

**EVOLUTION GEOLOGIQUE DE L'ILE DE MARACÁ
(CÔTES DE L'AMAPÁ) ET SA RELATION
AVEC L'ELEVATION RELATIVE DU NIVEAU DE LA MER
DURANT L'HOLOCENE-NORD BRÉSILIEN**

FARIA JR. L.E.C.¹; MENDES A.C.¹; VITAL H.¹; FERREIRA M.R.¹; NITTROUER
C.A.²; RINE J.M.²; ALLISON M.A.²; KUEL S.A.³ & SEGALL M.R.³

RESUME

Des études sédimentologiques, minéralogiques et géochronologiques de la côte de l'Etat de l'Amapá (nord du Brésil) ont été faites dans le cadre du projet "Etudes géologiques et géophysiques de la côte de l'Amapá" mené par le Département de Géologie (PROMAR) de l'Université Fédérale du Pará (Belém, Pará). Les mécanismes de sédimentation ont été définis ainsi qu'un modèle d'évolution sédimentaire quaternaire de la côte de l'Amapá . Les sites principaux de l'étude sont ceux (a) d'un ensemble de terrasses situé au sud de l'embouchure du fleuve Amapá, dans la zone dite "Igarapé do Inferno" et (b) dans l'île de Maracá. Ces terrasses exposent des couches sédimentaires datées de 1 000 à 2 000 ans BP. Les faciès sont côtiers (tidal et estuarien, paralic et lagunaire). Il apparaît que la côte d'érosion qui caractérise le secteur de l'île de Maracá est régressive depuis lors, régression qui a eu lieu malgré la proximité de l'Amazone et de son immense apport sédimentaire. Des processus similaires ont été reconnus dans d'autres zones de la côte brésilienne, ce qui suggère un haut niveau marin au cours des derniers 5 000 - 6 000 ans

ABSTRACT

Sedimentological, mineralogical and geochronological studies of the Amapá coast in the north of Brazil have been done by the PROMAR/UFPA "Geological and Geophysical Amapá Coast Study" research project. The results were used to determine mechanisms of sedimentation as well to establish sedimentary models for the evolution of the Amapá coast during the last Quaternary. A set of exposed coast terraces was observed southern of the mouth of the Amapá River, along the "Igarapé do Inferno" and in the Maracá Island. These terraces contain a vertical succession of strata dated 1.000-2.000 years B.P. They represent tidal-estuarine, paralic and limnic lacustrine environments. It is clear from extensive coast erosion that the Amapá coast, in the Maracá area, is regressive since this time. This

(1) PROMAR/Centro de Geociencias - UFPA (BRASIL)

(2) Marine Sciences Research Center/State- Univ. of New York

(3) Dep. of Geol. sc. Univ. of South Caroline

regression occurred despite the enormous suspended sediment flux of Amazon river. Similar processes were recognized in the other areas of the Brazilian coast in the north. This suggests a sea level rise during the last 5.000 - 6.000 years.

Mots-Cles: Zone Côtière, Amapá, Nord du Brésil, Evolution géologique, Elevation du Niveau de la Mer

Key-words: Coastal Zone, Amapa, North Brazil, Geological evolution, sea level rise

INTRODUCTION

Le Programme de Recherches et d'Enseignement des Sciences de la Mer - (PROMAR) développe des études géologiques dans la région côtière du Nord du Brésil depuis 1984 (FARIA JR., 1987) notamment dans 3 secteurs principaux :

(a) Le littoral qui s'étend depuis le Golfão Maranhense jusqu'à au système fluvio-estuarien Pará- Tocantins, est vraisemblablement en processus de submersion pendant la plus grande partie de l'Holocène. En effet, les analyses pétrographiques et minéralogiques des sables des zones infra, inter et supra-tidal, ainsi que des sédiments pléistocènes du littoral, ont démontré leur origine commune, ce qu'indiquerait une élévation continue du niveau marin (FERNANDES & FARIA JR., 1985; FARIA JR & MARCAL, 1987).

(b) L'île de Marajó - dont l'origine est liée aux mêmes processus tectono-eustatiques qui submergent la côte du Pará et du Maranhão - est divisée en deux zones tectoniques Au NE le "Horst de Marajó" et au SE le "Graben de Limoeiro" qui conditionnent l'évolution sédimentaire du littoral et de la région NE de l'île d'une transgression généralisée du littoral de l'AMAPA vraisemblablement au minimum depuis 1000 à 2000 ans BP (FARIA JR et al 1990). A l'exemple du lac Ararí (VITAL, 1988; FARIA JR. & VITAL, 1989), un réseau hydrographique et lacustre, probablement pléistocène, a été progressivement comblé pendant l'évolution holocène de la région.

(c) Par contre, les résultats obtenus dans la région de l'île de Maracá, appuient l'hypothèse d'une transgression généralisée du littoral de l'Amapá vraisemblablement depuis 1000 à 2000 ans B.P. (FARIA JR. et al., 1990).

I - LES METHODES DE TRAVAIL

Les campagnes océanographiques ont débuté en août 1989 ⁴. L'échantillonnage sub-superficielle a été effectué avec un "vibro-carottier léger" (jusqu'à 5 m de profondeur dans les sédiments argileux.) mais son utilisation a été limitée à cause des forts courants de marée de la région. Un "gravity-corer" a été utilisé pour l'échantillonnage des fonds (jusqu'à 0.50 m de profondeur). L'échantillonnage des sédiments a été faite selon des transects NE-SW transversaux au rivage maritime (fig. 1). La localisation des points d'échantillonnage a été réalisée à l'aide des systèmes "Satnav", "Magnavox" et "Trimble 400A".

