

PROCEEDINGS OF THE  
"1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY"  
SÃO PAULO, BRASIL (1979): 356-375

UTILISATION DU RAPPORT ISOTOPIQUE  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  COMME INDICATEUR D'OSCILLATIONS LAGUNAIRES

JEAN-MARIE FLEXOR  
Lab. de Física Nuclear Aplicada - UFBA

LOUIS MARTIN  
Mission O.R.S.T.O.M. (France) - UFBA

KENITIRO SUGUIO  
Inst. de Geociências - Univ. de São Paulo (USP)

RESUME

Le rapport isotopique  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  des carbonates exprimé en  $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) 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 marins et celles des carbonates des coquilles des organismes d'eau douce. A une même époque, dans une lagune, les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) varient en fonction de la position géographique; les carbonates des coquilles des zones lagunaires externes présentent des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) peu négatives alors que les carbonates des coquilles des zones lagunaires internes présentent des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) beaucoup plus négatives. Dans ce cas, les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) sont un très bon indicateur du paléomilieu lagunaire. Par contre, en un même point de la lagune mais à des époques différentes, les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) varient en fonction de l'augmentation ou de la diminution de la surface de la lagune. Dans ce cas les variations du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) sont un très bon indicateur des oscillations lagunaires.

## I - GENERALITES

Le rapport isotopique  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  des carbonates exprimé en  $\delta^{13}\text{C}/\text{oo(PDB)}$ \* 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. Des mesures effectuées sur des coquilles d'organismes vivants (KEITH *et al.*, 1964) ainsi que sur une grande variété de carbonates marins et continentaux (KEITH & WEBER, 1964) ont montré que les différences dues à des effets d'environnement sont importantes; dans la plupart des cas, le rapport  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  permet de différencier les espèces typiquement marines des espèces typiquement continentales (KEITH & WEBER, 1965). Par exemple KEITH *et al.*, (*op.cit*) ont donné pour des carbonates de coquilles d'organismes marins les valeurs suivantes:

$$\textit{Strombus} \quad \delta^{13}\text{C} = -0,45\text{oo(PDB)}$$

$$\textit{Tivela} \quad \delta^{13}\text{C} = +1,12\text{oo(PDB)}$$

$$\textit{Halista} \quad \delta^{13}\text{C} = +0,63\text{oo(PDB)}$$

Dans la région de Salvador (Brésil), nous avons mesuré la valeur du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) d'un certain nombre de coquilles (notamment *Anomalocardia brasiliiana*) prélevées dans des grès de plage ou dans des sédiments typiquement marins. Un certain nombre de résultats sont donnés dans tableau ci-dessous:

---


$$*\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_A - (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_P}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_P} \times 1000$$

où A est l'échantillon et P l'étalon.

PDB: étalon international de référence (Carbonate fossile du Crétacé: *Belemnitela americana* de la Formation Pee Dee (Caroline du Sud - Etats Unis).

N° Labo.	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}^{\circ}/\text{‰}$ (PDB)
Bah. 571	7095 $\pm$ 125	-0,12
Bah. 578	6880 $\pm$ 185	-0,19
Bah. 586	6880 $\pm$ 120	+0,16
Bah. 576	6300 $\pm$ 170	-0,16
Bah. 505	6240 $\pm$ 155	+0,91
Bah. 543	5940 $\pm$ 155	+0,26
Bah. 504	5675 $\pm$ 145	+0,16
Bah. 497	3880 $\pm$ 130	+0,16

Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) varient entre +0,91 $^{\circ}/\text{‰}$  et -0,19 $^{\circ}/\text{‰}$  avec une valeur moyenne de 0,15  $\pm$  0,35 $^{\circ}/\text{‰}$  (PDB).

Nous avons également mesuré le  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) des carbonates d'échantillons de *Vermetidae* prélevés sur le littoral paulliste. Un certain nombre de résultats sont donnés dans le tableau suivant:

N° Labo.	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}^{\circ}/\text{‰}$ (PDB)
Bah. 350	6275 $\pm$ 135	+1,24
Bah. 354	5010 $\pm$ 120	+2,87
Bah. 352	3390 $\pm$ 100	+0,99
Bah. 357	2240 $\pm$ 90	+0,71
Bah. 358	1985 $\pm$ 120	+1,50
Bah. 356	1270 $\pm$ 1130	+1,71
Bah. 325	1105 $\pm$ 115	+1,68

Nous pouvons constater que les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) des carbonates des coquilles de *Vermetidae* sont toujours positives. Elles varient de +0,71 $^{\circ}/\text{‰}$  à +2,87 $^{\circ}/\text{‰}$  avec une valeur moyenne pour 7 mesures de +1,52  $\pm$  0,69 $^{\circ}/\text{‰}$ .

Les différences que nous notons entre les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) des carbonates de ces deux types d'organismes proviennent du fait que les *Vermetidae* vivent fixés à la roche en pleine eau alors que les laméllibranches dont nous avons étudié les coquilles vivent enfouis dans le sédiment. Dans les deux cas, il n'apparaît pas de variations notables en fonction du temps.

