

UTILISATION DES AMAS COQUILLIERS ARTIFICIELS DANS LES RECONSTRUCTIONS DES ANCIENNES LIGNES DE RIVAGE. Exemples brésiliens (1)

Louis MARTIN (2), Kenilro SUGUIO (3), Jean-Marie FLEXOR (4)

(2) *Mission O.R.S.T.O.M., Departamento de Geofísica, Observatorio Nacional, Rio de Janeiro (Brésil)*

(3) *Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brésil)*

(4) *Departamento de Geofísica, Observatorio Nacional, Rio de Janeiro (Brésil)*

RÉSUMÉ

Les amas coquilliers artificiels édifîés par les anciens habitants des régions côtières peuvent être utilisés dans certaines conditions comme marqueurs d'anciens niveaux marins. Cette utilisation ne sera possible que dans les régions littorales ayant subi une submersion suivie d'une émergence. Dans ce cas, si on admet que les anciens habitants se sont installés près du lieu de récolte des mollusques dont les coquilles ont été utilisées, il sera possible d'établir une relation horizontale entre la position géographique du site et une lagune, un estuaire ou la mer. Les valeurs du rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, exprimé sous la forme de $\delta^{13}\text{C}$ (PDB), des carbonates des coquilles constituant les amas fourniront des informations complémentaires très importantes.

Sur le littoral brésilien, les datations des « sambaquis » associées à la valeur du $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) des carbonates de leurs coquilles ont été utilisées de façon remarquable dans la construction de courbes de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7 000 dernières années.

RESUMO

Depositos de conchas construídos por antigos habitantes das zonas costeiras podem ser utilizados, em certas condições, como indicadores de antigos níveis marinhos. Esta utilização é possível somente em regiões litoraneas que foram sujeitas a uma submersão seguida de uma emergência. Neste caso, ao admitir-se que os antigos habitantes instalaram-se perto do local de coleta dos moluscos cujas conchas foram utilizadas, será possível estabelecer uma relação horizontal entre a posição geográfica do sítio e uma laguna, um estuário ou o oceano. Os valores da razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, expresso em termos de $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) dos carbonatos das conchas constituintes dos depósitos fornecerão informações complementares importantes.

No litoral brasileiro, datações de conchas de « sambaquis » associadas ao valor da razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ dos carbonatos foram utilizadas com sucesso na construção das curvas de variação do nível medio relativo do mar durante os 7 000 últimos anos.

ABSTRACT

ABOUT THE ARTIFICIAL SHELLY ACCUMULATIONS IN THE RECONSTRUCTIONS OF OLD SHORELINES.
BRAZILIAN EXAMPLES

The artificial shelly accumulations created by the former inhabitants of the coastal regions can be used as markers of old sea levels under certain conditions. They could be used only in the coastal regions which were subject to a submergence followed by an emergence. In this case, if the former inhabitants are supposed to have settled near the harvest-

(1) Étude réalisée dans le cadre de la Convention signée entre le Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (C.N.P.O.) et l'O.R.S.T.O.M.

ing site of mollusks whose shells have been used, it will be possible to establish an horizontal relation between the geographical position of the site and a lagoon, an estuary or the sea. The values of the ratio $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ expressed in the form of $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) of carbonate shelly accumulations will give very significant additional information.

On the Brazilian coastline, datings of "sambaquis" related to the value of $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) of carbonate shells were used appropriately in the plotting of curves of variation in the relative sea level over the last 7 000 years.

РЕЗЮМЕ

УПОТРЕБЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РАКУШЕЧНЫХ НАКОПЛЕНИЙ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРЕЖНИХ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ

Искусственными ракушечными накоплениями, построенными древними жителями береговых районов можно использовать в некоторых условиях в качестве индикаторов прежних морских уровней. Такое употребление-возможно лишь в тех береговых областях, что были последовательно подвергнуты затоплению и поднятию. В таком случае, допуская, что древние жители поселились недалеко от места сбора моллюсков, ракушки которых употреблялись, то возможно будет составить горизонтальное соотношение между географическим положением местности и лагуной, эстуарием или морем. Значения отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, выраженного под видом $\delta^{13}\text{C}$ (PDB), карбонатов ракушек, составляющих накопления предоставляют важнейшие дополнительные информации.

На бразильском побережье, датирования так называемых «самбаки», соединенные со значениями $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) карбонатов их ракушек замечательно употребались для конструкции кривых изменения морского уровня в течение последних 7 тыс. лет.

GÉNÉRALITÉS

Il est très courant de rencontrer dans les régions côtières de tous les continents des accumulations artificielles de coquilles d'organismes marins mais surtout lagunaires. Ces vestiges de formes et de tailles variables ont été édifiés au cours des temps par les habitants qui vécurent dans ces régions. Les recherches archéologiques ont montré que la chair des mollusques dont les coquilles forment ces accumulations, constituait l'essentiel de l'alimentation des groupes humains qui occupèrent ces sites. On peut donc logiquement penser que le choix de ceux-ci a été dicté en premier lieu par la présence, à proximité, d'une zone pouvant fournir pendant une longue période de temps une quantité suffisante de nourriture. Il est bien évident que les fonds de baies, les zones lagunaires ou les estuaires qui offrent à la fois de grandes surfaces découvertes à marée basse et des petits fonds, sont beaucoup plus favorables de ce point de vue que les régions de mer ouverte. De plus, dans le premier cas, la productivité biologique y est beaucoup plus importante. Ainsi, sur certaines parties de la baie de Todos os Santos (État de Bahia, Brésil) découvrant sur de grandes surfaces à marée basse, on peut voir, tous les jours, de nombreuses personnes récolter d'importantes quantités de mollusques sans apparemment épuiser le stock. Une fois rencontrée la zone de récolte favorable, on peut penser que les anciens habitants ont installé leur campement à l'endroit présentant en bordure de celle-ci, les meilleures conditions de confort et de sécurité. En

premier lieu, on peut penser qu'ils ont choisi un local situé au-dessus de la limite atteinte par les marées hautes. Dans cette hypothèse, on peut admettre qu'il existe une bonne liaison entre la position de l'amas coquillier et la présence d'une zone marine, lagunaire ou estuarienne à proximité. Une étude de l'écologie des mollusques dont les coquilles sont dominantes dans l'amas, nous indiquera quelle était la nature de la zone exploitée. Naturellement, s'il paraît relativement facile d'établir une relation latérale entre la position géographique des amas coquilliers et la présence à proximité d'un bras lagunaire, d'un estuaire de la mer, il est beaucoup plus difficile d'établir une relation verticale entre l'altitude de la base de l'amas et la position du niveau de la mer au moment de la construction. La seule chose dont nous pouvons être certain est qu'à l'époque du début de l'installation, la base de l'amas était située au-dessus du niveau atteint par les marées hautes. Ceci est une information importante dans le cas des amas coquilliers dont la base est située sous le niveau des hautes mers actuelles.

