

PROCEEDINGS OF THE  
"1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY"  
SÃO PAULO, BRASIL (1979): 343-355

SUR L'UTILISATION DES GRÈS COQUILLIERS DE LA REGION DE SALVADOR  
(BRESIL) DANS LA RECONSTRUCTION DES LIGNES DE RIVAGES HOLOCENES

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

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

RESUME

Il existe sur les plages de la région de Salvador de nombreux bancs de grès coquilliers dont les sables se sont déposés à des époques au cours desquelles le niveau de la mer était différent du niveau actuel. L'étude des stratifications et des caractéristiques granulométriques de ces grès permet de reconstruire avec une précision acceptable la position du niveau moyen de la mer au moment du dépôt des sables. La datation au  $^{14}\text{C}$  des coquilles les plus fraîches permet de connaître l'époque du dépôt. La cimentation des sables a pu se faire soit à partir des carbonates dissous dans l'eau de mer, soit à partir des débris carbonatés contenus dans les sables préalablement dissous par de l'eau douce et ultérieurement recristallisés. Ce second mécanisme implique une émergence de la formation sableuse. Dans ce cas, l'âge du ciment pourrait dater une oscillation négative du niveau moyen de la mer. Malheureusement, les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) des carbonates des ciments étudiés montrent que ceux-ci ont une origine marine indiscutable. De plus, les datations au  $^{14}\text{C}$  du ciment sont incohérentes et n'indiquent absolument pas l'époque au cours de laquelle s'est produite la cimentation.

## I - GENERALITES

Le littoral du Nordeste brésilien et notamment celui de l'état de Bahia est caractérisé par l'existence de nombreuses lignes de bancs de grès ("arrecifes") en général parallèles à la côte actuelle. Du point de vue pétrographique, ce sont des grès quartzeux riches en restes coquilliers et à ciment calcaire. On y rencontre plusieurs types de stratifications qui sont caractéristiques des diverses zones de la plage où s'est effectué le dépôt. Selon les cas, cette zone de dépôt peut varier de la haute à la basse plage. Dans le cadre des reconstructions des anciennes lignes de plage, il serait donc très dangereux de considérer systématiquement un dépôt dans la zone de la haute plage.

## II - VARIATION DU NIVEAU MOYEN RELATIF DE LA MER AU COURS DES 7000 DERNIÈRES ANNÉES SUR CETTE PARTIE DU LITTORAL BRÉSILIEN

Un certain nombre de datations au  $^{14}\text{C}$  d'échantillons de *Vermetidae*, d'algues calcaires et de coraux situés au-dessus de la zone biologique de ces mêmes espèces, ainsi que des datations de coquilles prélevées dans des sédiments marins ou lagunaires transgressifs, nous ont permis de reconstruire, dans le temps et l'espace, d'anciennes positions du niveau moyen de la mer. A partir de ces données, une ébauche de courbe de variation du niveau moyen relatif de la mer a pu être construite (MARTIN et al., 1978) (Fig. 1). Au vu de celle-ci, il apparaît que:

- le zéro (niveau moyen actuel de la mer) a été dépassé pour la première fois vers 7000 ans B.P.;

- vers 5100 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer est passé par un maximum situé  $4,7 \pm 0,5$  m au-dessus du niveau actuel;

- vers 3900 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer est passé par un minimum;

- vers 3500 ans B.P., le niveau relatif de la mer est passé par un second maximum situé environ 3,5 m au-dessus du niveau actuel;

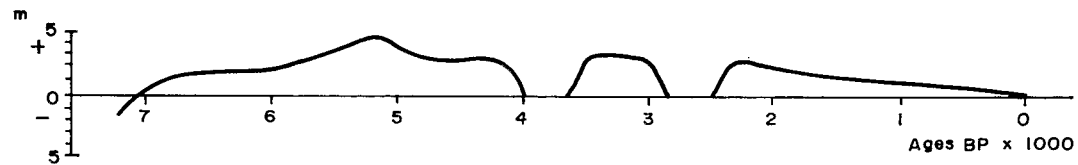


Fig 1 — Courbe de variation du niveau moyen relatif de la mer  
dans la région nord de Salvador