Les carbonates des organismes typiquement d'eau douce

ont des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) nettement plus négatives. Pour trois d'entre eux KEITH *et al.* (*op.cit.*) donnent les valeurs suivantes:

$$\text{Elliptic } \delta^{13}\text{C} = -11,45\text{‰} \text{ (PDB)}$$

$$\text{Actinais } \delta^{13}\text{C} = -13,85\text{‰} \text{ (PDB)}$$

$$\text{Ligumina } \delta^{13}\text{C} = -13,91\text{‰} \text{ (PDB)}$$

Ces valeurs négatives résultent du fait que les organismes typiquement d'eau douce absorbent du carbone d'origine végétale provenant de la décomposition de la matière organique. Or la matière végétale vivante présente des concentrations en  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) variables selon sa nature. Par exemple, le carbone des plantes "C3" (cycle photosynthétique de CALVIN-BENSON) des forêts denses présente un  $\delta^{13}\text{C}$  moyen de  $-32\text{‰}$  (PDB) tandis que celui des plantes des autres types de forêts a un  $\delta^{13}\text{C}$  voisin de  $-26\text{‰}$  (PDB). De même, les graminées tropicales - plantes "C4" (cycle photosynthétique de HATCH-SLACK) - présentent un  $\delta^{13}\text{C}$  voisin de  $-11\text{‰}$  (PDB), tandis que celles qui appartiennent au genre "CAM" (plantes succulentes) ont des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  qui se distribuent autour de  $-17\text{‰}$  (PDB) (LERMAN, 1973).

Il peut sembler logique de penser que 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 marins et celles des carbonates des coquilles subaquatiques continentaux. A une même époque, les carbonates des coquilles des organismes lagunaires vivant dans les zones internes des lagunes devraient présenter des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) nettement plus négatives que celles des carbonates des coquilles des organismes lagunaires vivant dans les zones externes. Par contre, en un même point de la lagune mais à des époques différentes (correspondant à des niveaux lagunaires différents), les carbonates des coquilles des organismes devraient présenter des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) différentes. Ainsi, les transgressions, marquées par une diminution de l'influence continentale, devraient être caractérisées par des valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) moins négatives. Par contre, les régressions, marquées par une augmentation de l'influence continentale, devraient être caractérisées par des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) plus

négatives. Théoriquement il devrait être possible d'enregistrer, le long d'une carotte de sédiments lagunaires contenant des coquilles, ces variations de valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB). De même que, le long d'une carotte de sédiments marins de grandes profondeurs, les variations de  $\delta^{18}\text{O}$  peuvent être corrélées avec des variations de température, il doit être possible de corréler les variations de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) avec des variations du niveau lagunaires.

Ces hypothèses ont été en partie testées en utilisant les données obtenues dans la plaine sédimentaire quaternaire de Cananéia Iguape (sud du littoral de l'Etat de São Paulo - Brésil).

## II-CARACTERISTIQUES DE LA PLAINE QUATERNAIRE DE CANANÉIA-IGUAPE

La plaine sédimentaire quaternaire de Cananéia-Iguape se présente comme un vaste croissant de 130 x 40 km couvrant une superficie approximative de 2500 km<sup>2</sup> (Fig.1). Sa partie externe est drainée par un réseau de lagunes et de cours d'eau soumis à l'influence de la marée. Une cartographie de détail et des datations au  $^{14}\text{C}$  nous ont permis de mettre en évidence des témoins indiscutables laissés par les deux derniers grands épisodes transgressifs ayant dépassé le niveau actuel de la mer (SUGUIO, MARTIN & FLEXOR, 1977). Des datations de morceaux de bois ont montré que le plus ancien de ces épisodes transgressifs avait un âge supérieur à 35000 ans B.P. (limite de datation de l'installation que nous avons utilisée). Il est logique de penser qu'il s'agit de l'épisode de 120000 ans B.P. (BLOOM *et al.* 1974; SHACKLETON & OPDYKE, 1973). La partie finale de la dernière transgression est bien connue grâce à plus de 50 datations au  $^{14}\text{C}$ . Nous avons pu ainsi définir plusieurs positions d'anciens niveaux marins dans le temps et dans l'espace et construire une courbe de variation du niveau relatif de la mer pour les 7000 dernières années (MARTIN, SUGUIO & FLEXOR, 1978), l'examen de cette courbe montre que (Fig. 2):

- le zéro (niveau moyen actuel de la mer) a été coupé vers 6500 ans B.P.;

