

PROCEEDINGS OF THE  
"1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY"  
SÃO PAULO, BRASIL (1979): 332-342

PRÉCAUTIONS SUR L'UTILISATION DES DATATIONS PAR LE RADIOCARBONE  
POUR LA RECONSTRUCTION DES ANCIENS NIVEAUX MARINS (Additif et  
correctif à: "Le quaternaire marin du littoral brésilien entre  
Cananeia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ)")

LOUIS MARTIN

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

KENITIRO SUGUIO

Instituto de Geociências-USP

JEAN-MARIE FLEXOR

Lab. de Física Nuclear Aplicada - UFBA

INTRODUCTION

L'âge  $C^{14}$  d'un échantillon fossile est obtenu à partir de la mesure de sa radioactivité spécifique  $C^{14}/C^{12}$  par les relations:

$$\text{âge } t = 8033 \ln \frac{1}{1 + \delta^{14}C \times 10^{-3}} \text{ ans B.P.} \quad (1)$$

avec

$$\delta^{14}C^{\circ}/\text{‰} = \frac{(C^{14}/C^{13})_e - 0,95(C^{14}/C^{12})_s}{0,95(C^{14}/C^{12})_s} \times 1000 \quad (2)$$

où

$(C^{14}/C^{12})_e$  - radioactivité spécifique de l'échantillon;

$(C^{14}/C^{12})_s$  - radioactivité spécifique du standard de référence "1950" (acide oxalique NBS)

et  $\tau = 8033$  ans, est la "vie-moyenne" du radioacarboné.

Les hypothèses pour que la méthode du radiocarbone soit valable sont: a) que le système soit resté "fermé" depuis la mort de l'organisme, c'est-à-dire, qu'il n'y ait pas eu d'apports et/ou de pertes ultérieures en carbone; b) que la radioactivité spécifique du  $\text{CO}_2$  atmosphérique soit restée constante dans le temps (LIBBY, 1952). La deuxième de ces hypothèses est vérifiée de façon approximative pour les dernières 7 000 années (SUESS, 1967) tandis que la première dépend de la nature même de l'échantillon et des conditions dans lesquelles il s'est trouvé depuis sa formation\*.

On peut voir facilement à partir de la relation (2) qu'un échantillon d'activité nulle présente un  $\delta^{14}\text{C} = -1\ 000\text{‰}$  en dehors des fluctuations statistiques de comptage et que, selon (1), il présente un âge  $\text{C}^{14}$  "infini". Il s'agit alors d'un échantillon dont l'âge réel est hors des limites de datation par la méthode du radiocarbone (~ 32 000 ans pour l'installation à comptage proportionnel de  $\text{CO}_2$  utilisée dans ce travail).

On peut vérifier aussi qu'une contamination de l'échantillon de l'ordre de 2% par du carbone moderne (~15 dpm/gC) produit une activité résiduelle qui correspond à un "âge apparent" d'environ 30 000 ans pour un échantillon "mort" comme, par exemple, un calcaire du précambrien. Ce phénomène de rajeunissement s'opère aussi sur des échantillons plus récents. De cette façon on peut conclure que selon le degré de contamination, un échantillon d'âge vrai de 6 000 ans B.P., par exemple, pourra présenter un âge  $\text{C}^{14}$  mesuré au laboratoire de, disons, 3500 ans BP.

Il est donc évident qu'une seule datation obtenue pour une certaine région, sans la confronter à d'autres données de nature géologique, peut entraîner des erreurs grossières. Nous montrons dans ce travail trois exemples dans lesquels des données complémentaires nous ont amenés à éliminer certaines datations.

---

\* Les variations dues aux effets du rapport  $\text{C}^{13}/\text{C}^{12}$  ne sont pas analysées explicitement dans ce travail.