- vers 2700 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer est passé par un second minimum;

- vers 2400 ans B.P., le niveau moyen relatif de la mer est passé par un troisième maximum situé 2,5 m au-dessus du niveau actuel;

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

### III - INFORMATIONS FOURNIES PAR LES GRES COQUILLIERS SUR LA POSITION DU NIVEAU MOYEN RELATIF DE LA MER AU MOMENT DU DÉPÔT

Pour pouvoir reconstruire, à partir d'un témoin laissé par la mer, la position d'un ancien niveau marin, il est nécessaire de définir dans l'espace et dans le temps le témoin considéré. Définir le témoin dans l'espace, c'est reconstruire la position du niveau marin fossile par rapport au niveau moyen actuel. Définir le témoin dans le temps, c'est dater l'époque de sa mise en place.

#### III.1 - RECONSTRUCTION DU NIVEAU MOYEN DE LA MER AU MOMENT DU DÉPÔT

Les sables déposés dans la zone littorale présentent des stratifications et des caractéristiques granulométriques qui sont fonction de la zone de dépôt. La comparaison des structures sédimentaires et des caractéristiques granulométriques fossiles avec celles des plages actuelles peut permettre de faire cette reconstruction avec une précision acceptable. Nous avons représenté sur le schéma de la Fig. 2 les différentes stratifications et caractéristiques granulométriques que l'on rencontre sur une plage. Dans la zone située en arrière de la crête de plage on peut rencontrer des stratifications croisées mais les caractéristiques granulométriques (éléments plus fins) permettront de les différencier de celles de la basse plage. La crête de plage est caractérisée par une surface et des stratifications plan-parallèles inclinées à la fois en direction du continent et de la mer. La haute plage présente des stratifications plan-parallèles et une surface inclinées uniquement en