Au laboratoire, les carottes ont été photographiées, passées aux rayons X, etc. Des échantillons ont été sélectionnés en fonction des intervalles représentatifs et de la lithologie. Des tests de PH d'abrasion et de détermination de résistance des argiles ("shear strength") ont suivi, en plus des analyses granulométriques, de la détermination des minéraux argileux, de la datation ¹⁴C et des mesures des taux de sédimentation (Pb-210). Les résultats détaillées de ces recherches ont été présentés par les différents auteurs (SEGALL et al. 1990; ALLISON et al., 1990; RINE & NITTROUER, 1990; MENDES, 1990).

II - LE CADRE GEOLOGIQUE COTIER

Le littoral brésilien a été divisé en provinces sédimentaires (MENDES & PETRI, 1971). La province nord s'étend entre l'embouchure de l'Oyapock (Amapá) et l'estuaire du fleuve Itapicurá, au Maranhão. C'est une côte basse et argileuse couverte partiellement par la mangrove. Des grandes quantités de sédiments amazoniens s'accumulent sur ces plaines de marée. Dans la zone supra-tidale se développent des plaines marécageuses et lagunaires.

Le littoral d'Amapá est une plaine d'accrétion fluvio-marine (BOAVENTURA & NARITA, 1974, In: PALMA, 1979).

(4) Avec le bateau "Curupira" du Centre de Geociências de l'Universidade Federal do Pará ainsi que des petits bateaux à moteur utilisés à cause de la grande amplitude des marées.

La zone de l'embouchure de l'Amazone est complexe, constituée d'une part par les estuaires principaux de l'Amazone et du Pará-Tocantins - séparés par l'île de Marajó- et, d'autre part, par des nombreuses rivières et chenaux - ces derniers constituant les "igarapés" et les "furos" dans la terminologie locale - eux-mêmes séparés par une multitude d'îles (PALMA, 1979). Du point de vue dynamique on observe une accumulation des bancs dans les estuaires et une érosion dans les chenaux. (OFF, 1963, In: PALMA, 1979). Le régime des rivières et l'action des vents, ainsi que les courants (géotrophiques, de marées, des Guyanes) contribuent à la déviation d'un "chenal" hydrodynamique notamment sur la côte du Pará (PALMA, 1979).

Dans l'ensemble, ce sont les structures géologiques de la plate-forme continentale de l'Amazone et de la bordure du continent qui définissent les grandes unités géotectoniques régionales, à savoir : le bassin de Marajó, les plate-formes de l'Amapá et du Pará-Maranhão, l'arc de Gurupí, le bassin sédimentaire du Bas - Amazone et le cône de l'Amazone (fig. 2. GORINI, 1979, In: PALMA, 1979).

La direction de la côte entre le Cap Orange et Acaraú⁵ coïncide avec les directions structurales majeurs de la plate-forme et de la région continentale voisine. Tant l'accident de Cassiporé, en bordure de bouclier des Guyanes (NUNES et al., 1973; In: PALMA, 1979) comme le cassures NNW-SSE de la plate-forme structurale de l'Amapá (GORINI, 1979; In: PALMA, 1979), sont parallèles à la direction générale du rivage. C'est également une faille marginale parallèle au rivage et à la bordure de la plate-forme (GORINI, 1979; In: PALMA, 1979) qui délimite la plate-forme continentale Pará-Maranhão⁶ Quant au golfe de l'Amazone, il intègre la zone de tectonique de faille du bassin de Marajó (GORINI, 1979; In: PALMA, 1979).

Différentes interprétations existent quant à l'origine des dépôts sableux et argileux de la plate-forme continentale de l'Amazone considérés comme continentaux (terrigènes, "sables") ou bien transgressifs (boues, sables fins). Selon KOWSMANN & COSTA, (1979) la couverture sédimentaire quaternaire de la plate-forme continentale nord-brésilienne se caractérise par la prédominance de

(5) NNW-SSE dans l'Amapá, WNW-ESE du golfe de l'Amazone jusqu'à la Baie do Tubarão et ensuite E-W jusqu'à Acaraú (PALMA, 1979)

(6) Formée par la plate-forme structurale du même nom.

dépôts terrigènes sur les carbonates. Ces mêmes auteurs ont attribué les faciès boueux et sableux comme étant fluviale. NITTRouer (1983, In: KUEHL et al., 1988) soutient que la plate-forme externe est couverte par du sable fin qui représente une couche transgressive relique. MILLIMAN et al. (1975, In: KUEHL et al., op.cit.) suggèrent que la plus grande partie des dépôts argileux de la plate-forme interne de l'Amazone sont reliques, formés durant des régressions par accréation côtière. GIBBS (1976, In: KUEHL et al., op. cit.) confirme que la même plate-forme interne est accumulatrice de sédiments. KUEHL et al.(1982, In: KUEHL et al, op. cit.) ont examiné des taux d'accumulation de sédiments de la plate-forme amazonienne, en utilisant la géochronologie du Pb-210 et ont démontré que la plus grande partie interne de la plate- forme est sujette à une accumulation active de sédiments.