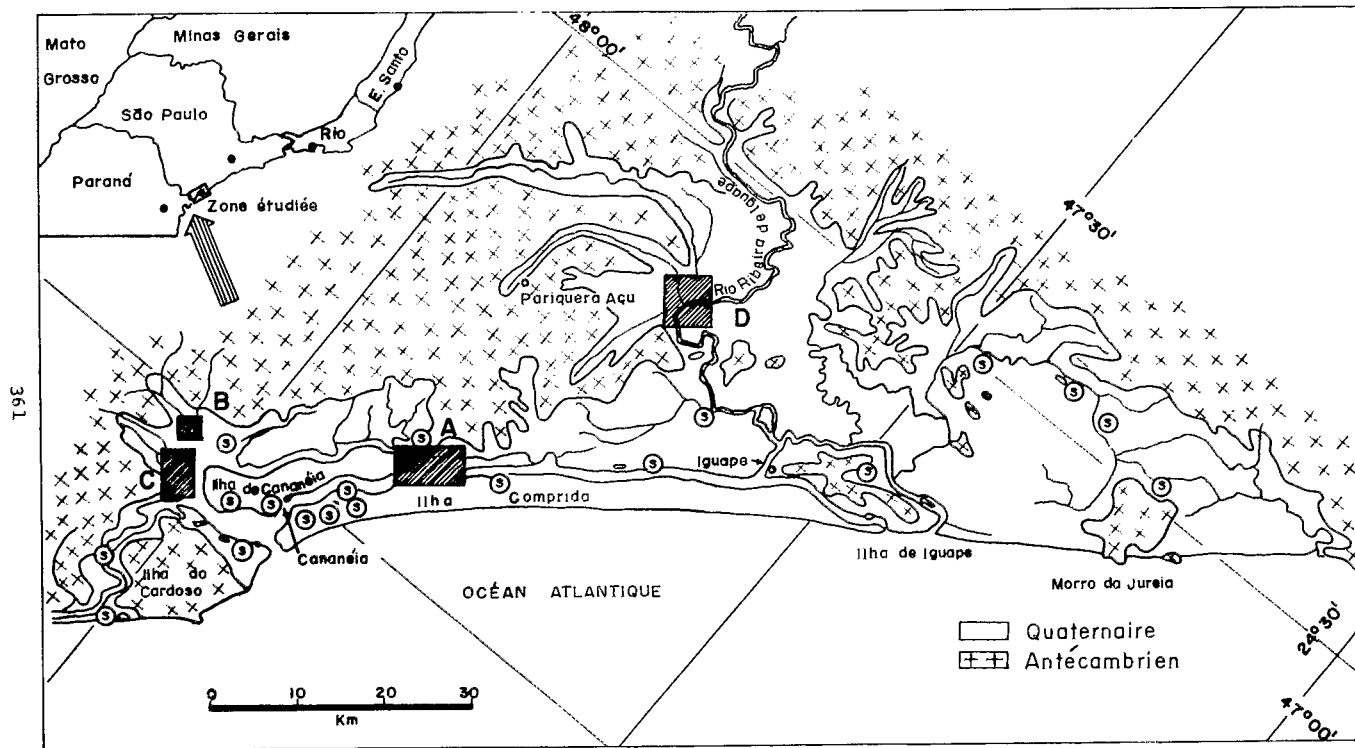


Fig. 1 — Plaine quaternaire de Cananéia-Iguape, SP, Brésil

- un maximum situé 3,5m au-dessus du niveau moyen actuel s'est produit vers 5100 ans B.P.;

- un minimum, au cours duquel le niveau moyen relatif de la mer fut probablement légèrement inférieur au niveau actuel, s'est produit vers 3800 ans B.P.;

- un second maximum, situé 3m au-dessus du niveau moyen actuel, s'est produit vers 3500 ans B.P.;

- à partir de cette date, le niveau moyen relatif de la mer est revenu régulièrement vers le niveau actuel.

A partir de ces données et d'autres informations sur la répartition des dépôts quaternaires, l'histoire de la formation de la plaine a pu être reconstruite de la façon suivante (SUGUIO & MARTIN, 1976):

- 1er stade: lors du maximum de l'avant dernière transgression, la mer a occupé la totalité de la plaine et y a déposé des sables marins.

- 2ème stade: durant la période s'étendant entre les deux transgressions, un réseau hydrographique s'installa sur ces sables en y entaillant de profondes vallées.

- 3ème stade: au cours de la dernière transgression, la mer a envahi le continent en formant dans les zones basses de la formation précédente un vaste réseau de lagunes. La surface occupée par ce réseau lagunaire a varié dans le même sens que les oscillations du niveau moyen relatif de la mer. Lors des maxima de 5100 et 3500 ans B.P., le réseau lagunaire présentait une extension très supérieure au réseau actuel. Par contre, lors du minimum de 3900 ans B.P., il devait être assez voisin du réseau actuel.

La plaine quaternaire de Cananéia-Iguape est également caractérisée par la présence de nombreux amas coquilliers ("sambaquis") construits par les anciens indiens. En 1893, LÖFGREN en avait identifiés 96. Nous avons posé comme postulat que les anciens indiens n'ont pas transporté très loin de leur lieu de récolte les mollusques dont les coquilles ont servi à construire les "sambaquis". Si nous acceptons ce postulat nous devons admettre que les "sambaquis", situés en bordure d'anciennes formations lagunaires, très à l'intérieur des terres (on en rencontre

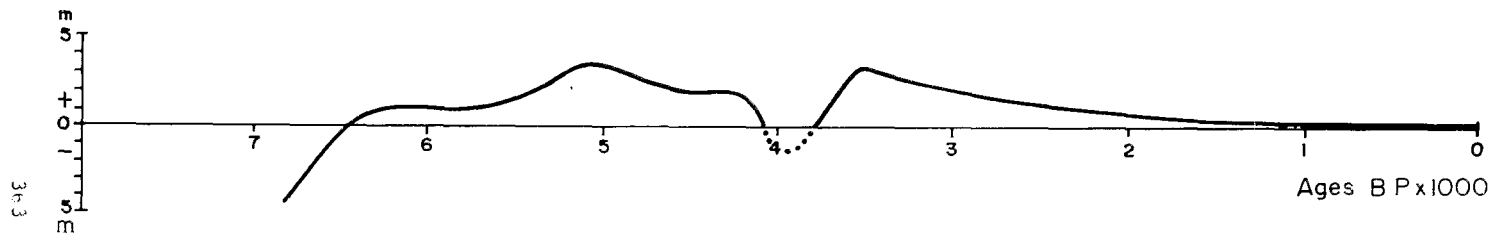


Fig. 2 - Courbe de variation du niveau relatif moyen de la mer  
 au cours des 7000 dernières années - MARTIN, SUGUIO, FLEXOR  
 1978



jusqu'à 40 km de la ligne de côte actuelle) on été construits à des époques d'extension lagunaire correspondant à des hauts niveau marins. Les âges des "sambaquis" que nous avons étudiés couvrent une période allant de 5200 à 1000 ans B.P. Au cours de cette période la superficie de la lagune a connu d'assez fortes variations. Il est vraisemblable que les carbonates des coquilles ont enregistré ces variations.