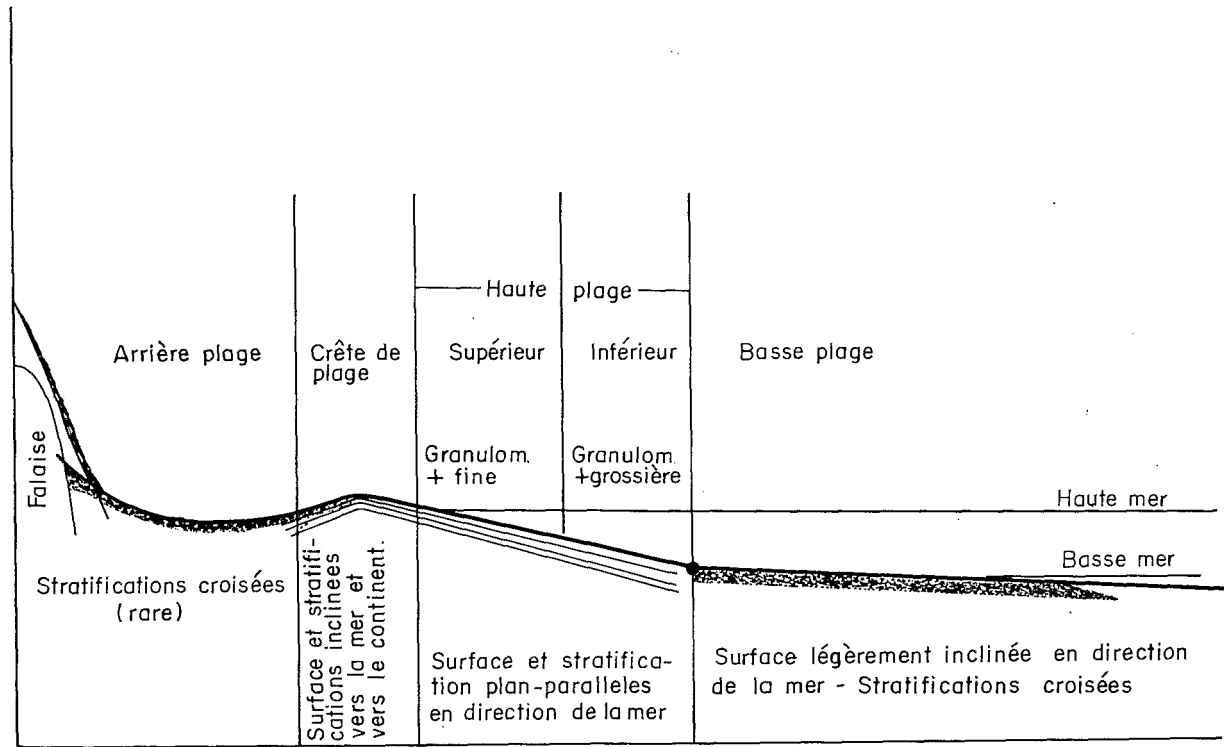


Fig. 2 — Differentes zones de la plage.

direction de la mer. Les caractéristiques granulométriques permettent de différencier une haute plage inférieure (éléments plus grossiers) d'une haute plage supérieure (éléments plus fins). La basse plage présente une surface légèrement inclinée en direction de la mer et éventuellement des stratifications croisées.

- Exemples de reconstruction:

a) Banc de grès représentant une ancienne crête de plage.

Près du "clube Espanhol", on rencontre, dans la zone intermarée, un banc de grès caractérisé par la présence de stratifications inclinées à la fois vers le continent et la mer. Etant donnée la position de ce banc au pied d'une colline de roches précambriennes, il ne peut, pour des raisons d'espace, s'agir que d'une ancienne crête de plage. Le dépôt s'est donc effectué légèrement au-dessus du niveau de la marée haute. Le banc se situant actuellement dans la zone intermarée témoigne donc d'un ancien niveau de la mer inférieur au niveau actuel.

b) Banc de grès représentant une ancienne basse plage.

Dans un certain nombre d'endroits et notamment aux lieux dits Rio-Vermelho, Hotel Meridien et Arembepe, on rencontre des bancs de grès de surface pratiquement horizontale et présentant des stratifications croisées très nettes. Il est vraisemblable que le dépôt s'est effectué dans la zone de la basse plage. Nous pouvons considérer comme point moyen du dépôt la zone située 0,5 m au-dessus du niveau de la marée basse avec une incertitude de  $\pm 0,5$  m. Dans le cas par exemple du banc de grès du Rio Vermelho, le témoin considéré se situe 2,2 m au-dessus du niveau de la marée basse. Le dépôt s'est donc fait à une époque où le niveau de la mer se situait  $1,7 \pm 0,5$  m (2,2 - 0,5 m) au-dessus du niveau actuel.

c) Banc de grès représentant une ancienne haute plage.

Au sud du village d'Arembepe et dans le nord du littoral de l'état de Bahia (Subauma et Conde), on rencontre des bancs de grès dont la surface est inclinée en direction de la

mer et qui présentent seulement des stratifications plan-parallèles. Au sud d'Arembepe, les caractéristiques granulométriques montrent que le dépôt s'est fait dans la partie inférieure de la haute plage. La partie du banc considérée se situe approximativement à l'emplacement de la rupture de pente entre haute et basse plage actuelle et correspond donc à une zone de dépôt similaire. Dans ce cas le dépôt s'est donc effectué à une époque où le niveau de la mer était voisin du niveau actuel.