## PREMIER EXEMPLE

Sur le littoral pauliste, dans la région de Bertioğa, il existe un témoin de grès de plage déposé dans une anfractuosité du "Morro do São Lourenço". Le sommet actuel de la formation se situe 4,2 m au-dessus du niveau moyen actuel de la mer. (Fig. 1a). Ce dépôt est formé de quartz et de débris de coquilles avec deux passées plus riches. La comparaison des caractéristiques de ces sédiments avec celles des sédiments actuels équivalents montre que ces sables riches en débris de coquilles se sont déposés dans la zone comprise entre le niveau de la marée basse et le niveau moyen. On peut donc prendre comme zone de dépôt, une zone se situant 0,4 m au-dessus du niveau de la marée basse avec une incertitude de  $\pm 0,4$  m. Dans ces conditions, le sommet actuel de la formation pourrait témoigner d'un ancien niveau de la mer qui se serait situé  $4,6 \pm 0,4$  m au-dessus du niveau actuel. Il est important de noter que la formation ne présente aucune discontinuité et que le dépôt s'est effectué au cours d'une même phase transgressive. On peut logiquement penser que le sommet correspond au maximum d'un haut niveau marin. Ainsi la dénivellation entre le sommet du grès coquillier (compte tenu d'une éventuelle érosion) et la zone de dépôt équivalent devrait indiquer la côte atteinte par ce haut niveau ( $+4.6 \pm 0,4$  m) et la datation des débris de coquilles devrait indiquer l'époque de ce maximum. Pour des raisons de priorité, nous avons daté dans un premier temps les débris du sommet de la formation. L'âge obtenu a été de  $3480 \pm 70$  ans BP (Bah-355). En nous basant sur ces seules données, nous pouvions admettre qu'un maximum situé  $4,6 \pm 0,4$  m au-dessus du niveau actuel s'était produit vers 3500 ans BP. Or, les informations fournies par d'autres données de la région montrent qu'effectivement un maximum s'est produit entre 3600 et 3500 ans BP (Fig. 1b). Cependant la côte atteinte par la mer lors du dépôt du grès de plage était plutôt comparable avec celle d'un autre maximum qui se serait situé vers 5200 ans BP, et semblait alors trop élevée pour le maximum de 3600 ans BP. En l'absence d'autres informations, dans un premier temps, nous avons considéré la datation comme

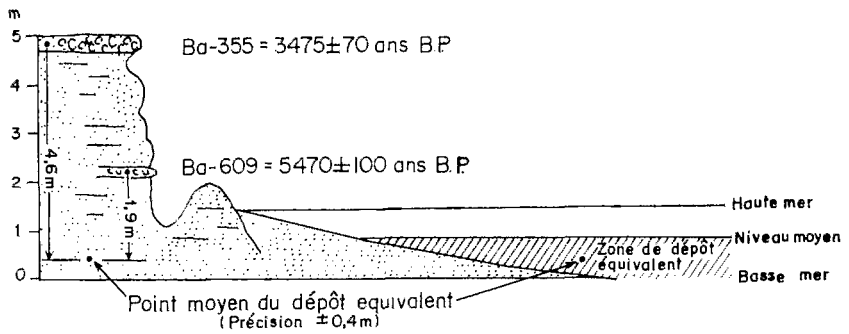


Fig. 1a — Position des échantillons datés par rapport à la zone de dépôt actuelle équivalente

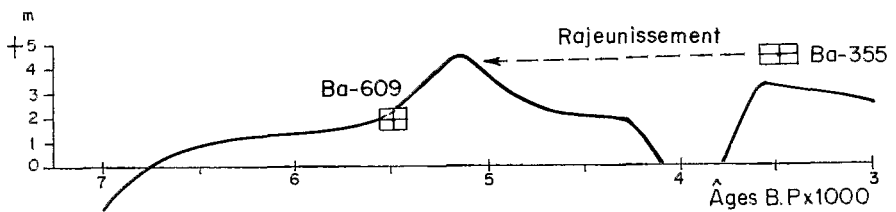


Fig. 1b — Position des échantillons datés par rapport à la courbe de variation du niveau moyen relatif de la mer pour la région de Santos (légèrement modifié de MARTIN, SUGUIO & FLEXOR, 1979).

étant valable.