Dans ce cas particulier, les coquilles des "sambaquis" situés dans une même région lagunaire mais d'âges différents peuvent remplacer les coquilles prélevées dans une carotte de sédiments lagunaires déposés au cours de la même période de temps.

### III - VALEUR DU $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) DES CARBONATES DES COQUILLES DES "SAMBAQUIS" DE LA PLAINE DE CANANÉIA-IGUAPE

En fonction de leur composition malacologique, nous avons classé les "sambaquis" en trois grands groupes.

#### III - 1 - "SAMBAQUIS" FORMÉS ESSENTIELLEMENT DE COQUILLES d'*ANOMALOCARDIA BRASILIANA*

*Anomalocardia brasiliiana* est un lamelibranche qui vit dans les eaux de salinité très proche de celle de l'eau de mer. On en rencontre donc dans les zones externes des lagunes. En fonction de leur position par rapport à la lagune, nous avons distingué deux types de "sambaquis" d'*Anomalocardia*:

- les premiers sont situés en bordure des grands bras lagunaires où la circulation est bonne;

- les seconds sont situés en bordure des petites baies lagunaires où la circulation est moins bonne et l'accumulation de matière organique d'origine végétale plus importante. Les carbonates des coquilles de la deuxième catégorie devraient, à âge et salinité égaux, présenter des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) plus négatives. Les résultats concernant ces deux types de "sambaquis" sont donnés dans le tableau ci-dessous:

Nom ou N° du "sambaqui"	Agès <sup>14</sup> C B.P.	δ <sup>13</sup> C ‰(PDB)	Ref. Labo.	Position du niveau de la mer (m.)
A) "Sambaquis" situés en bordure de grands bras lagunaires				
Itapoã III	5245 ± 125	-0,63	Bah. 359	+3,0
Guaxixi	5110 ± 70	-0,48	Bah. 370	+3,5
Vapumauva II	5080 ± 60	+0,06	Bah. 366	+3,5
Juruvauva I	5010 ± 115	-0,76	Bah. 359	+3,0
Juruvauva II	4970 ± 150	-1,34	Bah. 361	+2,5
Vapumauva I	4680 ± 110	-0,12	Bah. 362	+2,0
Estaleiro	3690 ± 60	-0,65	Bah. 367	+1,5
A 25	3330 ± 125	-0,09	Bah. 286	+2,5
B) "Sambaquis" situés en bordure de petites baies lagunaires				
A 3	4300 ± 140	-1,28	Bah. 302	+1,5
A 116	4160 ± 95	-1,36	Bah. 303	+1,0
A 125	3840 ± 100	-1,83	Bah. 306	±0

Les carbonates des coquilles des "sambaquis" d'*Anomalocardia* situés en bordure des grands lagunes ont des valeurs de δ<sup>13</sup>C(PDB) voisines de 0, mais toutefois légèrement négatives (la valeur positive provient d'un "sambaqui" qui au moment de sa construction se situait très près de l'embouchure de la lagune). La valeur moyenne de 8 mesures est de -0,50 ± 0,45‰(PDB) avec des valeurs extrêmes de +0,06 ‰(PDB) et -1,34‰(PDB). Les carbonates des coquilles des "sambaquis" situés en bordure des petites baies lagunaires ont des valeurs de δ<sup>13</sup>C (PDB) nettement plus négatives.

#### III-2 - "SAMBAQUIS" FORMÉS ESSENTIELLEMENT DE COQUILLES D'HUITRES

Les huitres ont des tolérances de salinité beaucoup plus grands que les *Anomalocardia* et peuvent se développer dans les parties internes des lagunes.

Nom ou N° du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}^{\circ}/\text{oo}$ (PDB)	Ref.Labo.	Position du niveau de la mer (m.)
A 137	5235 ± 150	-3,26	Bah. 346	+3,0
A 140	5035 ± 140	-3,88	Bah. 295	+3,0
A 123	4860 ± 100	-3,17	Bah. 343	+2,5
A 44	4790 ± 115	-5,39	Bah. 308	+2,2
A 121	4710 ± 145	-4,67	Bah. 300	+2,0
A 196	4635 ± 100	-6,17	Bah. 331	+2,0
A 169	4630 ± 140	-5,39	Bah. 296	+2,0
A 269	4575 ± 110	-8,91	Bah. 448	+1,8
A 132	3775 ± 130	-5,69	Bah. 345	±0
Guarapari	2285 ± 45	-2,24	Bah. 368	±0,5
A 65	1500 ± 120	-2,61	Bah. 292	±0
A 69	1490 ± 120	-4,45	Bah. 293	±0
Vamiranga	1015 ± 70	-3,81	Bah. 369	±0