IV - LA REGION DE MARACÁ : GEOLOGIE ET STRATIGRAPHIE

L'île de Maracá, située entre 01° 59' 06"N et 02° 13' 45"N de latitude N et 49° 31' 13" et 50° 30' 20"W de longitude W (fig..01), à la proximité du Cap Norte, couvre une surface de 72 000 ha. Des terrasses étendues, exposées en marée basse, caractérisent le modelé des rivages; elles exposent toujours la même séquence sédimentaire côtière et sub-superficielle composée de couches d'argiles intercalées par des limons, riches en matière organique, avec des restes de racines. On y trouve, également, des couches fines de tufs (fig. 3).

La stratigraphie macroscopique de cette séquence se présente comme suit (fig. 3):

(a) Du sommet jusqu'à environ 1 m de profondeur : argile grise à brunâtre, compacte, avec d'abondants restes de racines et colonisées à présent par la mangrove.

(b) Entre 1 m et 5 m de profondeur: argile-limoneuse brune, riche en matière organique, bioturbée, avec des racines intercalée par des couches fines de limon et de limon-sableux, très peu déformées. Des niveaux de tuf et les concentrations de restes de matière organique végétal y sont fréquents.

(c) A la base, à plus de 5 m de profondeur : argile-limoneuse grise à verdâtre, avec des lamelles millimétriques de limon-argileux fréquemment déformées. Des

phénomènes de bioturbation, des restes de bivalves ainsi que des restes de matière organique végétale (fragments de bois et de particules de feuilles carbonisées) y sont très fréquentes.

1. RESULTATS DES ANALYSES ET INTERPRETATIONS

Cette séquence sédimentaire sub-superficielle a des propriétés géotechniques différenciées en accord avec la présence de racines, du contenu de matière organique et de la relation silt/argile (SEGALL et al, 1990). Il a été constaté que la résistance baisse avec la profondeur, mais dans les niveaux riches en matière organique les sédiments présentent, une augmentation anormale de la résistance .

L'ordre d'abondance des argiles est la suivante : la smectite (S, la plus abondante), l'illite (I) et la kaolinite (K). La chlorite (Cl) et les interstratifiés illite-chlorite (I-C) et illite-smectite (I-S) apparaissent en deuxième place, l'I-S ne pouvant pas être quantifié individuellement.

Comment interpréter ce cortège argileux ?

(a) L'abondance de la smectite indique une accumulation en milieu alcalin et réducteur, vraisemblablement lacustre et/ou marécageux (THOREZ, 1975). A Maracá, la quantité de la smectite augmente avec la profondeur ce qui permet d'admettre le caractère continental de cette région pendant la plus grande partie de l'accumulation de la séquence.

(b) La présence importante de l'illite dans les niveaux supérieurs, indiquerait une progressive augmentation des influences marines dans des milieux fluviaux ou lacustres et estuariens.

(c) La kaolinite est très probablement originaire notamment de la météorisation récente.

(d) La chlorite, sous forme de traces, indiquerait des sources proches du local de déposition bien que BISCAYE (1965) soutienne une provenance andine pour la chlorite de la plate-forme continentale.

Quoi qu'il en soit, il est admis que ces minerais puissent provenir des tributaires de l'Amazonie, fleuves qui traversent des régions de roches ignées basiques et des terrains métamorphiques (schistes verts et de serpentinites du précambrien de l'Amazonie et de l'Amapá).

Les couches de tufs intercalées dans les séquences de Maracá ont été datées et seraient datées (ALLISON et al, 1990) de 2000 à 1000 ans B.P. Cela indiquerait que l'actuelle côte de l'Amapá (région de l'île de Maracá) *est sujette à un processus régressif, en fonction de l'élévation relative du niveau de la mer, initiée il y a approximativement 6000 ans B.P. avec la transgression flandrienne*. Nous n'avons pas, jusqu'à présent, des réponses pour préciser à partir de quand a été atteint le niveau actuel, ni quels ont été les facteurs déterminants pour cela. MÖRNER (1989) admet qu'à partir de 6 000 ans B.P., les variations du niveau de la mer ne sont plus glacio-eustatiques mais sont influencées principalement par les variations du géoïde terrestre, à la suite de la conséquence de phénomènes crustaux et des changements dans la dynamique de la circulation océanique.

2. EVOLUTION GEOLOGIQUE RECENTE

LIMA et al (1974) estiment que pendant le Quaternaire, l'action des marées a donné naissance à des plaines d'inondation, des zones intertidales étendues, des marais et des lacs résiduels, formes caractéristiques de la zone littorale entre l'Amapá et l'Orénoque. Au sud de Rio Flechal, la plaine fluvio-marine Macapá-Oyapock, liée au système fluvial de l'embouchure de l'Amazonie, est caractérisée par des processus de colmatage, des lacs résiduels, des paléo-chenaux comblés, des plaines de diques, des méandres abandonnés, des terrasses et des îles (BOAVENTURA & NARITA, 1974). Dans la portion septentrionale de la plaine, il y a prédominance d'influences marines (formation de flèches sableuses, les "restingas").

Le littoral d'Amapá présente des signes de submersion généralisée avec un système de rias, des surfaces inondables, indices de marées - jusqu'aux limites occidentales de la plaine quaternaire ou même au-delà. L'évolution de cette côte combine des mouvements de subsidence et une transgression marine holocène (flandrienne).