Plus récemment, nous avons obtenu l'âge de débris de coquilles situés 1,5 m au-dessus du niveau moyen actuel de la mer et donc témoignant d'un ancien niveau marin situé à  $+ 1,9 \pm 0,4$  m. Ces débris ont été datés de  $5470 \pm 100$  ans BP. (Bah-609). On doit remarquer que la position du niveau de la mer ainsi définie est tout à fait en accord avec les données fournies par d'autres échantillons de la région (Fig. 1b).

Étant donné que la formation fossile s'est déposée au cours d'une phase unique, il existait une incompatibilité entre ces deux âges. En effet, nous savons par ailleurs, qu'entre ces deux époques, il s'est produit une oscillation négative du niveau moyen relatif de la mer. Une des deux datations était donc mauvaise. La côte atteinte par la mer ( $+ 4,6 \pm 0,4$  m) lors du dépôt de la partie supérieure de la formation militait en faveur de la véracité de l'âge de l'échantillon de la base ( $5470 \pm 100$  ans BP). Nous avons alors considéré les valeurs de la composition isotopique  $C^{13}/C^{12}$  mesurée en  $\delta^{13}C^{\circ}/\text{oo}$  (PDB) des deux échantillons. Les carbonates des coquilles datées de 5470 ans BP présentent un  $\delta^{13}C = 0,42^{\circ}/\text{oo}$  (PDB) qui est une valeur tout à fait normale pour des coquilles littorales marines (FLEXOR, MARTIN & SUGUIO, 1979). Par contre, la valeur du  $\delta^{13}C^{\circ}/\text{oo}$  (PDB) des carbonates des coquilles datées de 3475 ans BP est de  $-7,25^{\circ}/\text{oo}$ , qui est une valeur tout à fait anormale pour des coquilles marines littorales. Cette valeur, nettement négative, traduit une influence continentale certaine. Le carbonate de calcium dans un environnement humide étant très mobile, on peut envisager sa dissolution, avec forte influence des acides organiques d'origine continentale, suivie d'une recristallisation sous forme de calcite. Dans ce cas-là, il y aurait eu échanges de carbonates et l'échantillon ne serait plus utilisable pour une datation par la méthode du carbone-14 (GRANT-TAYLOR, 1972). Cet effet se traduit alors par un rajeunissement de l'âge. On peut noter que l'échantillon ayant été prélevé au sommet de la formation, l'altération des carbonates aura pu être plus facile qu'en profondeur.

L'âge de 5470 ans BP semble correct, par contre, celui de 3475 ans BP doit être éliminé car, vraisemblablement, il a

été rajeuni. En réalité, le dépôt du sommet de la formation a dû se produire lors du maximum de 5200 ans BP.

#### DEUXIÈME EXEMPLE

Dans la région de Santos, en bordure du Rio Mariana, on rencontre dans une zone basse de la Formation Cananéia, un dépôt argilo-sableux contenant des morceaux de bois (Fig. 2a). Le dépôt ne présente pas de discontinuité et il est vraisemblable qu'ici aussi il s'est fait au cours de la même phase transgressive d'un haut niveau marin. Les caractéristiques du sédiment semblent indiquer un dépôt dans la zone intermarée et, plus probablement, entre le niveau moyen et le niveau de la marée basse avec une incertitude de  $\pm 0,4$  m. Un morceau de bois prélevé 1,1 m au-dessus du niveau moyen et indiquant un ancien niveau marin situé  $1,5 \pm 0,4$  m au-dessus du niveau actuel a été daté de  $6280 \pm 130$  ans BP (Gif. 3846). La position du niveau de la mer ainsi définie est en accord avec d'autres données de la région (Fig. 2b). Un second morceau de bois prélevé 3,1 m au-dessus du niveau moyen et indiquant un ancien niveau de la mer situé  $3,5 \pm 0,5$  m au-dessus du niveau actuel a été daté de  $4100 \pm 110$  ans BP (Gif. 3847). La position du niveau marin fossile ainsi définie est difficilement compatible avec les autres données de la région (Fig. 2b). De plus, nous avons vu que le dépôt s'était effectué au cours d'une même phase transgressive. Or les datations obtenues se placent de part et d'autre du maximum de 5200 ans BP. Il paraît donc logique que l'âge de 4100 ans BP soit trop jeune. On peut envisager alors le mécanisme de rajeunissement suivant. L'échantillon de 4100 ans BP ayant été prélevé vers le sommet de la formation, a été imprégné par des acides humiques plus ou moins récents. Ces derniers n'auraient pas été totalement éliminés par le prétraitement à NaOH à chaud. En effet aucun test ne nous permet de connaître le moment où ceux-ci sont complètement éliminés. Par contre, le bois daté de 6280 ans BP se situant sous 2,5 m de sédiments argilo-sableux a été relativement protégé de l'infiltration et n'a pratiquement pas été imprégné par les acides humiques plus récents.