Dans les régions où l'on pourra démontrer que la progradation de la ligne de côte n'est pas due à une forte sédimentation d'origine continentale mais à un abaissement du niveau relatif de la mer, les amas coquilliers situés très à l'intérieur des terres pourront être associés à une période de maximum d'extension lagunaire correspondant à une phase de haut niveau marin. Par contre la réciproque n'est pas vraie : des amas coquilliers situés en bordure des lagunes actuelles pourront avoir le même âge que ceux situés

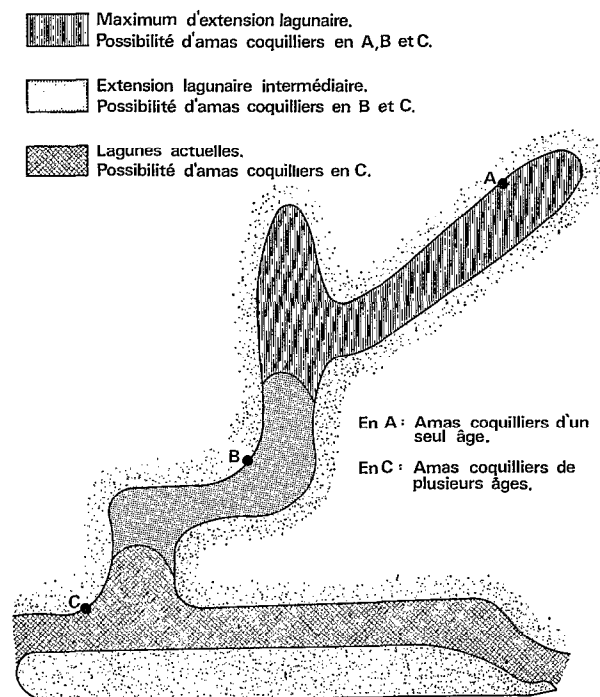


FIG. 1. — Variation de l'âge des amas coquilliers artificiels en fonction de l'extension lagunaire.

très à l'intérieur des terres (fig. 1). Ainsi les amas coquilliers situés en A auront tous des âges voisins, par contre ceux situés en B pourront avoir des âges couvrant une plus grande période de temps. Enfin ceux situés en C pourront avoir des âges allant de ceux de A à l'actuel. Cependant, dans ce cas, le rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ des carbonates des coquilles exprimé sous la forme de $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) permettra de connaître quels sont les amas correspondant à un haut niveau marin et ceux correspondant à un niveau marin inférieur. En effet, le $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) des carbonates présente un spectre de valeurs assez étendu en fonction de la nature plus ou moins continentale de l'environnement où ceux-ci se sont formés. Les carbonates des coquilles des organismes lagunaires présentent des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) intermédiaires entre celles des carbonates des coquilles des organismes d'eau douce ($\approx -13\text{‰}$) et celles des organismes marins ($\approx 0\text{‰}$). A une même époque, les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) des carbonates des coquilles des organismes d'une lagune varient en fonction de la position géographique (FLEXOR *et al.*, 1979). Les carbonates des coquilles provenant des zones lagunaires externes présentent des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) peu négatives alors que les carbonates des coquilles provenant des zones lagunaires internes présentent des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) nettement négatives. Dans ce cas, le $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) est un très bon

indicateur du paléo-milieu lagunaire. Nous donnons dans le tableau I un exemple de cette variation du $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) en fonction de la position dans la lagune. Par contre, en un même point de la lagune, mais à des époques différentes, les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) varieront en fonction de l'augmentation ou de la diminution de la superficie de la lagune. Dans ce cas, le $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) sera un bon indicateur des oscillations lagunaires et donc indirectement des variations du niveau relatif de la mer. Nous donnons dans le tableau II un exemple de cette variation du $\delta^{13}\text{C}$ (PCB) en fonction des variations de la surface lagunaire au cours du temps.

Si nous considérons l'exemple de la figure 1, nous pourrions rencontrer en A, B et C des amas coquilliers de même âge. Mais les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) des carbonates des coquilles seront très différentes : très négatives en A, peu négatives en C. Par contre en B et C, où on pourra rencontrer des amas d'âges différents, les coquilles dont les carbonates présenteront le $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) le moins négatif, correspondront à la période de plus grande extension lagunaire et vice versa.

Dans la majorité des cas, nous ne connaissons toujours pas la position du niveau relatif de la mer par rapport au niveau actuel. Mais, par contre, nous saurons s'il était plus bas ou plus haut et nous connaîtrons le sens des oscillations et l'époque des maxima.

Il existe le long de tout le littoral brésilien et plus particulièrement dans les états de Rio de Janeiro, de São Paulo, du Parana et de Santa-Catarina de très nombreux amas coquilliers artificiels. Ils sont connus sous le nom de « Sambaquis » (mot indien signifiant : amas de coquilles). Les informations fournies par certains de ces « Sambaquis » ont été utilisées dans la construction de courbes de variation du niveau relatif de la mer dans plusieurs secteurs du littoral des États de São Paulo et Bahia. Nous allons donner ci-dessous quelques exemples de cette utilisation.

UTILISATION DES INFORMATIONS FOURNIES PAR LES « SAMBAQUIS » DU LITTORAL DES ÉTATS DE SÃO PAULO ET BAHIA DANS LA CONSTRUCTION DE COURBES DE VARIATION DU NIVEAU RELATIF DE LA MER AU COURS DES 7 000 DERNIÈRES ANNÉES

Les travaux de MARTIN et SUGUIO (1975, 1976 a et b, 1978) de MARTIN *et al.* (1979 a et b, 1980), de SUGUIO et MARTIN (1976 et 1978), de SUGUIO *et al.*, 1980 et de BITTENCOURT *et al.* (1979) sur le littoral des États de São Paulo et Bahia ont permis d'acquérir une bonne connaissance sur les variations du niveau relatif de la mer au cours du Quaternaire et sur l'âge des dépôts sableux qui y sont associés. A partir de

TABLEAU I

Variation du $\delta^{13}\text{C}(\text{PDB})$ en fonction de la position des échantillons dans une paléolagune du littoral de l'état de São Paulo (Brésil), FLEXOR *et al.*, 1979.

