. Geology and Physical Geography of Brazil. Osgood, Boston Fields, 620 pp.
- Jost, H., 1971. O Quaternário da planície costeira do Rio Grande do Sul: I-A região norte. An. 25th Congr. Bras. Geol., 1, pp. 53-62.
- Krone, R., 1914. Informações ethnográficas do Vale do Rio Ribeira do Iguape. Com. Geogr. Geol. Estado de São Paulo.
- Maack, R., 1949. Espessura e seqüência dos sedimentos quaternários no litoral do Estado do Paraná. Arq. Biol. Tecnol., 4: 271-286.
- Martin, L. and Suguio, K., 1975. State of São Paulo coastal marine Quaternary geology — The ancient strandlines. An. Acad. Bras. Ciênc., 47 (supl.): 249-263.
- Martin, L. and Suguio, K., 1976a. Étude préliminaire du Quaternaire marin — Comparaison du littoral de São Paulo et de Salvador de Bahia (Brésil). Cah. ORSTOM, Sér. Géol., 8(1): 33-47.
- Martin, L. and Suguio, K., 1976b. O Quaternário Marinho do Estado de São Paulo. An. 29th Congr. Bras. Geol., 1: 281-294.
- Martin, L. and Suguio, K., 1986. Excursion route along the coastal plains of the States of Paraná and Santa Catarina. In: Spec. Publ. Int. Symp. Sea Level Changes and Quaternary Shorelines, 1, 124 pp.
- Martin, L., Flexor, J. M., Vilas-Boas, G. S., Bittencourt, A. C. S. P. and Guimarães, M. M. M., 1979a. Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours de 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (nord de Salvador). In: K. Suguio, T. R. Fairchild, L. Martin and J. M. Flexor (Editors), Proc. Int. Symp. Coastal Evolution in the Quaternary, pp. 264-274.
- Martin, L., Suguio, K. and Flexor, J. M., 1979b. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). In: K. Suguio, T. R. Fairchild, L. Martin and J. M. Flexor (Editors), Proc. Int. Symp. Coastal Evolution in the Quaternary, pp. 296-331.
- Martin, L., Bittencourt, A. C. S. P., Vilas-Boas, G. S. and Flexor, J. M., 1980a. Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia, Scale 1: 250,000. Gov. Estado da Bahia, Secr. Minas e Energia (in French and Portuguese, 57 pp).
- Martin, L., Suguio, K., Flexor, J. M., Bittencourt, A. C. S. P. and Vilas-Boas, G. S., 1980b. Le Quaternaire marin brésilien (Littoral pauliste, sud fluminense et bahianais). Cah. ORSTOM, Sér. Géol., 11(1): 96-125.
- Martin, L., Vilas-Boas, G. S., Bittencourt, A. C. S. P. and Flexor, J. M., 1980c. Origine des sables et âges des dunés situées au nord de Salvador (Brésil): Importance paléoclimatique. Cah. ORSTOM, Sér. Géol., 11(1): 125-132.
- Martin, L., Bittencourt, A. C. S. P. and Vilas-Boas, G. S., 1981. Différenciation sur photographies aériennes des terrasses sableuses marines pléistocènes et holocènes du littoral de l'état de Bahia (Brésil). Photo-interpretation, 3(4/5).

Des systèmes îles-barrières/lagunes ont pu se former. La partie supérieure des dépôts sableux littoraux a été remaniée par le vent, au moment de la mise en place, ou, postérieurement à celle-ci, pendant la phase de bas niveau marin qui a suivi.

(c) *Stade 3*. Il correspond à la période régressive qui a suivi le maximum du haut niveau précédent. Des sables régressifs correspondant à la partie supérieure de la Barrière I se sont déposés. On ne connaît pas de dépôts continentaux individualisés qui puissent être attribués à cette phase de bas niveau marin.

(d) *Stade 4*. Il correspond au haut niveau marin qui a entraîné la formation de la Barrière II et de la ligne de falaise interne de la Formation Barreiras. Selon les régions, les dépôts précédents ont été totalement ou partiellement érodés. Des systèmes îles-barrières/lagunes ont pu se former.