Ce phénomène de rajeunissement par les acides humiques plus récents semble assez courant. Ainsi nous avons obtenu des

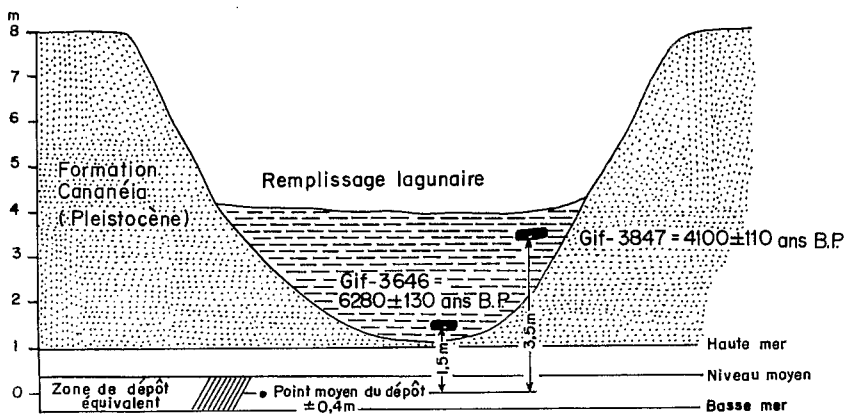


Fig. 2a — Position des échantillons datés par rapport à la zone de dépôt actuelle équivalente

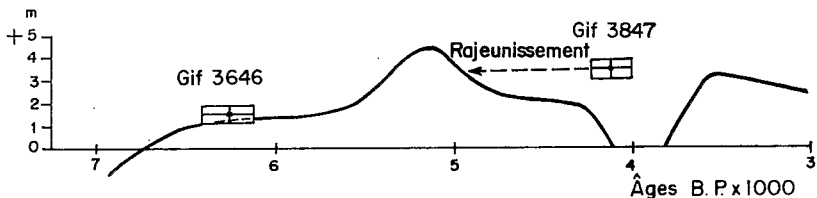


Fig. 2b — Position des échantillons datés par rapport à la courbe de variation du niveau moyen relatif de la mer pour la région de Santos (légèrement modifié de MARTIN, SUGUIO & FLEXOR, 1979).

âges compris entre 20 000 et 30 000 ans BP pour des morceaux de bois, dont nous savions par ailleurs que l'âge était plus que 35 000 ans BP.