ECHANTILLONS	AGES ^{14}C Ans B.P.	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰	Position de l'échantillon par rapport à la mer ouverte à l'époque de la construction (km)
Itapoã III	5 245 \pm 125	-0,63	5
Jataituba	5 235 \pm 150	-3,26	20
Vapumaúva II	5 080 \pm 60	-0,06	1
Pariquera-Açu	5 035 \pm 140	-3,66	24
Vapumaúva I	4 680 \pm 115	-0,12	2
A.196	4 635 \pm 100	-6,17	18
Ubatuba	3 870 \pm 100	-0,02	?
A.132	3 775 \pm 132	-5,69	33

TABLEAU II

Variation du $\delta^{13}\text{C}(\text{PDB})$ en fonction du temps dans une même région d'une paléolagune du littoral de l'État de São Paulo (Brésil), FLEXOR *et al.*, 1979.

ECHANTILLONS	AGES ^{14}C Ans B.P.	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰
Itapoã III	5 245 \pm 125	-0,63
Guaxixi	5 110 \pm 70	-0,48
Juruvaúva I	5010 \pm 115	-0,78
Juruvaúva III	4 970 \pm 150	-1,54
Juruvaúva II	4 305 \pm 140	-2,07
Itapoã II	4 215 \pm 140	-2,37
Vamiranga	1 015 \pm 70	-5,81

ces données, une histoire de l'évolution de ces régions au Quaternaire a pu être reconstituée. Ainsi, vers 120 000 ans B.P., le niveau relatif de la mer se situait 8 ± 2 m au-dessus du niveau actuel. Au cours de la partie terminale de cette transgression et au début de la régression qui a suivi, une première génération de dépôts sableux s'est mise en place. Durant toute la période de bas niveau marin, un réseau hydrographique s'est installé sur ces dépôts et y a creusé des vallées parfois profondes et larges. La surface originelle de la terrasse, avec souvent des alignements de cordons littoraux, est restée préservée dans les zones interfluves. Au cours de la remontée du niveau de la mer, le zéro actuel a été dépassé entre 7 000 et 6 500 ans B.P. et les zones basses

creusées dans les terrasses anciennes ont été envahies par la mer et il s'est formé un vaste réseau de lagunes. Vers 5 100 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un maximum qui a coïncidé avec une extension maximale des lagunes. Par la suite, le niveau relatif de la mer a baissé plus ou moins régulièrement avec deux oscillations négatives importantes entre 4 100 et 3 600 ans B.P. et 3 000 et 2 500 ans B.P.

En résumé nous pouvons dire que, jusque vers 5 100 ans B.P., le littoral des États de São Paulo et Bahia a été soumis à une submersion et que par la suite il a connu une émergence entrecoupée de deux phases rapides de submersion. Cette situation est tout à fait favorable à l'existence de « sambaquis » très à l'intérieur des terres.

Différents types de formations sur lesquelles reposent les « sambaquis »

« Sambaquis » situés sur les terrasses pléistocènes

On rencontre de nombreux « sambaquis » sur les terrasses marines pléistocènes. Ils sont toujours situés en bordure de zones plus basses anciennement lagunaires. C'est parmi ces « sambaquis » que nous devons chercher ceux correspondant à la période de plus grande extension lagunaire.

« Sambaquis » situés sur les terrasses holocènes construites postérieurement au maximum de la dernière transgression

Ces « sambaquis » auront forcément été construits après ce maximum. Dans certains cas la position sur la terrasse pourra fournir quelques informations supplémentaires.

« Sambaquis » situés sur d'anciens sédiments lagunaires élevés en avant de terrasses sableuses

Ces « sambaquis » auront forcément été construits après un haut niveau marin et probablement au cours d'une phase régressive.

« Sambaquis » situés sur des affleurements rocheux en bordure ou au milieu de lagunes ou de baies

On pourra rencontrer, occupant cette position, des « sambaquis » de tous âges. Naturellement, ceux situés en position très interne pourront correspondre à des périodes de grande extension lagunaire.

Caractéristiques de la faune rencontrée dans les « sambaquis »

Bien que l'on ait rencontré des coquilles d'une cinquantaine d'espèces de mollusques différents, les

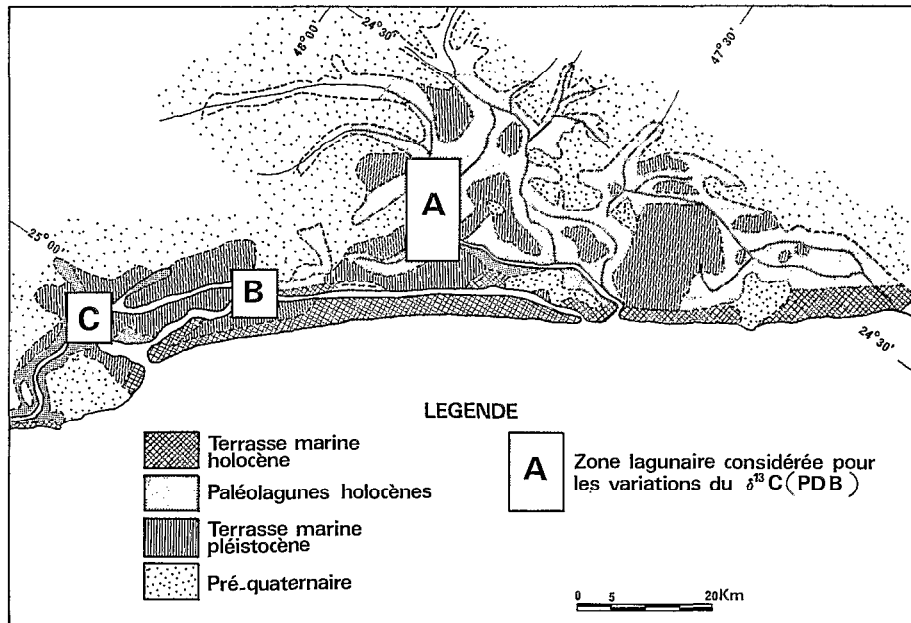


FIG. 2. — Plaine quaternaire de Cananea-Iguape (État de São Paulo, Brésil).

espèces dominantes sont peu nombreuses. Selon BIGARELLA (1949) ce sont :

- Anomalocardia brasiliana*
- Ostrea brasiliana*
- Ostrea arborea*
- Lucina Jamaicensis*
- Modiolus brasiliensis*

Tous ces lamellibranches, à l'exception d'*Ostrea arborea* qui vit fixée aux racines aériennes des palétuviers, vivent dans les sédiments sableux ou sablo-argileux peu profonds des baies ou des lagunes.