Le déplacement du "chenal du Nord" vers le sud pendant l'Holocène a été responsable de la formation des îles à l'embouchure de l'Amazonie (ACKERMANN, 1967; In: BOAVENTURA & NARITAW, 1974). Selon GABAGLIA (1916; In: NOVELLI & MOLLERO, 1988), l'île de Maracá a été séparée du continent par l'action combinée des courants marins et des eaux amazoniennes.

Nous estimons que l'île de Maracá - divisée au milieu par l'Igarapé do Inferno - est une claire extension du Rio Amapá (ou Rio Flechal). Elle a fait partie de la région continentale avant 1000 ou 2000 ans BP (datation de la séquence sub-superficielle de la région de Maracá) D'ailleurs, FARIA JR. & VITAL (1989) proposent une hypothèse similaire pour expliquer l'origine de l'île de Marajó dont l'événement principal a été l'élévation du niveau de la mer pendant l'Holocène (fig. 4).

REMERCIEMENTS :

Nous tenons à remercier chaleureusement le SECIRM pour son support financier qui a rendu possible la réalisation du projet. Un grand merci aux membres et aux chercheurs de SUNY et de l'UW pour leur collaboration scientifique et technique au cours des travaux de terrains et de laboratoire. Nos remerciements vont également au Département de Géologie/CG/UFPa (PROMAR. Pará) pour l'aide fournie aux chercheurs brésiliens ainsi qu'à M.T.PROST et C. CHARRON (Centre ORSTOM de Cayenne) pour leurs suggestions et mise au gabarit du texte.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLISON, M.A.; NITTROUER, C.A.; RINE, J.M.; KUEHL, S.A.; SEGALL, M.P.; FARIA JR, L.E.C.; DIAS, G.M.; FIGUEIREDO, A.G. - 1990 - Preliminary results from the AMASSEDS Project - Deposition, erosion, and accumulation of Amazon River sediment along the Amapa coast, Brazil. 13th international Sedimentological Congress, August(26-31). Nottingham, England. (Ref. PROMAR n 0025).
- BISCAYE, P.E. - 1965 - Mineralogy and sedimentation of recent deep sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. Geolog. Soc. of Amer. Bull. 76: 803-832.
- FARIA JR, L.E.C.; MARCAL, M. DOS S.; PINHEIRO, R.V.L. - 1987 - "A Dinamica Sedimentar da Praia do Macarico/Salinópolis e sua importancia para a Geologia da Região Costeira do Estado do Pará". Anais do I Cong. da ABEQUA. v.1:343-356 - Porto Alegre. (Ref. PROMAR n 0007).
- FARIA JR, L.E.C.; VITAL, H. - 1989 - "O Lago Arari e a Formação da Ilha de Marajó/PA". Anais do II Cong. da ABEQUA. Rio de Janeiro. (Ref. PROMAR N 0018).

- FARIA JR, L.E.C.; NITTROUER, C.A.; RINE, J.M.; ALLISON, M.A.; KUEHL, S.A.; SEGALL, M.P.; MENDES, A.C.; VITAL, H.; FERREIRA, M.R.; FIGUEIREDO, A.G.** - 1990 - "Evolução Geologica Recente da Costa do Amapa - Região da Ilha de Maracá/Cabo Norte". In: Anais do 36 C.B.G. Natal-RN. V.2, p.662-675 (Ref. PROMAR n 0027).
- FERNANDES, L.; FARIA JR, L.E.C.** - 1985 - "Estudo Sedimentológico dos Sedimentos Recentes das Praias e Dunas da Região de Salinas Pará. TCC/Dept de Geologia/UFGA. 22p. Belém.
- KOWSMANN, R.O.; COSTA, M.P.A.** - 1979 - Sedimentação quaternaria da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. RJ. PETROBRAS. DNPM. CPRM. CNPq. 55p (Serie Projeto Remac, 8).
- KUEHL, S.A. et al.** - 1988 - Sediment accumulation and the formation of sedimentary structures on the Amazon Continental Shelf. In: Congr. Brail. Geologia, 35, Belem. Anais. SBG, V.2, p.431-488.
- MENDES, A.C.** - 1990 - "Estratigrafia e Mineralogia do Recente na Região da Ilha de Maracá-Amapá". - TCC/Depto. Geologia/UFGA. 38p.
- MÖRNER, N.A.** - 1988 - Terrestrial variations within given energy, mass and momentum budgets, paleoclimate, sea level, paleomagnetism, differential rotation and geodynamics. Secular Solar and Geomagnetic Variations in the Last 10.000 Years. p. 455-478.
- PALMA, J.J.C.** - 1979 - Geomorfologia da Plataforma Continental Norte Brasileira. In: PETROBRAS. Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes. RJ. PETROBRAS. DNPM. CPRM. DHN CNPQ. p. 25-52 (Serie Projeto Remac, 7).
- SEGALL, M.P.; KUEHL, S.A.; ALLISON, M.A.; NITTROUER, C.A.; RINE, J.M.; FARIA JR, L.E.C.; VITAL, H.** - 1990 - Preliminary Results from the AMASSEDS Coastal Study - Geotechnical Characteristics of Coastal Sediments Adjacent to the Amazon River. GAC-MAC Joint Annual Meeting. V. 15 p.A119. Vancouver, Canada. (Ref. PROMAR - 0024).
- THOREZ, J.** - 1976 - Practical Identification of Clay Minerals. Belgique, G. Lelotte, 90p.
- VITAL, H.** - 1988 - Estudo do Geossistema do Lago Arari-Ilha de Marajó(PA). Tese de Mestrado, CPGG/UFGA. Belém, 106p.