### TROISIÈME EXEMPLE

Au sud d'Aracaju (État de Sergipe) en bordure du Rio Santa Maria, nous avons étudié la coupe suivante (Fig. 3a). Sous une terrasse de sables littoraux dont le sommet se situe 4 m au-dessus du niveau de la marée haute actuelle il existe une formation argilo-sableuse riche en débris organiques et morceaux de bois. Il semble logique de penser qu'au cours d'une phase transgressive, une zone lagunaire a été recouverte par des sables littoraux. Le sommet de la terrasse marquant une période de maximum d'un haut niveau marin, l'âge de la formation contenant les échantillons d'origine végétale doit donc être plus ancien que celui-ci. En fonction de ce que nous connaissons sur les variations du niveau rétatatif moyen de la mer dans la région de Salvador, cet âge doit donc être plus vieux que 5200 ans BP ou compris entre 4100 et 3600 ans BP. Nous avons daté de  $7205 \pm 200$  ans BP (Bah.614) un morceau de bois prélevé 1,2 m sous le sommet de la formation argilo-sableuse. En fonction des caractéristiques du sédiment très riche en débris organiques et morceaux de bois, nous avons estimé que le dépôt s'était probablement effectué dans la partie supérieure de la zone intermarée. Nous avons considéré comme point moyen de dépôt le milieu de celle-ci avec une incertitude de  $\pm 0,5$  m. L'échantillon daté se situant 1,5 m sous ce point moyen nous pouvons estimer que le dépôt s'est effectué à une époque où le niveau de la mer était inférieur de  $1,5 \pm 0,5$  m au niveau actuel. La position de la mer ainsi définie est en accord avec les données de la région de Salvador (Fig. 3b). Un deuxième morceau de bois prélevé au sommet de la formation argilo-sableuse, c'est-à-dire pratiquement au point moyen du dépôt et donc déposé à une époque où le niveau de la mer était égal à  $+ 0,5$  m au niveau actuel. Cet échantillon a été daté de  $4825 \pm 100$  ans BP (Bah. 615). Or à cette époque le niveau de la mer était nettement supérieur au niveau actuel et le maximum avait été dépassé (Fig. 3b). Il apparaît donc que cette deuxième datation est certainement trop jeune.



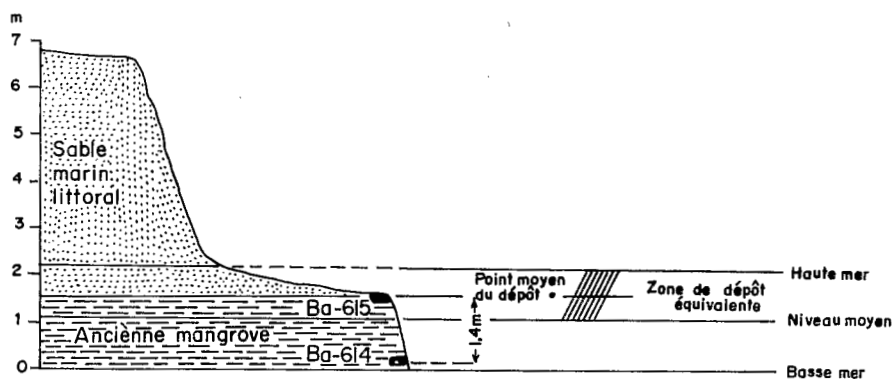


Fig. 3a — Position des échantillons datés par rapport à la zone de dépôt actuelle équivalente.

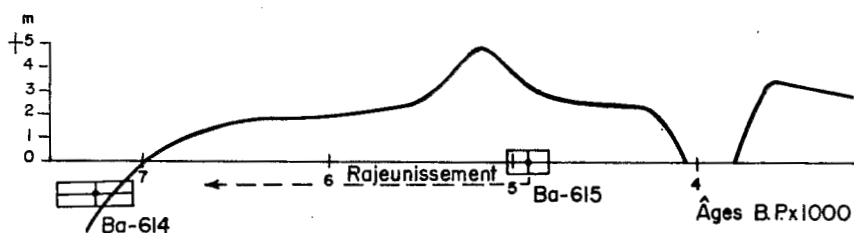


Fig. 3b — Position des échantillons datés par rapport à la courbe de variation du niveau moyen relatif de la mer pour la région sud de Salvador (légèrement modifié de MARTIN, FLEXOR, BITTENCOURT & VILAS BOAS, 1979).

Il est vraisemblable que dans ce cas il s'est également produit un rajeunissement par l'action d'acides humiques plus ou moins récents. Dans ce cas particulier, on peut voir qu'au contact des sables et de la formation argilo-sableuse suite de l'eau très riche en acides humiques.

#### CONCLUSIONS

Nous avons donné trois exemples qui montrent que l'utilisation des âges  $C^{14}$  d'échantillons carbonatés ou organiques pour la reconstruction des anciens niveaux marins doit être effectuée avec beaucoup de précautions. Dans les trois cas présentés, l'échantillon le plus proche de la surface est toujours celui qui est rajeuni. Dans le cas spécifique des carbonates, le rapport isotopique  $C^{13}/C^{12}$  montre visiblement l'influence continentale due aux mécanismes de dissolution et recristallisation. De cette façon le contrôle du rapport  $C^{13}/C^{12}$  peut aider à distinguer les échantillons qui sont adéquats pour la datation au radiocarbone.