Les valeurs les moins négatives -2,24 (Guarapari) et -2,61<sup>0</sup>/oo (A-65) correspondent à des "sambaquis" situés dans l'axe de la Barra (embouchure) de Cananéia qui fait communiquer la lagune avec la mer. Il s'agit donc d'une zone de bonne circulation. Les valeurs les plus négatives -6,17<sup>0</sup>/oo (A-269) correspondent à des coquilles de "sambaquis" situés dans le fond de la paléolagune. Il s'agit donc d'une zone de mauvaise circulation et d'accumulation de matière organique d'origine végétale. La valeur moyenne de 13 mesures est de -4,59 ± 1,78<sup>0</sup>/oo (PDB) avec des valeurs extrêmes de -2,24<sup>0</sup>/oo et -8,91<sup>0</sup>/oo.

### III-3 - "SAMBAQUIS" CONSTITUÉS D'UN MÉLANGE D'HUITRES ET d'ANOMALOCARDIA

Par rapport à la paléolagune, ces "sambaquis" occupent des positions intermédiaires entre celle des "sambaquis" essentiellement formés d'huitres et celle des "sambaquis" essentiellement formés d'*Anomalocardia*. En fonction de leur position par rapport à la lagune nous pouvons distinguer:

- ceux situés en bordure des grands lagunes où la circulation est bonne;

- ceux situés au fond des petites baies lagunaires où la circulation est mauvaise et où l'accumulation de matière organique végétale est plus importante.

Nom ou N° du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ (PDB)	Ref.Labo.	Position du niveau de la mer (m.)
A) "Sambaquis" en bordure des grandes lagunes				
Juruvaúva III	4305 ± 140	-1,28	Bah. 360	+1,5
Itapoã II	4215 ± 140	-2,27	Bah. 302	+1,5
A 50	4175 ± 100	-1,67	Bah. 290	+0,5
Itapoã I	4095 ± 110	-1,57	Bah. 365	±0
A 58	4010 ± 110	-1,11	Bah. 309	±0
A 29	3790 ± 110	-1,35	Bah. 309	±0
A 47	3355 ± 135	-1,80	Bah. 340	+2,5
B) "Sambaquis" situés au fond de petites baies lagunaires				
A 46	3870 ± 110	-2,63	Bah. 289	±0
A 149	3220 ± 90	-3,23	Bah. 307	+2,0

La valeur moyenne de 7 mesures de  $-1,58 \pm 0,39$ ‰ (PDB) avec des valeurs extrêmes de  $-1,28$ ‰ (PDB) et  $-2,7$ ‰ (PDB). Ces valeurs sont intermédiaires entre celles des carbonates des coquilles des deux catégories de "sambaquis" précédentes.

#### IV - INTERPRETATION DES RESULTATS

##### IV-1 - "SAMBAQUIS" DE MÊMES ÂGES MAIS DE POSITIONS GÉOGRAPHIQUES DIFFÉRENTS

Si nous examinons le tableau ci-dessous, nous constatons immédiatement que les carbonates des coquilles des "sambaquis" situés dans les zones internes de la lagune où l'accumulation de la matière organique d'origine végétale est plus importante, ont des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) nettement plus négatives que celles des carbonates des coquilles des "sambaquis" situés

dans les zones externes.

Nom' ou N° du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$ (PDB)	Distance de la mer ouverte (Km)
Itapoã III	5245 ± 125	-0,63	5
A 137	5235 ± 150	-3,26	20
Vapumaúva II	5080 ± 60	-0,06	1
A 140	5035 ± 140	-3,66	24
Vapumaúva I	4680 ± 115	-0,12	2
A 196	4636 ± 100	-6,17	18
A 115	3870 ± 100	-0,02	?
A 132	3775 ± 130	-5,69	33

Dans ce cas, le  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) est un bon indicateur du paléo-milieu lagunaire

#### IV-2 - "SAMBAQUIS" SITUÉS DANS UNE MÊME RÉGION LAGUNAIRE MAIS D'ÂGES DIFFÉRENTS

*1er exemple:*

Six "sambaquis" situés dans une petite région homogène de la lagune de Cananéia (Zone A de la Fig. 1) ont été considérés. Les âges couvrent une période allant de 5245 à 4215 ans B.P. Au cours de celle-ci, le niveau moyen relatif de la mer a varié comme le montre la courbe de la figure 2. La superficie de la lagune a augmenté ou diminué parallèlement aux oscillations du niveau moyen de la mer. En un même point de la lagune, l'influence continentale a varié en fonction de l'augmentation ou de la diminution de la superficie de la lagune.

Nom du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$ (PDB)	Position du niveau de la mer (m.)
Itapoã III	5245 ± 125	-0,63	+3,0
Guaxixi	5110 ± 70	-0,48	+3,5
Juruvaúva I	5010 ± 115	-0,78	+3,0
Juruvaúva III	4970 ± 150	-1,34	+2,5
Juruvaúva II	4305 ± 140	-2,07	+1,5
Itapoã II	4215 ± 140	-2,27	+1,5

A partir de ces données, nous pouvons construire une ébauche de courbe de variation du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) entre 5245 et 4215 ans B.P. Nous avons complété la courbe en extrapolant, pour 4000 ans B.P., la valeur du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) des carbonates des coquilles du "sambaqui" Vamiranga (1015 + 70) qui a été construit à une époque où le niveau de la lagune était voisin du niveau de 4100 ans B.P. Si nous comparons (Fig. 3) la courbe ainsi construite à celle de variation du niveau relatif moyen de la mer pour la même période, nous constatons une coïncidence remarquable.