### III.2 - DATATION DE L'ÉPOQUE DU DÉPÔT

La plupart du temps, ces grès renferment des coquilles entières. Celles-ci n'étant toutefois pas en position de vie, on ne peut écarter la possibilité d'un remaniement de coquilles plus anciennes. Pour essayer de diminuer cette éventualité nous choisissons, pour effectuer la datation, les coquilles les plus fraîches qui ne semblent pas avoir été roulées très longtemps par les vagues. Dans ce cas, nous pouvons admettre que l'époque de vie de l'organisme dont nous datons la coquille et l'époque de l'enfouissement de celle-ci dans le sédiment sont très proches l'une de l'autre. L'écart entre ces deux époques ne devrait pas être supérieur à la marge d'incertitude sur l'âge.

### IV - ORIGINE DU CIMENT, MECANISMES ET EPOQUE DE LA CIMENTATION

Pour certains auteurs, les espèces carbonatées dissoutes dans l'eau de mer seraient la source du ciment. Pour d'autres auteurs, le ciment proviendrait d'une dissolution, par les acides organiques présents dans l'eau douce, d'une partie des débris de carbonates contenus dans le sédiment et de leur recristallisation ultérieure. Ainsi GINSBURG (1953) et KAYE (1959) ont expliqué la cimentation des grès de plage par l'évaporation de l'eau de mer intersticielle qui imprègne les sables. Cette évaporation provoquerait la précipitation et la cristallisation des carbonates contenus dans l'eau de mer. Ce mécanisme implique que les sables soient situés dans la zone intermarée. BRANNER (1904) et RUSSEL (1963), entre autres

auteurs, expliquent la cimentation à partir des carbonates contenus dans l'eau douce. Ils décomposent le mécanisme en deux phases: a) l'eau douce dissout une partie des débris carbonatés contenus dans les sables et se transforme en solution saturée; b) cette solution saturée percole en direction de la plage où le processus d'évaporation entraîne la précipitation des carbonates dissous. Ce processus implique la présence d'une terrasse marine riche en débris coquilliers situés au-dessus de la zone sableuse en cours de cimentation. Il apparaît immédiatement que ce mécanisme ne peut expliquer la cimentation des bancs de grès qui sont situés au pied de falaises de roches cristallines (ex. Rio Vermelho et Hotel Meridien).

On peut également envisager un mécanisme de dissolution et de précipitation lié aux variations de la nappe phréatique. Celui-ci ne pourra fonctionner que dans le cas d'une terrasse marine émergée. Une étude du rapport isotopique  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  du ciment devrait permettre de connaître quelle est l'origine de celui-ci. En effet les carbonates d'origine marine présentent un  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB)\* totalement différent de celui des carbonates d'origine continentale. Ainsi, dans l'île d'Itaparica, CAMPOS (1976) a effectué un certain nombre de mesures du rapport isotopique  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  sur le ciment de deux types de grès coquilliers. Le premier se situe dans la partie inférieure de la haute plage, il est en voie de cimentation (âge  $^{14}\text{C}$  du ciment =  $130 \pm 90$  ans B.P.) et est peu consolidé. Le  $\delta^{13}\text{C} = + 1,38\text{‰}$  (PDB) - montre que, dans ce cas, les carbonates ont une origine marine incontestable. Comme la cimentation se produit actuellement dans la partie inférieure de la haute plage, on peut penser que le mécanisme par évaporation de l'eau de mer qui imprègne les sables est valable. Le second type de grès étudié par CAMPOS se situe dans une terrasse marine holocène recouverte par une

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

où A est l'échantillon et P l'étalon PDB: étalon international de référence (carbonate fossile du Crétacé: *Belemnitella americana* de la Formation Pee Dee (Caroline du Sud, Etats-Unis).