(e) *Stade 5*. Il correspond à la période régressive qui a suivi le maximum du haut niveau marin précédent. Des sables régressifs, correspondant à la partie supérieure de la Barrière II, se sont déposés. Ceux-ci ont été remaniés par le vent, aussitôt après le dépôt, ou, ultérieurement à celui-ci. Le long du littoral des états de Bahia, Sergipe et Alagoas, des dépôts continentaux, mis en place dans des conditions de climat semi-aride, se sont déposés au pied des falaises entaillées dans la Formation Barreiras. Il est possible que ces sédiments continentaux aient recouvert les sables littoraux équivalents à la Barrière II.

(f) *Stade 6*. Il correspond au haut niveau marin dont le maximum s'est produit vers 123,000 ans B.P. De la même manière que pour les hauts niveaux précédents, les dépôts antérieurs ont été totalement ou partiellement érodés. Des systèmes îles-barrières/lagunes ont pu se former.

(g) *Stade 7*. Il correspond à la régression qui a suivi. Des sables régressifs, correspondant à la partie supérieure des vastes terrasses sableuses que l'on rencontre sur la plus grande partie du littoral, se sont déposés. On ne connaît pas de dépôts continentaux individua-

lisés qui se soient mis en place pendant cette période de bas niveau marin.

(h) *Stade 8A*. Il correspond au maximum de la dernière transgression qui s'est produit vers 5100 ans B.P. Très souvent, il s'est formé des systèmes îles-barrières/lagunes. Les lagunes ainsi constituées ont pu atteindre de très grandes dimensions, comme dans la région de l'embouchure des rios Paraíba do Sul (Etat de Rio de Janeiro) et Doce (Etat d'Espírito Santo). Les datations obtenues à partir des sédiments provenant de ces lagunes, montrent que les îles-barrières existaient nettement avant l'époque du maximum de la transgression.

(i) *Stade 8B*. Quand un cours d'eau a débouché dans une des lagunes ainsi formée, il y a construit un delta intralagunaire pouvant atteindre de grandes dimensions comme ce fut le cas pour les rios Paraíba do Sul et Doce. Actuellement, ces deltas ne sont plus actifs; par contre, celui construit par le Rio Tubarão (Etat de Santa Catarina) l'est encore de nos jours.

(j) *Stade 9*. Il correspond à la régression qui a suivi le maximum de 5100 ans B.P. L'abaissement du niveau de la mer a entraîné la formation, à l'extérieur des îles-barrières, des terrasses sableuses couvertes de cordons littoraux provoquant une importante progradation de la ligne de côte.

## Conclusions

Les variations du niveau relatif de la mer ont été un facteur essentiel de l'évolution du littoral brésilien au cours du Quaternaire. Les vastes dépôts continentaux d'âge pliocène, mis en place durant une période de bas niveau marin, ont également joué un rôle essentiel en étant la source première des sables des terrasses marines qui sont une caractéristique du Quaternaire du littoral brésilien. Au cours de la phase transgressive qui a suivi le dépôt des sédiments continentaux pliocènes, la partie externe de ceux-ci a été érodée, ce qui a fourni des grandes quantités de sables qui se sont déposées sur la plate-forme continentale. Au cours de la phase régressive suivante, ces