LEGENDE DES FIGURES

Fig. 1 Carte de localisation de la zone de recherches, île de Maracá et les points d'échantillonnage

Fig 2 Schéma structural de la région côtière et de la plate-forme continentale du Nord brésilien (modifié par Gorini, 1979, *In* Vital, 1988

Fig 3 Schéma illustratif du profil obtenu en marge SE de Igarapé do Inferno

Fig 4 Modèle d'évolution de l'île de Marajó et partie côtière du Nord brésilien (*In* Faria Jr et Vital

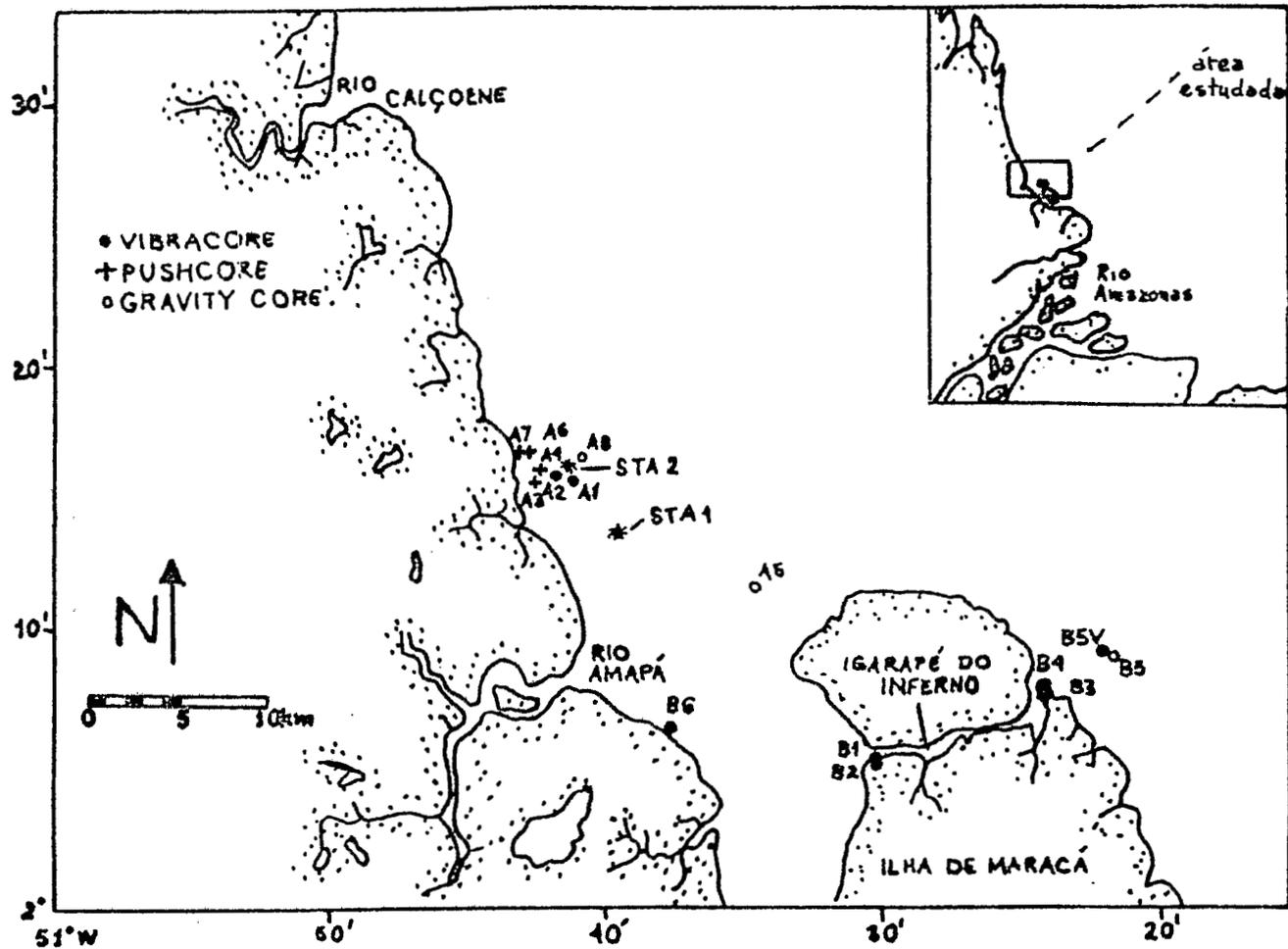


Fig. 1 Carte de localisation de la zone de recherches, île de Maracá et les points d'échantillonnage