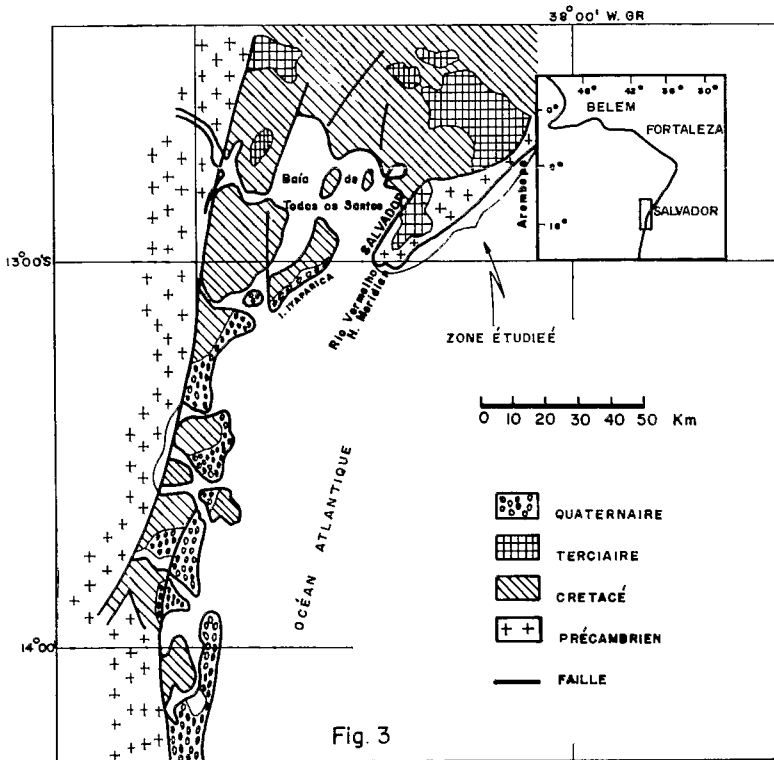


cocoteraie. Il affleure grâce à une petite falaise formée par l'érosion de la côte à cet endroit. En fait, il s'agit d'une passée, au milieu de sables quartzeux, de débris coquilliers et d'articles d'*Halimeda* faiblement consolidés. La valeur du  $\delta^{13}\text{C}$  du ciment est de  $-9,0\text{‰}$  (PDB). Dans ce cas, les carbonates ont une origine continentale indiscutable. Considérant la position de ces grès au milieu d'une terrasse sableuse marine, on peut penser que la cimentation très récente (âge apparent du ciment =  $515 \pm 115$  ans B.P.) s'est effectuée en liaison avec les oscillations de la nappe phréatique. Pendant la saison des pluies, l'eau acide, chargée en matière organique, dissout les débris carbonatés. Par contre, durant la saison sèche, le niveau de la nappe baissant, une partie des carbonates dissous cristallise et cimente les grains. Le mécanisme de cimentation par dissolution des débris coquilliers et recristallisation ultérieure implique l'émersion de sédiments marins. Dans ce cas, la datation des coquilles pourrait indiquer l'époque du dépôt, l'étude des stratifications et la granulométrie, la position du niveau de la mer au moment du dépôt, et la datation du ciment, une époque de niveau marin inférieure à celle du dépôt. L'âge de la cimentation pourrait correspondre à une phase négative du genre de celles que nous avons enregistrées sur la courbe de variation du niveau de la mer au cours des 7000 dernières années.

#### V - MESURES EFFECTUEES SUR LES GRES COQUILLERS DE LA REGION DE SALVADOR

Nous avons effectué des mesures sur des échantillons provenant des bancs de grès situés aux lieux dits Rio Vermelho, Hotel Meridien, Arembepe village I et II (Fig. 3). Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

La reconstruction, dans l'espace et dans le temps, du niveau moyen relatif de la mer est tout-à-fait en accord avec les données fournies par d'autres marqueurs. Dans les quatre cas, le dépôt s'est effectué avant le maximum de 5100 ans B.P. La valeur du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) du ciment est toujours nettement positive ce qui indique que les carbonates du ciment proviennent des carbonates dissous dans l'eau de mer. Dans ce cas, si la cimentation ne s'est pas faite sous l'eau, elle n'a pu se faire que.



a) au moment du dépôt, pendant la phase transgressive. La cimentation se serait alors effectuée du bas vers le haut au fur et à mesure de l'accumulation des sables;

b) au moment de la petite régression qui a précédé le minimum de 3900 ans B.P. Dans ce cas, la cimentation se serait faite du haut vers le bas, ce qui est assez difficile à concevoir. En effet on ne voit pas comment des sables auraient pu être cimentés ainsi sur plus de 3 m d'épaisseur. La cimentation de la partie supérieure aurait empêché l'imprégnation des sables sous-jacents par l'eau de mer riche en carbonates dissous et la précipitation uniforme de ceux-ci.