- Martin, L., Bittencourt, A. C. S. P. and Vilas-Boas, G. S., 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira: Datação do máximo da penúltima transgressão. *Ciênc. Terra*, 3: 16-17.
- Martin, L., Dominguez, J. M. L., Suguio, K., Bittencourt, A. C. S. P. and Flexor, J. M., 1983. Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. *Cah. ORSTOM, Sér. Geol.*, 12(1): 59-81.
- Martin, L., Bittencourt, A. C. S. P., Flexor, J. M. and Vilas-Boas, G. S., 1984a. Evidência de tectonismo quaternário nas costas do Estado da Bahia. *An. 33rd Congr. Bras. Geol.*, 1: 19-35.
- Martin, L., Suguio, K., Flexor, J. M., Dominguez, J. M. L. and Azevedo, A. E. G. de, 1984b. Evolução da planície costeira do Rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: Influência das variações do nível do mar. *An. 33rd Congr. Bras. Geol.*, 1:84-97.
- Martin, L., Suguio, K. and Flexor, J. M., 1986. Relative sea-level reconstruction during the last 7000 years along the states of Paraná and Santa Catarina coastal plains: Additional information derived from shell-middens. In: *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4. Balkema, Rotterdam, pp. 219-236.
- Suguio, K., 1977. Annotated bibliography (1960-1977) on Quaternary shorelines and sea-level changes in Brazil. *Contrib. Inst. Geociênc., Univ. São Paulo to IGCP Project 61*, 35 pp.
- Suguio, K. and Martin, L., 1976a. Brazilian coastline Quaternary formations: The states of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes. In: *Proc. Int. Symp. Continental Margins of Atlantic Type*. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 48 (supl.): 325-331.
- Suguio, K. and Martin, L., 1976b. Presença de tubos fósseis de *Callianassa* nas formações quaternárias do litoral paulista e sua utilização na reconstrução paleoambiental. *Bol. IG, Inst. Geociênc., USP*, 7: 17-26.
- Suguio, K. and Martin, L., 1978. Mapas das formações quaternárias do litoral paulista e sul fluminense Scale 1:100,000. *Gov. Estado de São Paulo, Secr. Obras Meio Ambiente (DAEE)*.
- Suguio, K. and Martin, L., 1982. Significance of Quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian coast. *Geo-Mar. Lett.*, 1: 181-185.
- Suguio, K. and Tessler, M. G., 1988. Characteristics of a Pleistocene nearshore deposits: An example from Southern São Paulo State coastal plain. In: *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, in press.
- Suguio, K., Martin, L. and Flexor, J. M., 1980. Sea-level fluctuations during the past 6000 years along the coast of the State of São Paulo (Brazil). In: N. A. Mörner (Editor), *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*. Wiley, New York, N.Y., pp. 471-486.
- Suguio, K., Martin, L. and Dominguez, J. M. L., 1982. Evolução do delta do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: Influência das variações do nível do mar. In: K. Suguio, M. R. M. Meis and M. G. Tessler (Editors), 4th *Simp. Quaternário no Brasil*, Rio de Janeiro, 1981, pp. 93-116.
- Suguio, K., Rodrigues, S. de A., Tessler, M. G. and Lambooy, E. E., 1984. Tubos de *Ophiomorpha* e outras feições de bioturbação na Formação Cananéia, Pleistoceno do planície costeira Cananéia-Iguape, SP. In: L. D. Lacerda et al. (Editors), *Restingas-Origem, Estrutura, Processos*. UFF, Niteroi, pp. 111-122.
- Suguio, K., Martin, L., Bittencourt, A. C. S. P., Dominguez, J. M. L., Flexor, J. M. and Azevedo, A. E. G. de, 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Rev. Bras. Geociênc.*, 15: 273-286.
- Suguio, K., Martin, L., Flexor, J. M. and Azevedo, A. E. G. de, 1986a. The Quaternary sedimentary deposits in the states of Paraná and Santa Catarina coastal plains. In: *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4, pp. 3-25.
- Suguio, K., Bidegain, J. C. and Mörner, N. A., 1986b. Dados preliminares sobre as idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação São Paulo. *Rev. Bras. Geociênc.*, 16: 171-175.
- Sundaram, D. and Suguio, K., 1985. Nota preliminar sobre uma assembléia mioflorística da Formação Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. In: 8th *Congr. Bras. Paleontol., Sér. Geol.*, 27, *Paleontol./Estratigr.* 2, pp. 503-505.
- Van Andel, T. H. and Laborel, J., 1964. Recent high sea-level stand near Recife, Brazil. *Science*, 145: 580-581.
- Vilas-Boas, G. S., Bittencourt, A. C. S. P. and Martin, L., 1981. Leques aluviais pleistocênicos da região costeira do Estado da Bahia. *Rev. Bras. Geociênc.*, 15: 255-258.
- Villwock, J. A., 1972. Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Thèse. Federal Univ. Rio Grande do Sul*, 133 pp.
- Villwock, J. A., Tomazelli, L. J., Loss, E. L. Dehnhardt, E. A., Horn Filho, N. O., Bachi, F. A. and Dehnhardt, B. A., 1986. Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. In: *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4, pp 79-97.