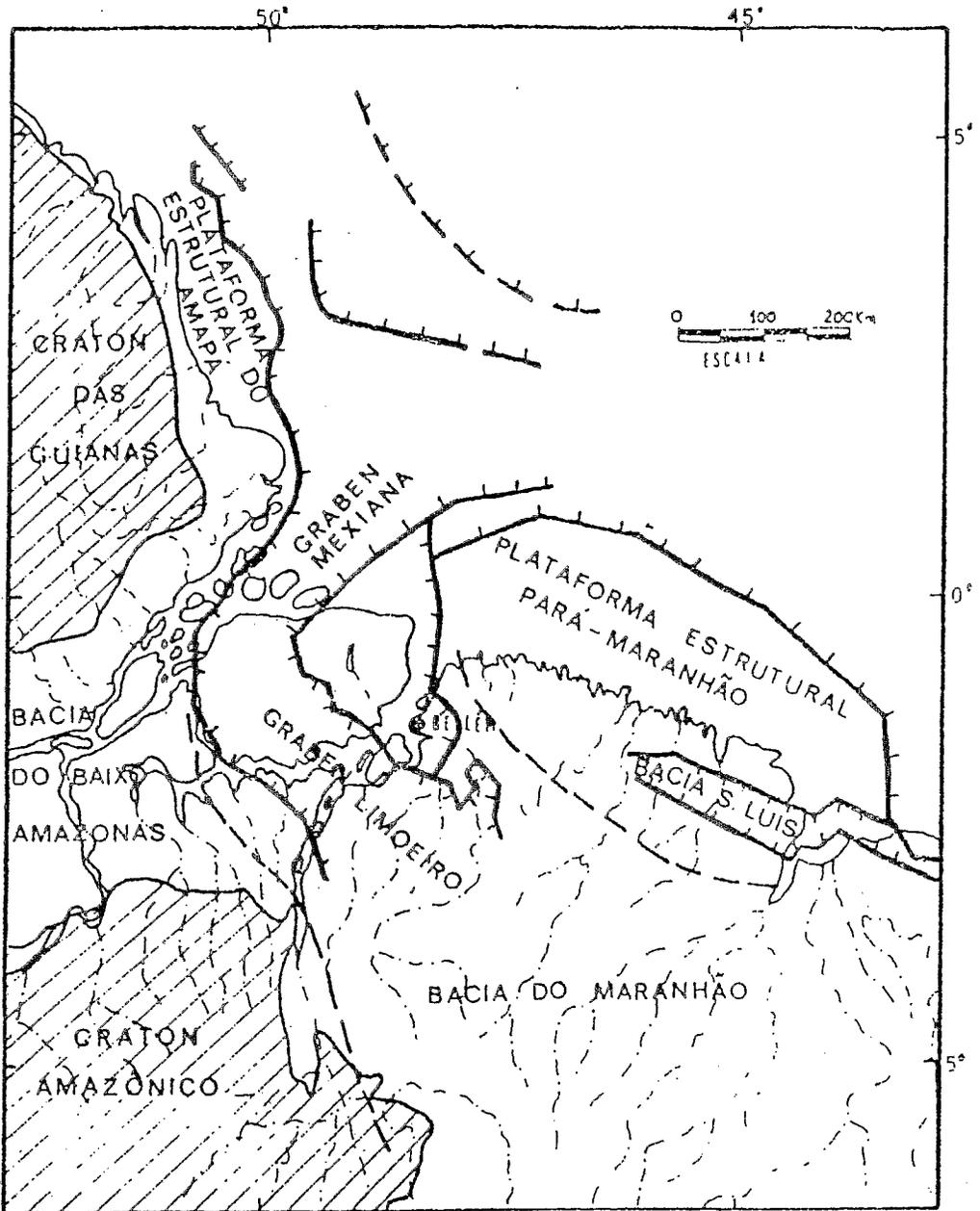
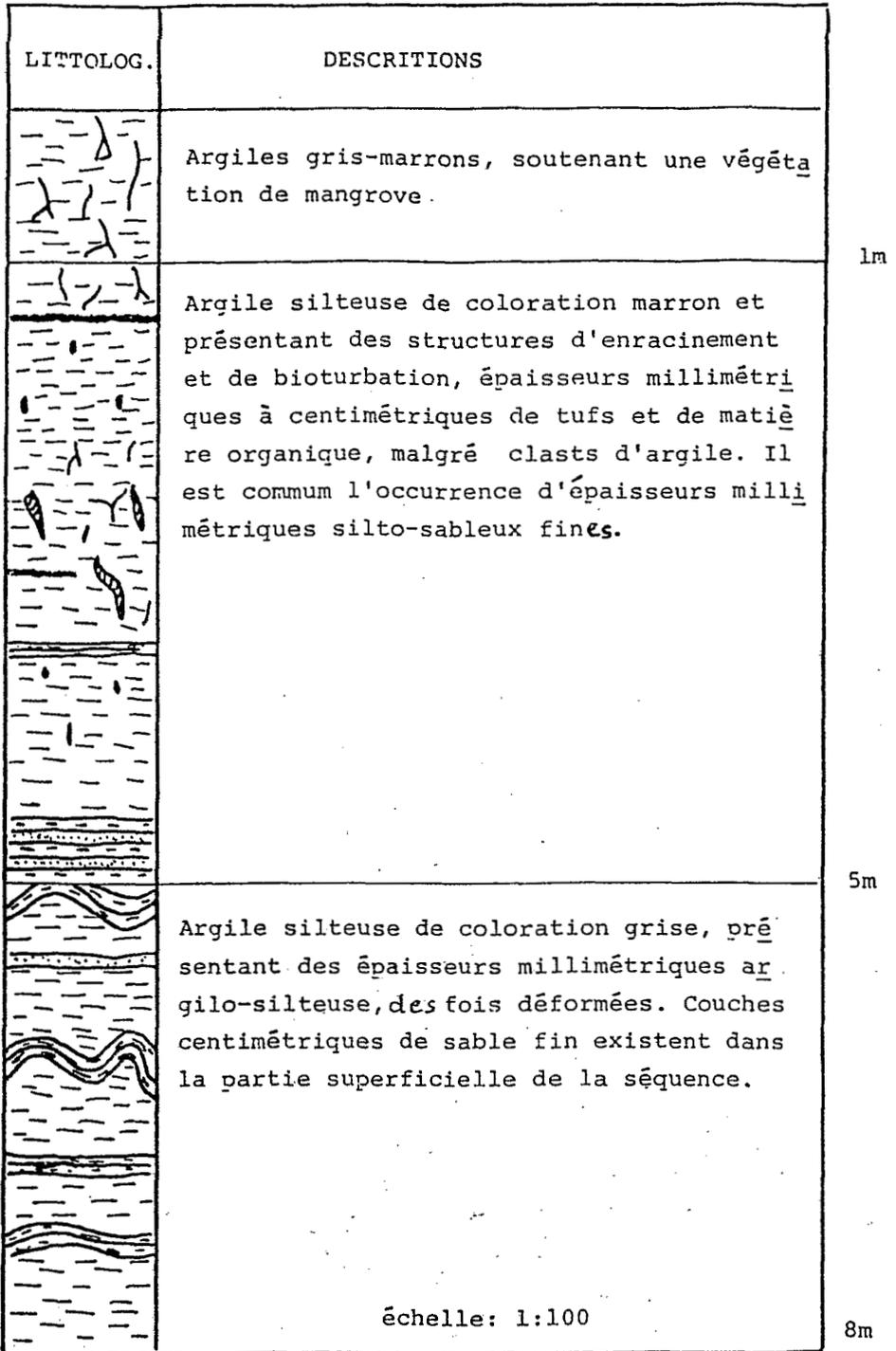