Les « sambaquis » sont formés soit d'un mélange de ces coquilles en quantités variables soit parfois exclusivement d'une seule de ces coquilles.

Reconstruction des variations du niveau relatif de la mer au cours des 7 000 dernières années dans la région de Cananea (sud du littoral de l'État de São Paulo)

La plaine sédimentaire quaternaire de Cananea-Iguape se présente comme un vaste croissant de 130 x 40 km couvrant une superficie de 2 500 km² (fig. 2). Sa partie externe est actuellement drainée

par un réseau de lagunes et de cours d'eau soumis à l'influence de la marée. Une grande partie de la plaine est occupée par les restes plus ou moins disséqués de la terrasse pléistocène et par d'anciennes zones lagunaires aujourd'hui asséchées. Ces lagunes qui se sont formées pendant la phase de submersion se sont étendues très profondément à l'intérieur du continent. On rencontre en bordure de ces lagunes de très nombreux « sambaquis ».

Informations fournies par la datation d'échantillons naturels

Un certain nombre de datations de coquilles ou de morceaux de bois prélevés dans des formations marines littorales ou lagunaires, associées à des caractéristiques morphologiques, montrent que (fig. 3 A) :

— vers 6 500 ans B.P., le niveau relatif de la mer se situait approximativement au même niveau qu'actuellement et qu'il était en élévation;

— vers 5 400 ans, le niveau relatif de la mer se situait environ 1,5 m au-dessus du niveau actuel;

— vers 4 400 ans B.P., le niveau relatif de la mer se situait encore 2 m au-dessus du niveau actuel, mais par contre le sens de la variation était négatif. Il est donc évident qu'entre 5 400 et 4 400 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un maximum qui, en fonction de données morphologiques, a dû se situer entre 3,5 et 4 m au-dessus du niveau actuel;

— entre 3 800 et 3 700 ans B.P., le niveau relatif de la mer s'est élevé rapidement pour atteindre un second maximum situé environ 3 m au-dessus du niveau actuel. Il est donc évident qu'entre 4 400 et 3 700 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un minimum;

— après ce second maximum, le niveau relatif de la mer est revenu plus ou moins régulièrement vers son niveau actuel. Malheureusement nous ne possédons pas suffisamment de données pour savoir comment s'est effectué ce retour :

Informations fournies par les « sambaquis » datés (fig. 3 B)

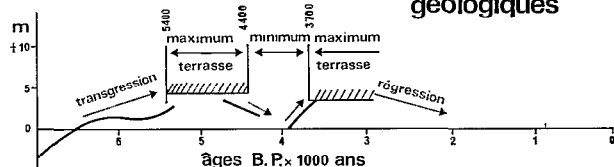
Nous venons de voir qu'entre 5 400 et 4 400 ans B.P., le niveau relatif de la mer, tout en étant resté supérieur au niveau actuel, était passé par un maximum qui s'est situé 3,5 à 4 m au-dessus du niveau actuel. Si notre raisonnement est valable, à ce haut niveau marin a dû correspondre une période de maximum d'extension lagunaire et les « sambaquis » situés le plus à l'intérieur des terres devraient dater celle-ci.

Un examen de la position de la majorité de ces « sambaquis » montre qu'ils n'ont pu être construits qu'à une époque de haut niveau marin. De plus, si nous considérons les âges des « sambaquis » internes, nous constatons que ceux-ci sont compris entre 5 200 et 4 800 ans B.P. (tabl. III). Nous pouvons donc penser que le maximum d'extension lagunaire s'est produit au cours de cette période et très vraisemblablement vers 5 000 ans B.P.

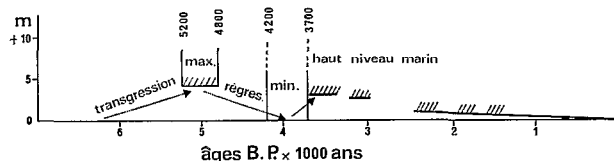
Si nous examinons les résultats du tableau IV, nous constatons que le « sambaqui » le plus ancien situé sur la terrasse holocène a été daté de $4\,680 \pm 110$ ans B.P. Nous avons donc une confirmation que le maximum s'est produit avant 4 700 ans B.P. De plus, nous pouvons voir que, vers 4 100 ans B.P., le niveau relatif de la mer ne pouvait se situer à plus de 0,5 m au-dessus du niveau actuel et que vers 3 800 ans B.P., il lui était probablement inférieur. Nous avons donc la confirmation de l'existence d'un bas niveau marin entre 4 100 et 3 800 ans B.P.

Si nous examinons les résultats du tableau V, nous constatons que le « sambaqui » le plus ancien (Estaleiro $3\,690 \pm 80$ ans B.P.) est situé sur la terrasse

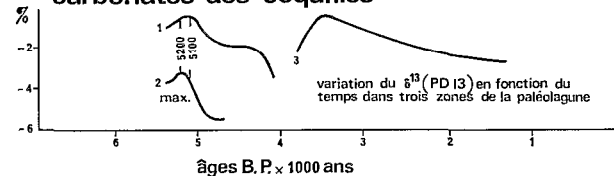
A. Informations fournies par les échantillons géologiques



B. Informations fournies par les amas coquilliers



C. Informations fournies par le $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) des carbonates des coquilles



D. Courbe de synthèse

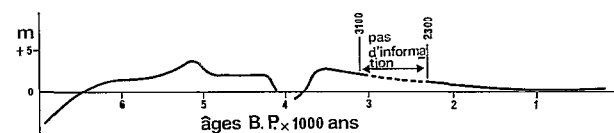


FIG. 3. — Reconstruction des variations du niveau relatif de la mer au cours des 7 000 dernières années dans la région de Cananea-Iguape (État de São Paulo, Brésil).

TABLEAU III

Caractéristiques des « sambaquis » construits entre 5 400 et 4 400 ans B.P. (T.P. : Terrasse Pléistocène ; C.R. : Roches Cristallines ; Bah. : Laboratoire de Física Nuclear, Universidade Federal da Bahia ; Gif. : Laboratoire des Faibles Radioactivités Gif-sur-Yvette ; Io : Isotopes).

