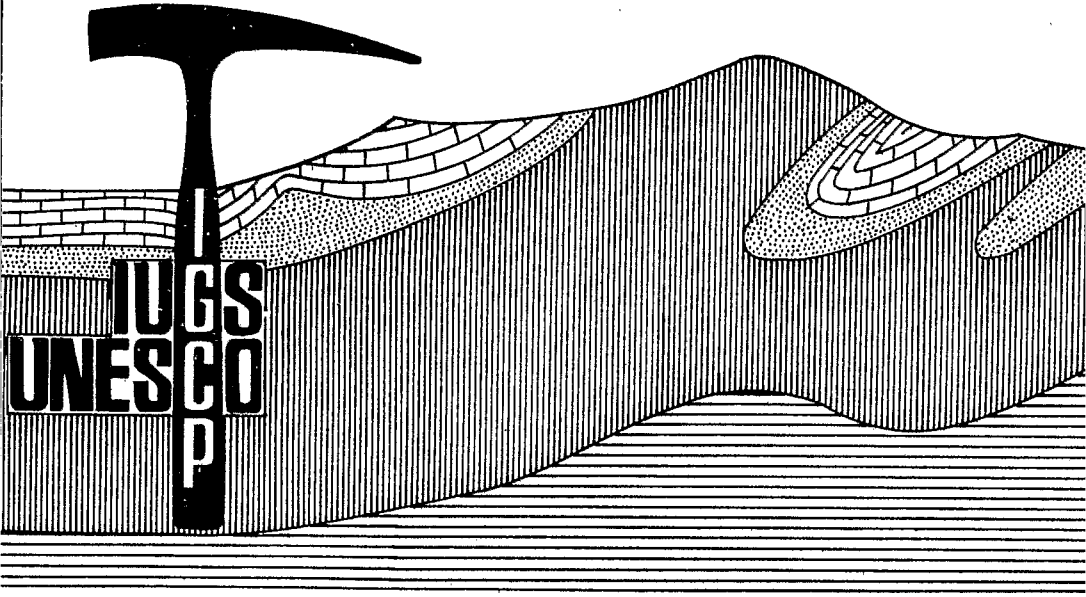


1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY

SEPTEMBER 11-18, 1978



# PROCEEDINGS

REPRINT

**EDITORS:**

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

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B\* 15075 Ex: 1

SÃO PAULO — BRASIL

-1979-

Fonds Documentaire ORSTOM



010015075

The Brazilian National Working Group for the IGCP Project 61 in  
cooperation with

Instituto de Geociências, USP  
Sociedade Brasileira de Geologia (SBG)  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e  
Tecnológico (CNPq)  
Holocene Commission of INQUA  
Shoreline Commission of INQUA  
Neotectonic Commission of INQUA

Executive Board of the International Working Group

A. L. Bloom (Project Leader)	— U.S.A.
H. Faure	— France
B. P. Hageman	— The Netherlands
P. A. Kaplin	— U.S.S.R.
K. Suguio	— Brazil
M. J. Tooley	— United Kingdom
R. Vinken	— West Germany
L-K. Königsson (Ex-officio)	— Sweden
D. J. Colquhoun (Ex-officio)	— U.S.A.

PROCEEDINGS OF THE  
"1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY"  
SÃO PAULO, BRASIL (1979): 453-474

TERRASSES MARINES DANS LE NORD-OUEST MEXICAIN; ETUDE AU LONG  
D'UNE TRANSVERSALE ENTRE LA COTE PACIFIQUE ET LE SONORA EN  
PASSANT PAR LA PENINSULE DE BASSE-CALIFORNIE

LUC ORTLIEB  
Mission O.R.S.T.O.M. au Mexique,  
et Instituto de Geologia U.N.A.M.

ABSTRACT

Extensive observations of Quaternary marine terraces and paleoshorelines along the coasts of Baja California and the neighbouring mainland of Mexico show that the zones providing the more abundant and correlative data are located in central Baja California, on both sides, and in central Sonora. At least five discontinuous terraces may be distinguished along the peninsula of Vizcaino (Pacific coast), at elevations ranging from + 5 m to more than a hundred meters. Wave-cut terraces and beach deposits supposed to be related to the last two interglacials lie at altitudes of + 5 to + 20 m. Along the western Gulf of California, north of Santa Rosalia, up to seven "staired" terraces rise from + 10 to + 150 m; elevated Early Pleistocene marine deposits are known at elevations up to + 300 m. In central Sonora and in the nearby Tiburon island, the last interglacial (Sangamon) littoral remnants crop out at about + 5 m; older Pleistocene marine beds are very scarce and lie at low elevations (+ 6 m).