Local	Âges $^{14}\text{C}$ du dépôt B.P.	Position du niveau de la mer	Âges $^{14}\text{C}$ du ciment B.P.	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$ (PDB) du ciment	Ref. Lab.
Hotel Meridien	6680 $\pm$ 120	+0,7 ( $\pm$ 0,5)	2335 $\pm$ 125	+3,41	Bah. 581
					Bah. 601
Rio Vermelho	6610 $\pm$ 120	+1,7 ( $\pm$ 0,5)	4890 $\pm$ 145	+3,58	Bah. 510
	6635 $\pm$ 135	+1,7 ( $\pm$ 0,5)			Bah. 235
					Bah. 606
Arembepe I	6515 $\pm$ 130	+1,8 ( $\pm$ 0,5)	3240 $\pm$ 120	+2,88	Bah. 601
				Bah. 602	
Arembepe II	5940 $\pm$ 150	+2,0 ( $\pm$ 0,5)	2075 $\pm$ 120	+3,56	Bah. 543
				Bah. 604	

Les datations effectuées sur les ciments ont donné des âges très dispersés et totalement invraisemblables. La question de savoir quel crédit accorder à des datations de ciment de grès de plage se pose immédiatement. Les premiers résultats que nous avons obtenus montrent clairement qu'il est tout à fait illusoire de vouloir connaître l'âge de la cimentation des grès coquilliers en datant au  $^{14}\text{C}$  leur ciment. En effet, on ne sait pas si la cimentation a été rapide ou si elle s'est effectuée au cours d'une longue période de temps. Dans ce cas, la datation obtenue intégrerait toute une série d'âges. De plus les échantillons que nous avons étudiés ont été prélevés

à la surface des bancs de grès et il est fort possible que des dissolutions et recristallisations très récentes se soient produites et aient considérablement et irrégulièrement rajeuni les âges.

## VI - CONCLUSION

Une étude des stratifications et des caractéristiques granulométriques des grès de plage de Salvador nous a permis de connaître, avec une précision de l'ordre de  $\pm 0,5$  m, la zone de la plage où s'est effectué le dépôt des sables qui par cimentation donnèrent naissance aux grès. L'époque du dépôt est indiquée de façon satisfaisante par la datation au  $^{14}\text{C}$  des coquilles, souvent très fraîches, que l'on y rencontre. A partir de ces données, il est possible de reconstruire la position du niveau moyen de la mer à l'époque du dépôt des sables. La cimentation ultérieure de ces sables semble pouvoir se faire soit à partir de carbonates d'origine marine soit à partir de carbonates d'origine continentale. Dans ce dernier cas, la cimentation implique l'émersion des sables. Cette émersion pouvant correspondre à une des oscillations négatives du niveau relatif de la mer que nous avons enregistrées par ailleurs. Il parait intéressant de dater le ciment des grès. Malheureusement, dans les cas que nous avons considérés, les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) sont toutes nettement positives ce qui indique que les carbonates du ciment sont d'origine marine. De plus, la datation au  $^{14}\text{C}$  des divers ciments a donné des âges très dispersés et incohérents. Il ne semble pas que l'on puisse utiliser les âges fournis par la datation au  $^{14}\text{C}$  des ciments pour connaître l'époque de la cimentation des grès coquilliers de la région de Salvador.