Noms des Sambaquis	Âges ^{14}C ans (B.P.)	Réf.Labo.	Nature du Substratum	Position dans la paléolagune.	$\delta^{13}\text{C(PDB)} \%$
Itapoã III	5 245 ± 125	Bah.365	T.P.	Externe	-0,63
Jatãituba	5 240 ± 150	Bah.346	T.P.	Interne	-3,26
Guaxáxi	5 110 ± 100	Bah.370	T.P.	Externe	-0,48
Vapumaúva	5 080 ± 60	Bah.365	T.P.	Externe	-0,06
Pariquera-Açu	5 035 ± 140	Bah.295	T.P.	Interne	-3,88
Juruvaúva I	5 010 ± 115	Bah.359	T.P.	Externe	-0,76
Juruvaúva III	4 970 ± 110	Bah.361	T.P.	Externe	-1,34
Batatal	4 920 ± 100	Io.9186	T.P.	Externe	-----
Rio das Pedras I	4 860 ± 100	Bah.343	R.C.	Interne	-3,17
Momuna	4 790 ± 100	Bah.308	T.P.	Interne	-5,39
Rio das Pedras III	4 750 ± 110	Gif.3641	T.P.	Interne	-----
	4 710 ± 145	Bah.300			-4,67
Rio Comprido	4 560 ± 110	Gif.3646	R.C.	Externe	-----
Cananeia	4 340 ± 110	Gif.3435	T.P.	Externe	-----
	4 300 ± 150	Bah.302			-1,28

TABLEAU IV

Caractéristiques des « sambaquis » d'âges compris entre 5 000 et 3 700 ans B.P. situés sur la terrasse holocène ou sur des sédiments lagunaires (Sp. = Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo).

Noms des "sambaquis"	Âges ^{14}C	Réf:Laboratoire	Position du niveau marin par rapport au 0 actuel	$^{13}\text{C(PDB)} \%$
Vapumaúva II	4 680 ± 110	Bah.362	+ 3,5 m	-0,72
Nóbrega	4 380 ± 160	Sp. 21	+ 3,5 m	-----
Boguaçu II	4 160 ± 100	Bah.303	+ 1,5 m	-1,39
	4 120 ± 100	Gif.3436		
Ararapira II	4 175 ± 100	Bah.290	+ 0,5 m	-1,67
Ubatuba	3 870 ± 100	Bah.294	+ 2,0 m	-0,02
Ararapira I	3 790 ± 110	Gif.3437	0,0 m	-----

pléistocène ce qui peut être un indice d'un haut niveau lagunaire. Cette présomption est confirmée par la valeur du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ des carbonates des coquilles. En effet, cette valeur est beaucoup moins négative que celle du « sambaqui » Sambaquinho construit dans la même région à une époque où le niveau de la mer ne pouvait être supérieur au niveau actuel de 0,5 m. Il est donc très vraisemblable que vers 3 700 ans B.P., le niveau relatif de la mer était nettement supérieur au niveau actuel. Nous avons vu précédemment qu'après 3 700 ans B.P., le niveau relatif de la mer était passé par un second maximum situé environ 3 m au-dessus du niveau actuel. L'âge du « sambaqui » Boguaçu I (3 080 ± 55 ans B.P.) qui

a été construit à une époque où le niveau de la mer ne pouvait être supérieur de 2,5 m au niveau actuel, montre que vers 3 100 ans B.P., le maximum de 3 m avait été dépassé. Les informations fournies par les « sambaquis » Guarapari et Sambaquinho montrent que vers 2 300 et 1 500 ans B.P., le niveau relatif de la mer ne pouvait être supérieur au niveau actuel de respectivement 1 m et 0,5 m.

Informations fournies par le $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ (fig. 3 C)

Nous allons examiner trois exemples de « sambaquis » d'âges différents mais situés dans les trois cas dans des zones lagunaires homogènes.

TABLEAU V

Caractéristiques des « sambaquis » d'âges inférieurs à 3 700 ans B.P. (T.H. = terrasse holocène ; S.L. = sédiments lagunaires).

Noms des "sambaquis"	Âges ^{14}C ans B.P.	Réf: Laboratoires	Nature du substratum	Position du niveau marin par rapport au O actuel	$\delta^{13}\text{C(PDB)}$
Estaleiro	3 690 \pm 80	Bah.367	T.P.	0 m	-0,65
Fosfas I	3 350 \pm 135	Bah.340	T.P.	0 m	-1,80
Pereirinha	3 350 \pm 125	Bah.286	T.H.	0 m	-0,09
Rogaçu III	3 220 \pm 90	Bah.307	T.H.	+3 m	-3,25
	3 090 \pm 110	Gif.3645			
Pindu	3 090 \pm 120	Bah.348	R.c.	0 m	-4,31
Guarapari	2 285 \pm 45	Bah.368	S.L.	+1 m	-2,24
Rio das Minas	1 850 \pm 100	Gif.3643	T.H.	+0,5m	-----
Sambaquinho	1 500 \pm 120	Bah.292	S.L.	+0,5 m	-2,61
Itapitangui	1 490 \pm 120	Bah.293	T.H.	+1,5 m	-4,45
Vamiranga	1 015 \pm 70	Bah.369	T.P.	Indéfinie	-3,81

1^{er} Exemple : nous avons considéré sept « sambaquis » situés dans une même zone de la plaine quaternaire de Cananeia (Zone A de la fig. 2). Les six premiers ont des âges allant de 5 200 à 4 200 ans B.P. (tabl. II). Il aurait été intéressant de pouvoir disposer des données d'un « sambaqui » construit vers 4 100 ans B.P. En effet, comme nous l'avons vu plus haut (tabl. IV), à cette époque le niveau relatif de la mer ne pouvait être supérieur au niveau actuel de 0,5 m. Ainsi nous aurions disposé des valeurs de $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ des carbonates des coquilles d'une même région lagunaire entre 5 200 et 4 100 ans B.P., période correspondant à la première phase régressive. Pour pallier cette absence, nous avons considéré un septième « sambaqui » construit vers 1 000 ans B.P. dans la même région. En effet à cette époque le niveau relatif de la mer se situait dans une position assez semblable à celle qu'il occupait vers 4 100 ans B.P. Nous avons donc admis que la valeur du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ des carbonates des coquilles de ce septième « sambaqui » devait correspondre approximativement à celle des carbonates des coquilles d'un « sambaqui » qui aurait été construit vers 4 100 ans B.P.