Fig 2 Schéma structural de la région côtière et de la plate-forme continentale du Nord brésilien (modifié par Gorini, 1979, *In* Vital, 1988)

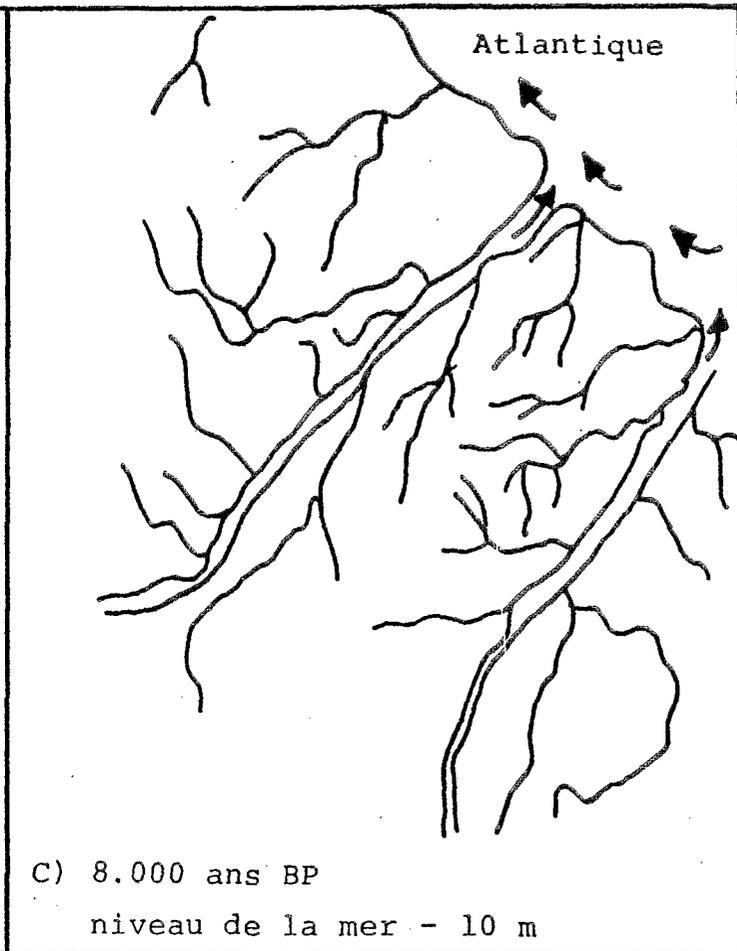
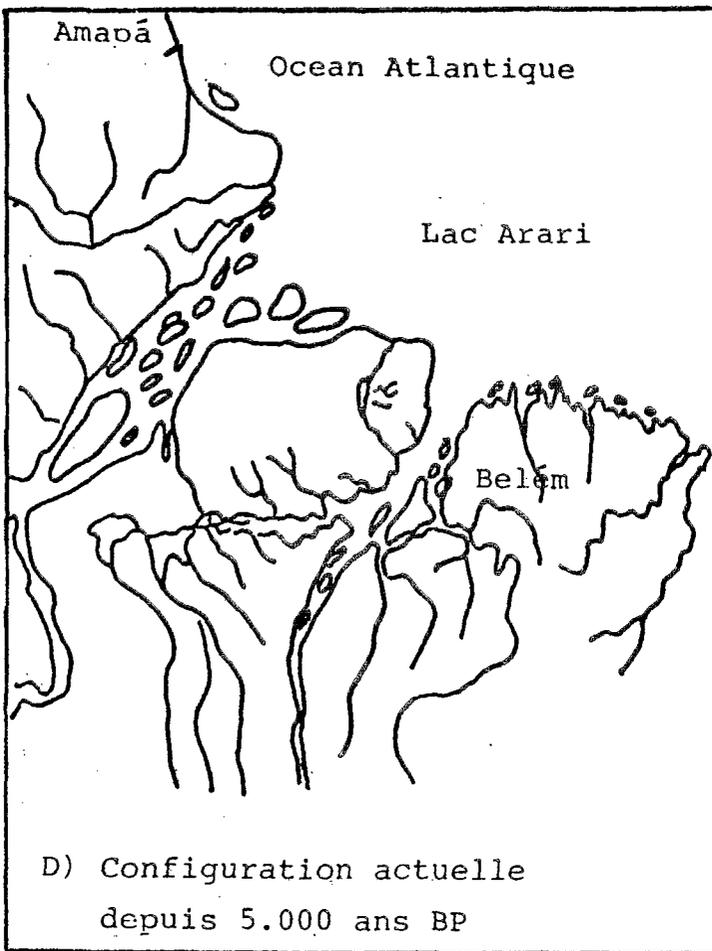