## VII - REMERCIEMENTS

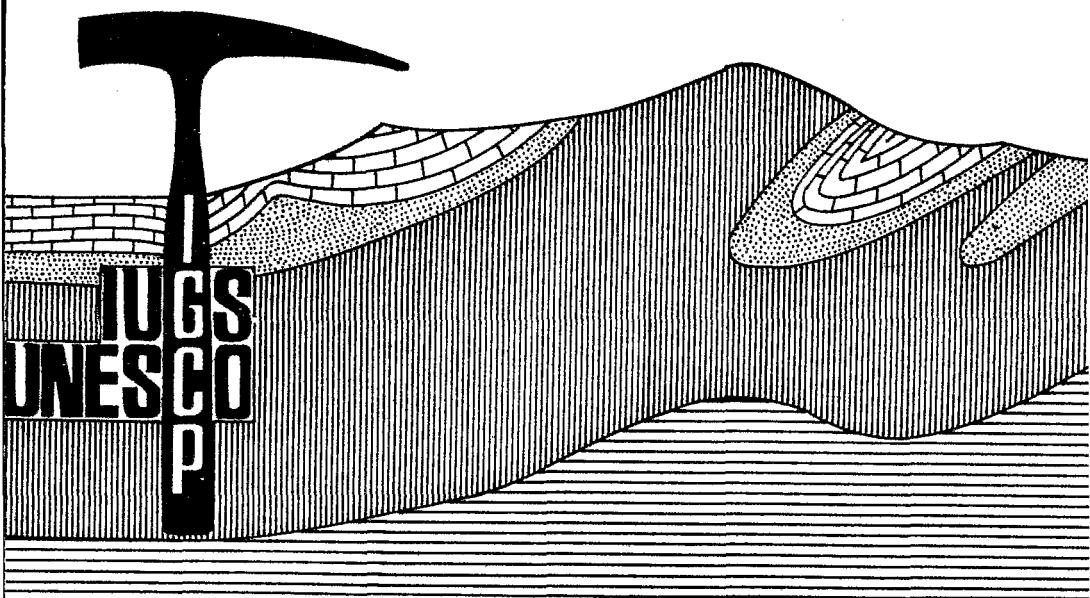
Les auteurs remercient l'aide reçu du "Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq" (Proc. n° 2222.0006/77) pour la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- BRANNER, J. - 1904 - *The stone reef of Brazil, their geological and geographical relations with a chapter on the corals reef* - Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge, 44 - (Geological series, 7: 285 pp., 99 pls).
- CAMPOS, H.S. - 1976 - *Estudo das variações  $^{13}C/^{12}C$  e  $^{18}O/^{16}O$  em ambientes de formação de rochas de praia na ilha de Itaparica, Bahia* - Tese de Mestrado, PPPC - Universidade Federal da Bahia, 55 pp.
- GINSBURG, R.N. - 1953 - *Beachrock in south Florida* - J. Sed. Petrology, 23: 85-92.
- KAYE, C.A. - 1959 - *Shoreline features and Quaternary Shorelines changes Puerto Rico* - U.S. Geol. Survey. Prof. Paper 317B: 49-140.
- MABESOONE, J.M. - 1964 - *Origin of the Sandstone reefs of Pernambuco Northeastern Brazil* - Journal of Sedimentary Petrology, 34, n°4: 715-726.
- MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; VILAS-BOAS, G.; BITTENCOURT, A. & GUIMARÃES, M. - 1978 - *Courbe de variation du niveau moyen relatif de la mer durant les 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (Nord de Salvador)* - 1978 International Symposium on coastal evolution in the Quaternary, São Paulo, Septembre 1978, dans ce volume.
- OTTMANN, F. - 1960 - *Une hypothèse sur l'origine des "arrecifes" du nordeste brésilien* - Soc. Geol. de France, C.R. Sommaires: 175-176.
- RUSSEL, R.J. - 1963 - *Beachrock* - Journ. Tropical Geogr., 17:24-27.

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  
-1978-

17 JUL. 1995

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 41913 ex 1

Cote : B 120 14