A partir de ces données, il est possible de construire une courbe de variation du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ en fonction du temps (fig. 3 C). Nous pouvons constater que la valeur du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ passe par un maximum entre 5 200 et 5 100 ans B.P., qu'elle décroît ensuite rapidement jusque vers 4 800 ans B.P. puis lentement jusque vers 4 200 ans B.P. et rapidement ensuite. Si nous interprétons ces variations en terme d'extension lagunaire et donc de variation du niveau relatif de la mer, nous pouvons en conclure que :

— le maximum de l'extension lagunaire et donc de la transgression s'est produit entre 5 200 et 5 100

ans B.P. Or, jusqu'ici, nous n'avions pu situer celui-ci qu'entre 5 200 et 4 800 ans B.P. ;

— ce maximum a été suivi d'une diminution rapide de l'extension lagunaire et donc d'un abaissement rapide du niveau de la mer entre 5 100 et 4 800 ans B.P. ;

— l'extension lagunaire et par conséquent le niveau relatif de la mer sont restés pratiquement stationnaires entre 4 800 et 4 200 ans B.P. ;

— l'extension lagunaire a fortement diminué après 4 200 ans B.P. et par conséquent le niveau relatif de la mer a rapidement baissé.

2^e Exemple : nous avons considéré trois « sambaquis » situés dans une même zone de la partie interne de la plaine d'Iguape (Zone B de la fig. 2). A partir de ces données (tabl. VI), il est possible de construire une ébauche de courbe de variation du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ qui montre que le maximum s'est bien situé entre 5 200 et 5 100 ans B.P. et que la variation a été rapide entre 5 100 et 4 800 ans B.P. (fig. 3 C).

3^e Exemple : nous avons considéré quatre « sambaquis » situés dans une même zone de la plaine quaternaire de Cananeia (Zone C de la fig. 2). Les âges de ces « sambaquis » vont de 3 800 à 1 500 ans B.P. (tabl. VII).

A partir de ces données, il est possible de construire une courbe de variation du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ entre 3 800 et 1 500 ans B.P. (fig. 3 C) : nous constatons que celui-ci augmente fortement entre 3 800 et 3 500 ans B.P. et qu'il diminue ensuite. Si nous interprétons ces variations en terme d'extension lagunaire, nous pouvons en conclure que la superficie de la lagune a augmenté rapidement entre 3 800 et 3 500 ans B.P. et qu'ensuite celle-ci a diminué. Naturellement les varia-

TABLEAU VI

Variation en fonction du temps du $\delta^{13}\text{C}(\text{PDB})$ des carbonates des coquilles de trois « sambaquis » d'une même zone interne de la plaine quaternaire d'Iguape.

Noms des "sambaquis"	Âges ^{14}C ans B.P.	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰
Jataituba	5 250 ± 150	-3,26
Pariquera-Açu	5 040 ± 140	-3,88
Momuna	4 790 ± 115	-5,81

TABLEAU VII

Variation en fonction du temps du $\delta^{13}\text{C}(\text{PDB})$ des carbonates des coquilles de trois « sambaquis » d'une même zone de la plaine quaternaire de Cananeia.

Noms des "sambaquis"	Âges ^{14}C (ans) B.P.	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰
Fosfata II	3 790 ± 110	-2,63
Estaleiro	3 490 ± 60	-0,67
Gurapari	2 285 ± 45	-2,24
Sambaquinho	1 500 ± 120	-2,61

tions du niveau relatif de la mer se sont faites dans le même sens.

Synthèse des informations

A partir de toutes ces informations il a été possible de construire une courbe de variation du niveau relatif de la mer assez précise pour la région de Cananeia-Iguape (fig. 3 D).

Reconstruction des variations du niveau relatif de la mer dans la région de Santos-Itanhaem (littoral de l'État de São Paulo) au cours des 7 000 dernières années

La plaine quaternaire de Santos-Itanhaem présente les mêmes caractéristiques que celle de Cananeia-Iguape. Ici aussi, un réseau lagunaire s'est développé lors d'une phase de haut niveau marin. En bordure de ces anciennes lagunes on rencontre également des « sambaquis ». Quelques-uns de ceux-ci ont pu être datés au ^{14}C .

Informations fournies par la datation d'échantillons naturels

D'assez nombreuses datations de coquilles et de morceaux de bois provenant de formations naturelles lagunaires ou marines ainsi que des datations de *Vermets*, associées à l'altitude de terrasses marines,

nous ont permis de construire une courbe de variation du niveau relatif de la mer assez précise (fig. 4 A). Cette courbe possède les mêmes caractéristiques que celle de Cananeia-Iguape mais présente toutefois des différences d'amplitude.

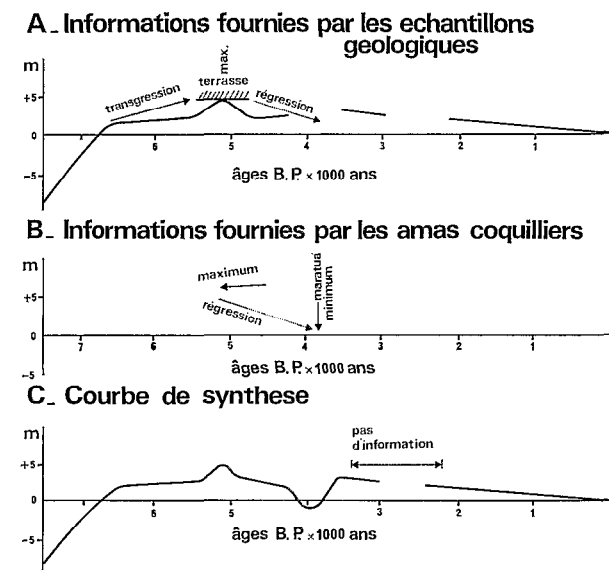


FIG. 4. — Reconstruction des variations du niveau relatif de la mer au cours des 7 000 dernières années dans la région de Santos-Itanhaem.

Tableau VIII

Caractéristiques des « sambaquis » datés dans la plaine côtière de Santos-Itanhaem.

Noms des "sambaquis"	Âges 14C ans B.P.	Réf. Laboratoires	Nature du Substratum	Position du niveau marin par rapport au 0 actuel	$^{13}\text{C(PDB)}\%$
Piaçaguera	4 930 \pm 100	To.4491	R.C.	0 m	-----
Rio Preto	4 635 \pm 100	Bah.331	T.P.	0 m	-6,07
Araraú	4 630 \pm 130	Bah.296	R.C.	0 m	-5,29
Mundo Novo	4 575 \pm 110	Bah.446	R.C.	0 m	-8,91
A.229	4 520 \pm 130	Bah.328	T.H.	+3,5m	-2,98
Mar Casado	4 400 \pm 130	Gif.1194	T.H.	+3,5m	-----
Maratua	3 925 \pm 145	Bah.382	S.L.	0 m	-----
	3 865 \pm 95	To.9185			

Informations fournies par les « sambaquis » (fig. 4 B)

Les « sambaquis » datés sont beaucoup moins nombreux mais ils nous ont tout de même fourni des précisions qui ont permis de confirmer les données précédentes (tabl. VIII).