*2ème exemple:*

Nous avons considéré les données de deux "sambaquis" de la Fazenda Fosfasa (zone B de la Fig.1) situés à quelques centaines de mètres l'un de l'autre.

Nº du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}/\text{oo}$ (PDB)	Position du niveau de la mer (m.)
A 46	3790 ± 110	-2,63	±0
A 47	3350 ± 135	-1,80	+2,5

A l'époque de la construction de A 46, le niveau moyen relatif de la mer était voisin du niveau actuel alors que, lors de la construction de A 47, il se situait 2,5m au-dessus. Lors de la construction de A 47, le réseau lagunaire était plus étendu et l'influence continentale était moins forte que lors de la construction de A 46. Les valeurs différents du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) confirment clairement ceci.

*3ème exemple:*

Trois "sambaquis" situés dans la zone C de la figure 1 ont été considérés. Les âges couvrent une période allant de 3490 à 1500 ans B.P. Au cours de cette période, le niveau moyen relatif de la mer est passé de +3m à une position proche du niveau actuel (Fig. 2).

Nom ou Nº du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}/\text{oo}$ (PDB)	Position du niveau de la mer (m.)
Estaleiro	3490 ± 60	-0,67	+3,0
Guarapari	2285 ± 45	-2,24	+0,5
A 65	1500 ± 120	-2,61	+0,3

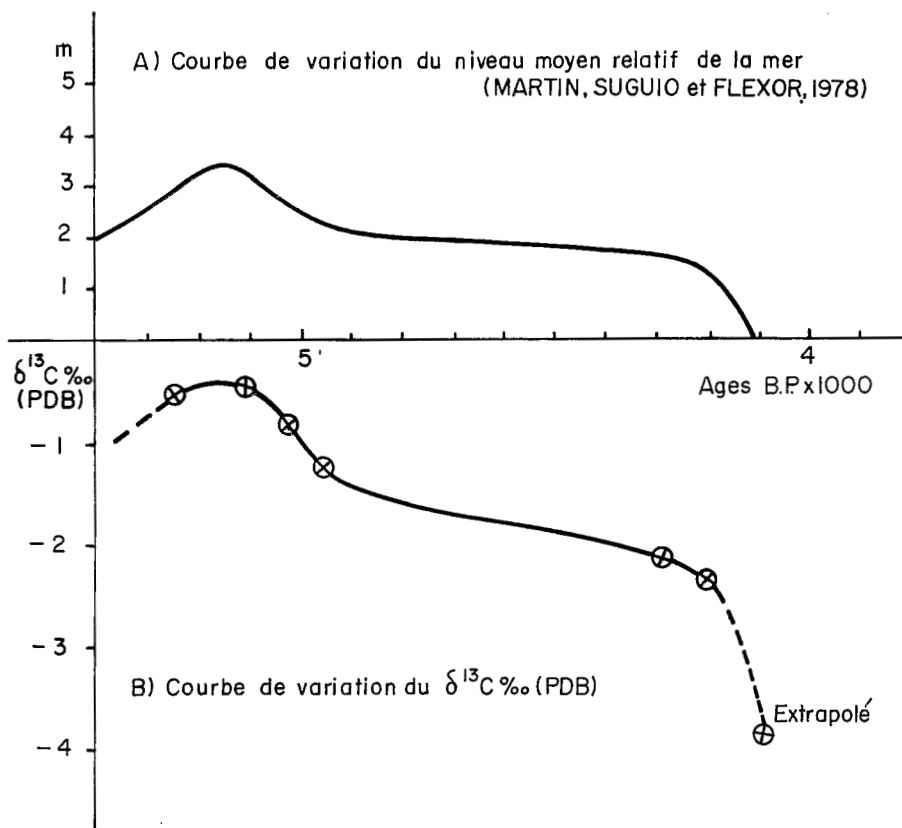


Fig. 3— Comparaison des courbes de variation du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) et du niveau moyen relatif de la mer entre 5300 et 4100 ans B.P.

A partir de ces trois valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) et d'une quatrième correspondant à un niveau lagunaire voisin de 0 vers 3800 ans B.P. (valeur extrapolée de A 65), nous pouvons construire une ébauche de courbe de variation  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) entre 3800 et 1500 ans B.P. Si nous comparons celle-ci avec la courbe de variation du niveau moyen relatif de la mer pour la même période, nous constatons une coïncidence remarquable (Fig. 4).

Dans ce cas, le  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) est un très bon indicateur des oscillations lagunaires.

#### IV-3 - INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Les courbes ou morceaux de courbes de variation du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) en fonction du temps peuvent nous aider à préciser la forme des courbes de variation du niveau relatif de la mer. Ainsi, au début de nos travaux, la position dans le temps du premier maximum n'était connue que par l'âge des "sambaquis" situés très à l'intérieur des terres. A partir de ces âges, il apparaissait que ce maximum s'était produit entre 5200 et 4800 ans B.P. (MARTIN & SUGUIO, 1976). Nous allons donner deux exemples où les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) des carbonates des coquilles de deux groupes de "sambaquis" situés dans deux zones homogènes différentes de la lagune nous ont permis de préciser la position de celui-ci.