1m

5m

8m

Fig 3 Schéma illustratif du profil obtenu en marge SE de Igarapé do Inferno



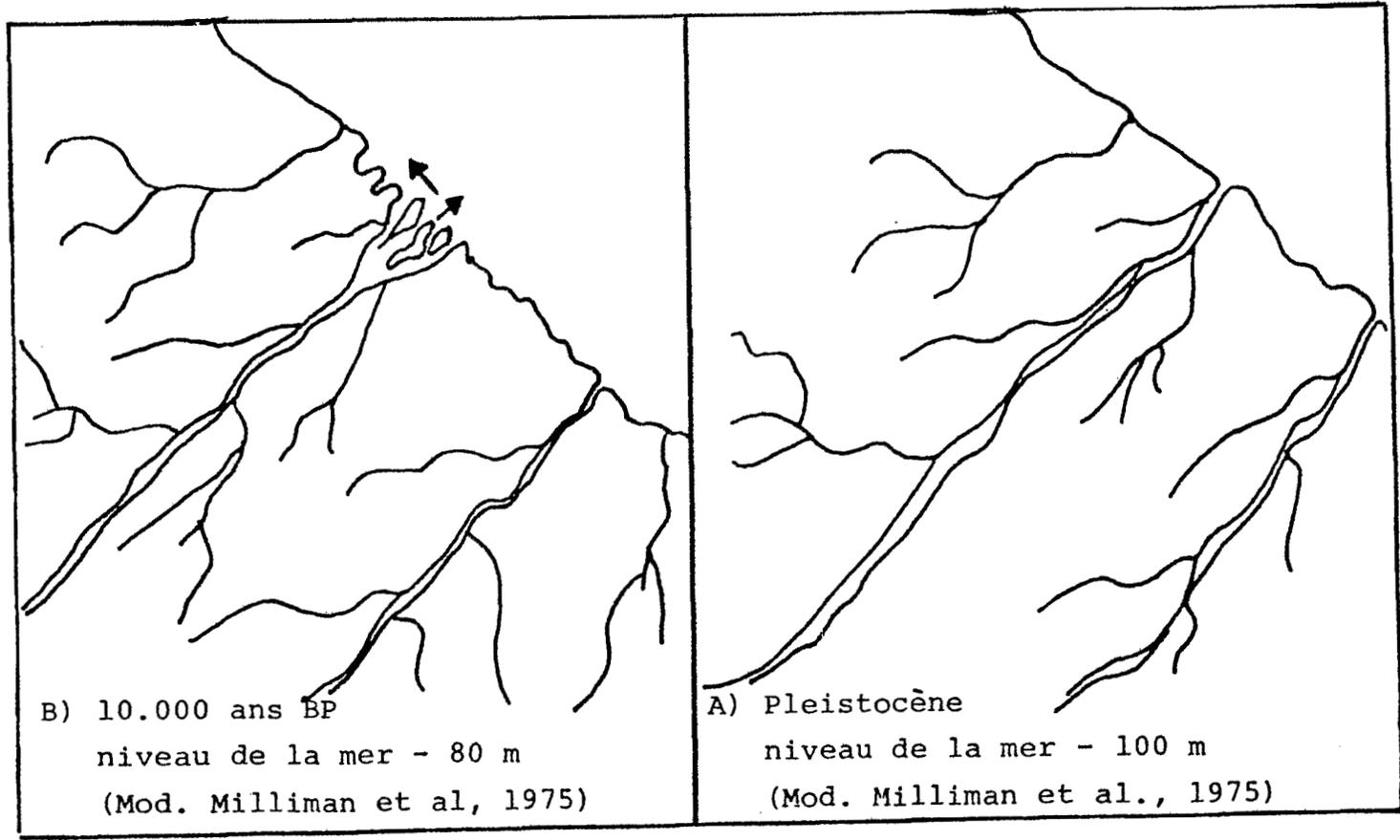


Fig 4 Modèle d'évolution de l'île de Marajó et partie côtière du Nord brésilien (In Faria Jr et Vital, 1989)