Les « sambaquis » Rio Preto, Araraú et Mundo Novo sont situés en position interne dans la paléolagune d'Itanhaem. On pourrait donc logiquement penser qu'ils ont été construits lors du maximum d'extension de la lagune. Mais, si cela était, ce maximum lagunaire ne correspondrait pas avec celui que nous avons défini précédemment. Cependant si nous considérons les valeurs du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ des carbonates des coquilles de ces trois « sambaquis », nous constatons qu'elles sont très négatives et notamment nettement plus négatives que celles des carbonates des coquilles des « sambaquis » construits à l'époque du maximum dans la plaine de Cananea-Iguape. En fait les valeurs du $\delta^{13}\text{C(PDB)}$ des carbonates des coquilles des « sambaquis » d'Itanhaem sont très proches de celles du « sambaqui » de Momuna (tabl. III) qui a un âge très voisin. On peut donc penser que, vers 4 600 ans B.P., l'influence continentale était très forte dans la partie interne de la lagune d'Itanhaem ce qui laisse supposer que le maximum avait été dépassé et que la lagune était en voie d'assèchement. Les « sambaquis » A 229 et Mar Casado situés sur la terrasse holocène ont forcément été construits après le maximum de la transgression à une époque où le niveau de la mer était toutefois supérieur au niveau actuel mais sans pouvoir dépasser celui-ci de respectivement 3,5 et 3 m. C'est le « sambaqui » de Maratua qui nous a fourni l'information la plus intéressante. En effet, il présente la caractéristique d'avoir sa base située sous le niveau actuel de la mer. Cette position n'est pas le résultat d'un enfoncement du substratum sous le poids du « sambaqui » car, dans ce cas, la partie centrale aurait dû s'enfoncer plus que les bords ce qui aurait entraîné

une déformation des couches du « sambaqui ». Or aucune déformation de ce genre n'a été constatée. Deux datations anciennes avaient donné des âges de $7\,330 \pm 1\,300$ ans B.P. (Gif. 15) et $7\,800 \pm 1\,300$ ans B.P. (Gif. 16) (LAMING et EMPERAIRE, 1966). A cette époque, le niveau relatif de la mer se situait plus bas que le niveau actuel, donc ces deux âges n'étaient pas incohérents. Cependant les vestiges archéologiques rencontrés dans le « sambaqui » de Maratua semblaient indiquer que celui-ci avait été occupé à une époque plus récente. Deux nouvelles datations ont donc été effectuées sur le même matériel dans deux laboratoires différents. Les résultats obtenus : $3\,925 \pm 145$ (Bah. 382) et $3\,865 \pm 95$ (Io 9 185) ans B.P. parfaitement compatibles étaient plus en accord avec les données archéologiques. Nous pouvions en conclure que, vers 3 900 ans B.P., le niveau relatif de la mer se situait plus bas que le niveau actuel. Or, antérieurement, nous avons pu montrer qu'il avait effectivement existé, dans la région de Cananea-Iguape, une phase de bas niveau marin à cette même époque. L'existence de celle-ci s'est donc trouvée confirmée de manière remarquable.

Reconstruction des variations du niveau relatif de la mer dans la région de Salvador (État de Bahia) au cours des 7 000 dernières années

Sur un petit secteur du littoral, présentant des caractéristiques géologiques homogènes, situé au nord du Salvador, il a été possible de faire 66 reconstructions d'anciennes positions du niveau relatif de la mer. A partir de celles-ci, il a été possible d'établir une courbe de variation du niveau relatif de la mer très précise. Cette courbe (fig. 5) montre que :

— le zéro a été dépassé vers 7 000 ans B.P.;

— vers 5 100 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un maximum qui s'est situé $4,7 \pm 0,5$ m au-dessus du niveau actuel;

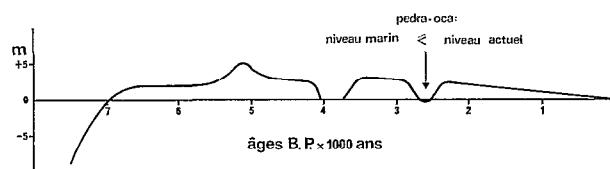


FIG. 5. — Courbe de variation du niveau relatif de la mer dans la région de Salvador (État de Bahia) avec indication de la position de l'âge du « sambaqui » de Pedra-Oca.

— vers 3 900 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un minimum au cours duquel il a dû être inférieur au niveau actuel;

— vers 3 600 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un second maximum situé à plus de 3 m au-dessus du niveau actuel;

— vers 2 700 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un second minimum au cours duquel il a dû être voisin du niveau actuel;

— vers 2 500 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un troisième maximum situé environ 2,5 m au-dessus du niveau actuel;

— à partir de cette époque, le niveau relatif de la mer est revenu progressivement vers le niveau actuel.

Cette courbe présente des caractéristiques assez semblables à celles de la région de Santos (fig. 4) avec toutefois quelques variations d'amplitude. Nous devons cependant noter l'existence d'une période de bas niveau marin vers 2 700 ans B.P. Il faut noter que ce bas niveau n'a pas été mis en évidence sur le littoral de l'État de São Paulo. Ceci peut être dû à l'absence de données pour cette période. Cette absence de données peut être en faveur de l'existence d'un bas niveau marin. En effet, si le niveau marin a été inférieur au niveau actuel, les témoins sont actuellement, submergés ce qui explique que l'on n'en ait pas rencontré.

Il existait de nombreux « sambaquis » autour de la baie de Todos os Santos mais malheureusement la plupart ont été détruits. Nous avons toutefois pu obtenir des informations sur le « sambaqui » de Pedra-Oca (CALDERON, 1964) situé sur un secteur de la baie ayant subi la même évolution que le secteur du littoral ayant fourni les reconstructions à partir desquelles a été établie la courbe de variation du niveau de la mer (MARTIN *et al.*, 1979, 1980). Actuellement, la base de la partie non érodée du « sambaqui » de Pedra-Oca se situe 0,8 m au-dessus du niveau de la marée haute. Cependant, d'après CALDERON, la base de la partie érodée se situait sous le niveau de la marée haute. A la suite d'objections qui nous furent faites, nous avons vérifié que la base du « sambaqui » était bien en position (MARTIN *et al.*, 1979). Deux échantillons de coquilles prélevés à la base ont donné les âges suivants : $2\ 830 \pm 130$

(Gif. 878) et $2\ 630 \pm 110$ (Si. 470) ans B.P. Ces deux âges confirment l'existence de la période de bas niveau marin mise en évidence, à partir d'autres informations, vers 2 700 ans B.P.