Par exemple ("sambaquis" de la zone externe de la paléolagune)

Nom du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ (PDB)	Position du Maximum
Itapoã III	5245 ± 125	-0,63	←
Guaxixi	5110 ± 70	-0,48	
Juruvaúva I	5010 ± 115	-0,76	
Juruvaúva II	4970 ± 150	-1,34	

Il ressort de ces données que, vers 5245 ans B.P., le maximum n'était pas encore atteint et que, vers 5010 ans B.P., il était dépassé. On peut donc penser qu'il s'est produit entre 5200 et 5100 ans B.P.



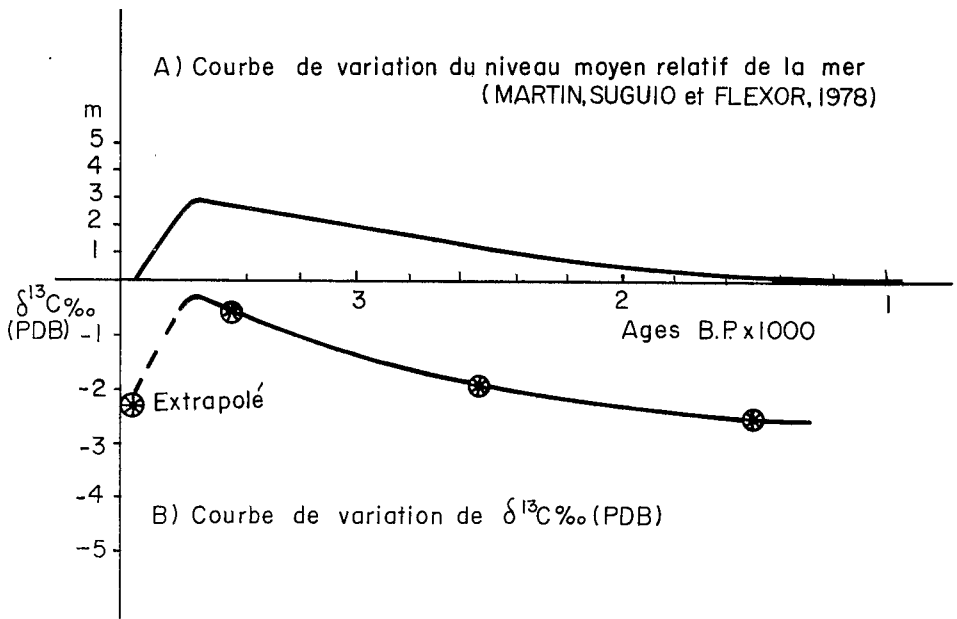


Fig.4 — Comparaison des courbes de variation du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) et du niveau moyen relatif de la mer entre 3800 et 1500 ans B.P.

2ème exemple ("sambaquis" de la zone interne de la paléolagune)

N° du "sambaqui"	Âges $^{14}\text{C}$ B.P.	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ (PDB)	Position du Maximum
A 157	5235 ± 150	-3,26	←
A 140	5040 ± 140	-3,88	
A 44	4790 ± 115	-5,81	

Dans ce deuxième exemple, nous voyons très clairement que, vers 5040 ans B.P. le maximum avait été dépassé. Ici aussi on peut penser que le maximum s'est produit entre 5200 et 5100 ans B.P.

Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) nous ont également montré que la régression qui a suivi le premier maximum a été rapide au début et beaucoup plus lente ensuite.

Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) ont également confirmé la validité de certaines datations qui au premier examen nous avaient paru anormales. Ainsi, en fonction de sa position géographique, on pouvait penser que le "sambaqui" A 46 avait été construit à une époque de niveau supérieur au niveau actuel. Or la comparaison des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) de A 46 (-2,63‰) et de A 47 (-1,80‰). "Sambaquis" situés à quelques centaines de mètres l'un de l'autre montre qu'à l'époque de la construction de A 46 l'influence continentale était plus forte et donc que le niveau lagunaire était plus bas qu'à l'époque de la construction de A 47. Vers 3800 ans B.P., le niveau moyen de la mer pouvait être voisin du niveau actuel.

#### V - CONCLUSION

Les mesures isotopiques effectuées sur les carbonates des coquilles des "sambaquis" disséminés dans la plaine quaternaire sédimentaire de Cananéia-Iguape confirment qu'à une même époque, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) varient en fonction de la position géographique. En effet, dans les parties internes des lagunes où l'influence continentale est la plus forte, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) sont nettement négatives et tendent vers les valeurs des carbonates des coquilles des organismes d'eau douce.

Par contre, dans les parties externes des lagunes où l'influence continentale est moins importante, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) sont nettement moins négatives et tendent vers les valeurs des carbonates des coquilles des organismes marins. Dans ce cas, le  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) peut être un bon indicateur du paléomilieu lagunaire. En revanche, en un même point de la lagune, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) varient dans le temps en fonction des oscillations du niveau de la lagune, elles-mêmes liées aux oscillations du niveau moyen relatif de la mer. En période transgressive, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) deviennent moins négatives et en période régressive elles deviennent plus négatives. Dans ce cas les variations de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) sont un indicateur des oscillations lagunaires. Enfin les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) peuvent apporter des informations supplémentaires permettant de préciser l'allure des courbes de variation du niveau moyen relatif de la mer.