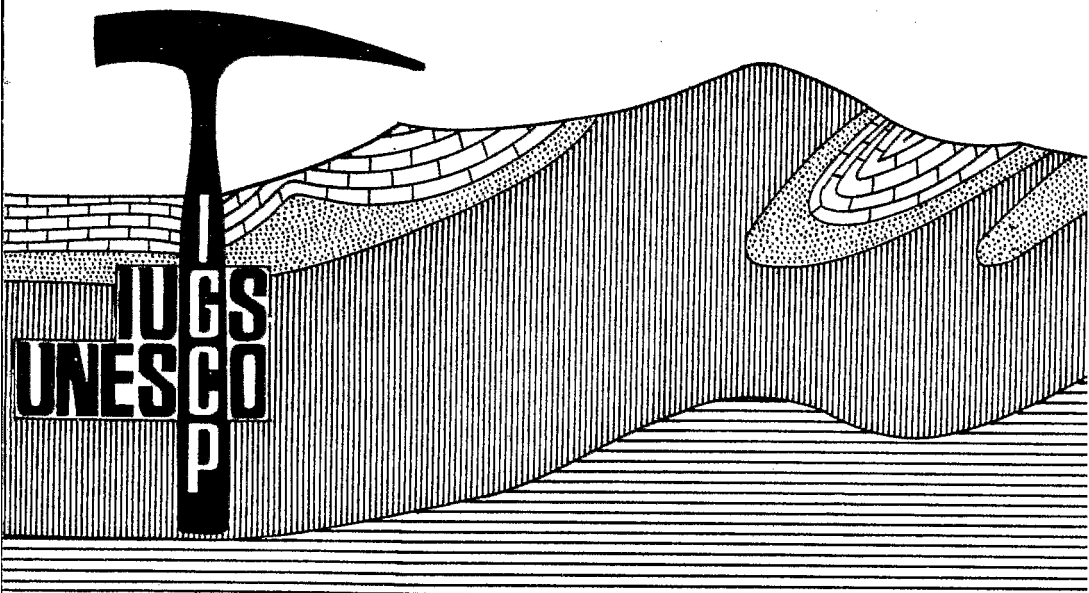
Malheureusement, pour le bois et d'autres débris végétaux, il est pratiquement impossible de détecter la présence de contaminations par des acides organiques plus ou moins récents car ils ont pratiquement la même composition isotopique ( $\delta^{13}C \approx 25\text{‰}$ ). Dans ces cas, des critères géologiques (position de l'échantillon, nature des sédiments, etc.) sont indispensables pour vérifier la véracité des dates absolues.

## REFERENCES

- FLEXOR, J.-M.; MARTIN, L. & SUGUIO, K. - 1979 - *Utilisation du rapport isotopique  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  comme indicateur d'oscillations lagunaires* - (Ce volume).
- GRANT-TAYLOR, T.L. - 1972 - *Conditions for the use of calcium carbonate as a dating material* - Proc. 8<sup>th</sup>. Intl. Conference on Radiocarbon Dating, Wellington, New Zealand, G-56 - G59 (Vol.2).
- LIBBY, W.F. - 1952 - *Radiocarbon Dating* - Chicago University Press, 175 pp.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J.-M. - 1979 - *Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ)* - (Ce volume).
- MARTIN, L.; FLEXOR, J.-M.; VILAS BOAS, G.S.; BITTENCOURT, A.C.S.P. & GUIMARÃES, M.M.M. - 1979 - *Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (Nord de Salvador)* (Ce volume).
- SUESS, H.E. - 1967 - *Bristlecone pine calibration of the radiocarbon scale* - In: *Radioactive Dating and methods of Low Level Counting*, I.A.E.A., Vienna.

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 JUIL. 1995

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 41916

Cote : B

M