CONCLUSION

Il est évident qu'un amas coquillier artificiel ne constitue pas le marqueur idéal pour reconstruire, dans l'espace et dans le temps, la position d'un ancien niveau de la mer. En effet, il ne sera pratiquement jamais possible d'établir une relation verticale directe entre la base de l'amas et le niveau de la mer. La seule chose dont on sera sûr est qu'au moment de la construction, cette base se situait au-dessus du niveau de la marée haute. S'il semble plus facile d'établir une relation horizontale entre la position de l'amas et une zone lagunaire, un estuaire ou même la mer, notre raisonnement reste toutefois fondé sur le postulat que les anciens habitants ont établi leur campement près du lieu de récolte des coquillages. Une fois admis ce postulat, il est possible, dans les régions ayant connu une submersion suivie d'une émergence (cas du Brésil), d'établir une relation horizontale entre la position géographique d'un amas coquillier et la présence d'une lagune, d'un estuaire ou de la mer. Ainsi les amas situés très à l'intérieur des terres pourront être associés à une période de maximum d'extension lagunaire correspondant elle-même à un haut niveau lagunaire. Il faudra toutefois s'assurer que la progradation de la ligne de côte n'est pas due à une forte sédimentation continentale mais à un abaissement du niveau relatif de la mer. Il est bien évident qu'une seule datation ne pourra donner une information très précise. Par contre toute une série de datations d'une même région pourra nous fournir statistiquement des informations intéressantes sur l'époque du maximum d'extension lagunaire. D'un autre côté les amas coquilliers dont les bases sont situées sous le niveau de la marée haute actuelle indiqueront des périodes de bas niveau marin. Les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) des carbonates des coquilles nous fourniront des informations complémentaires importantes sur l'époque des maxima et minima et sur le sens des oscillations.

Les datations des amas coquilliers d'une région en émergence associées aux valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) des carbonates des coquilles et aux reconstructions d'anciennes positions du niveau relatif de la mer faites à partir d'échantillons naturels permettront bien souvent de construire avec une assez bonne précision des courbes de variation du niveau relatif de la mer.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 8 octobre 1982.

BIBLIOGRAPHIE

- BIGARELLA (J. J.), 1949. — Nota prévia sobre a composição dos sambaquis do Paraná e Santa Catarina. *Boletim de Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 4 : 95-106, Curitiba.
- BITTENCOURT (A. C. S. P.), MARTIN (L.), VILAS-BOAS (G. S.), FLEXOR (J.-M.), 1979. — Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia, Brazil. Proceedings « 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary », Suguio, Fairchild, Martin Flexor ed. : 232-253, São Paulo.
- CALDERON (V.), 1964. — O sambaqui de Pedra Oca. Instituto de Ciências Sociais Universidade Federal da Bahia, 2.
- FAIRBRIDGE (R. W.), 1976. — Shellfish-eating preceramic indians in coastal Brazil. *Science*, 191 : 353-359.
- FLEXOR (J.-M.), MARTIN (L.), SUGUIO (K.), 1979. — Utilisation du rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ comme indicateur d'oscillations lagunaires. Proceedings « 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary », Suguio, Fairchild, Martin, Flexor ed. : 356-375, São Paulo.
- HURT (W. R.), 1974. — The interrelationships between the natural environment and four sambaquis, coast of Santa Catarina, Brazil. Occasional Papers and Monographs, 1, Indiana University Museum, Bloomington, USA.
- LAMING-EMPERAIRE (A.), 1966. — Missions archéologiques françaises au Chili et au Brésil. *Journal de la Société des Américanistes*, LVII : 77-99.
- MARTIN (L.), FLEXOR (J.-M.), VILAS-BOAS (G. S.), BITTENCOURT (A. C. S. P.), GUIMARÃES, 1979. — Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7 000 dernières années sur un secteur homogène du littoral Brésilien (nord de Salvador, Bahia). Proceedings « 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary », Suguio, Fairchild, Martin, Flexor ed. : 264-274, São Paulo.
- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), 1975. — The State of São Paulo coastal marine Quaternary geology : the ancient strandlines. International Symposium on the Quaternary, Curitiba, Anais Academia Brasileira de Ciências, 47 : 249-263, Rio de Janeiro.
- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), 1976a. — Étude préliminaire du Quaternaire marin. Comparaison de São Paulo et Salvador, Brésil. *Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol. VIII, n° 1 : 33-47.
- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), 1976b. — Les variations du niveau de la mer au Quaternaire récent dans le sud de l'état de São Paulo. Utilisation des « sambaquis » dans la détermination des anciennes lignes de rivage holocènes. Actes du XLII^e Congrès Interna. des Américanistes.
- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), 1978. — Excursion route along the coastline between the town of Cananeia (state of São Paulo) and Guaratiba outlet (state of Rio de Janeiro). « 1978 International Symposium on coastal evolution in the Quaternary », Special Publication n° 2 : 95 p., São Paulo.
- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), FLEXOR (J.-M.), 1979. — Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananeia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). Proceedings « 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary », Suguio, Fairchild, Martin, Flexor ed. : 296-331, São Paulo.
- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), FLEXOR (J.-M.), BITTENCOURT (A. C. S. P.), VILAS-BOAS (G. S.), 1980. — Le Quaternaire marin brésilien (littoral pauliste sud-fluminense et bahianais). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol. IX, n° 1 : 95-124.
- SUGUIO (K.), MARTIN (L.), 1976. — Brazilian coastline Quaternary formations : the States of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes. International Symposium on continental margins of Atlantic type, São Paulo, 1975, Anais Academia Brasileira de Ciências, 48 : 325-334.
- SUGUIO (K.), MARTIN (L.), 1978. — Quaternary marine formations of the States of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. « 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary », Special publication n° 1 : 55 p, São Paulo.
- SUGUIO (K.), MARTIN (L.), FLEXOR (J.-M.), 1980. — Sea level fluctuations during the past 6,000 years along the coast of the State of São Paulo. In : Earth Rheology, Isostasy and Eustasy (N. A. Morner ed.) : 471-486, John Wiley and Sons, England.