#### VI - REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'aide reçue de la "Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP" ainsi que du "Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq" (Proc. n° 2222.0006/77) pour la réalisation de ce travail.

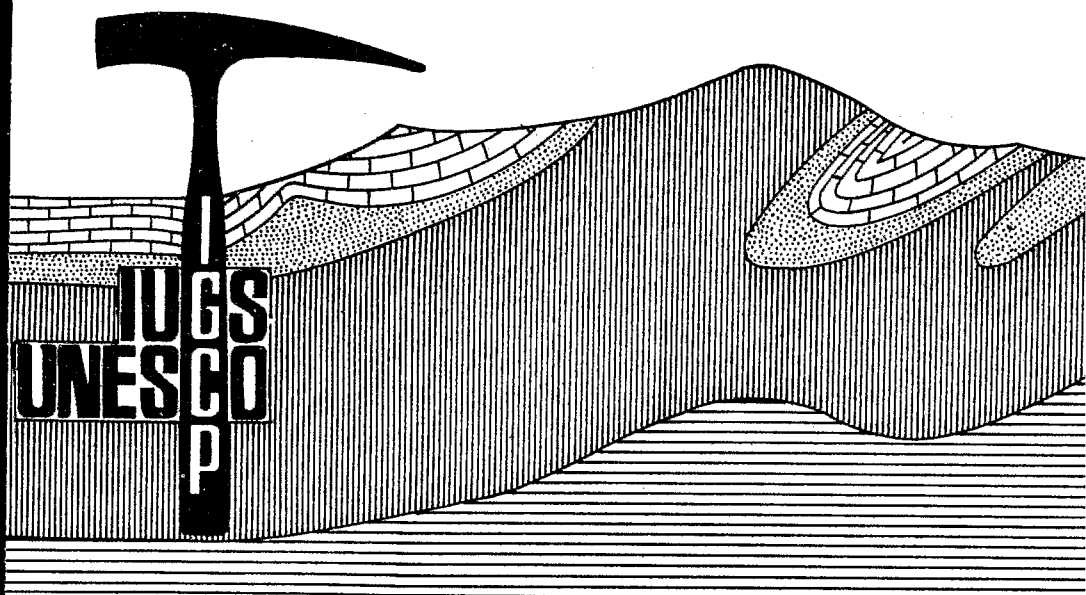
#### BIBLIOGRAPHIE

- BLOOM, A.L.; BROECKER, W.S.; CHAPPELL, J.M.; MATTHEWS, K.K. & MESOLELLA, K.J. - 1974 - *Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: new  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  dates from the Huon Peninsula, New-Guinea*. *Quaternary research* 4:185-205.
- KEITH, M.L.; ANDERSON, G.M. & EICHELER, R. - 1964 - *Carbon and oxygen isotopic composition of mollusk shells from marine and freshwater environments*. *Geochim. and Cosmochim. Acta*, V.28:1757.
- KEITH, M.L. & WEBER, J.M. - 1964 - *Carbon and isotopic composition of selected limestones and fossils*. *Geochim. and Cosmochim. Acta*, V.28:1787.
- KEITH, M.L. & WEBER, J.M. - 1965 - *Isotopic composition of reef communities*. In: *stable isotopes in oceanographic studies*

- and paleotemperatures*. Ed. par Tongiorgi, Spoleto, Conference in Nuclear geology (1965).
- LERMAN, J.C. - 1973 - *Isotopes paleothermometers on continental matter assessment*. In: *Les méthodes quantitatives d'étude des variations du climat au cours du Pleistocène*. Colloques Internationaux du CNRS (N° 219), Gif-sur-Yvette, juin 1973:163-181.
- LÖFGREN, A. - 1893 - *Os "sambaquis" de São Paulo*. Bol. Comissão Geogr. e Geol. do Estado de São Paulo, n° 9.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. - 1976 - *Les variations du niveau de la mer au quaternaire récent dans le sud de l'Etat de São Paulo (Erésil). Utilisation des "sambaquis" (Kjokkenmo-dings) dans la détermination des anciennes lignes de riva-ge holocènes*. XLII Congrès International des Américanistes, Paris septembre 1976, actes du congrès, vol. IX, Pré-histoire brésilienne.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J.-M. - 1978 - *Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ)*. 1978 International Symposium on Coastal evolution in the Quaternary, São Paulo septembre 1978, dans ce volume.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1976 - *Mecanismo de gênese das planícies quaternárias do litoral do Estado de São Paulo*. XXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, Annales.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. & FLEXOR, J.-M. - 1977 - *Sea level fluctuations during the past 8000 years along the coast of the state of São Paulo, Brazil*. X Intern. Congress of INQUA, Birmingham, août 1977.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.D. - 1973 - *Oxygen isotope and paleo-magnetic stratigraphy of equatorial pacific cores V28-238: oxygen isotope temperatures and ice volume a  $10^5$  and  $10^6$  year scale*. Quaternary research, v.3:39-55.

1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY

SEPTEMBER 11-18, 1978



## PROCEEDINGS

REPRINT

EDITORS:

KENITIRO SUGUIO  
THOMAS R. FAIRCHILD  
LOUIS MARTIN  
JEAN-MARIE FLEXOR

SÃO PAULO — BRASIL

1979

17 JUL. 1995

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 41318 ex 1

Cote : B p 20 51