Late Quaternary vertical movements are obvious and important only in the Santa Rosalia area, but both sides of

central Baja California had been uplifted in Early (and Middle ?) Pleistocene. The central Sonora coast has probably been slightly subsiding, and then relatively stable, since the Pliocene.

## RÉSUMÉ

Des observations de terrasses marines quaternaires tout au long des côtes de Basse Californie et de Sonora montrent que les régions où celles-ci sont les plus nombreuses et les mieux interprétables sont les parties centrales de la péninsule et de Sonora. Le long de la Péninsule de Vizcaino, sur le côté Pacifique, on dénombre au moins cinq terrasses, discontinues, qui s'élèvent à des altitudes comprises entre + 5 m et plus d'une centaine de mètres. Les terrasses d'abrasion marine et les dépôts de plage attribués aux deux derniers interglaciaires affleurent entre + 5 m et + 20 m. Sur la côte occidentale du Golfe de Californie, au nord de Santa Rosalia, il existe jusqu'à sept terrasses successives, entre + 10 m et + 150 m. Des dépôts marins du Pleistocène inférieur, soulevés tectoniquement, y apparaissent jusqu'à + 300 d'altitude. En Sonora central et dans l'île Tiburon, les dépôts du dernier interglaciaire (Sangamon) affleurent à + 5 m environ; les dépôts marins quaternaires plus anciens sont très rares et à faible altitude (+ 6 m).

Les mouvements verticaux, au Quaternaire supérieur, sont surtout importants dans la région de Santa Rosalia, mais les deux côtés de Basse Californie centrale ont été soulevés au Pleistocène inférieur (et moyen ?). Depuis le Pliocène, la côte du Sonora central a probablement été légèrement subsidente, puis relativement stable.

## INTRODUCTION

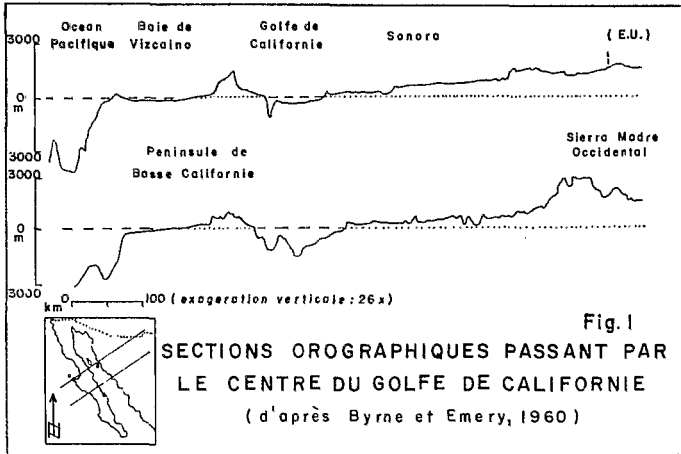
La longue et étroite Péninsule de Basse Californie a commencé à se séparer du continent nord-américain vers 4,5 M.a., à une vitesse supposée constante de 6 cm/an (LARSON *et al.*, 1968; ATWATER, 1970; LARSON, 1972; etc.). D'autre part, depuis plus d'un siècle, la péninsule a été considérée par certains comme

un vaste bloc faillé, incliné vers l'ouest et bordé, à l'est, par un escarpement plongeant dans le Golfe de Californie (Fig. 1) (GABB, 1868; LINDGREN, 1889; DARTON, 1921; GASTIL *et al.*, 1975). Le déplacement vers le nord-ouest et le basculement vers l'ouest de la Basse Californie en font une zone d'études néotectoniques privilégiée. Les restes de transgressions des mers pleistocènes sont utilisés pour en déduire l'ampleur et les variations des mouvements tectoniques qui ont affecté récemment les côtes du Golfe de Californie et de la péninsule (ORME, 1972; ORTLIEB, 1977; MALPICA *et al.*, 1978; ORTLIEB & MALPICA, 1978; ORTLIEB, sous presse). En fonction des données antérieures et de nouvelles observations, il apparaît que la transversale montrant le mieux les différentes terrasses marines de l'ensemble de la région passe par le centre de la Basse Californie et du Sonora.

La structure de la marge continentale à l'ouest de la Basse Californie centrale indique une activité tectonique récente: failles et déformations affectant des dépôts et bassins du Néogène tardif, séismes dont les épïcêtres sont liés aux paléstructures transformantes de la période 10-4,5 M.a., etc. (NORMARK, 1977). Dans l'ouest de la Baie de Vizcaino, un soulèvement d'une amplitude de un kilomètre se serait produit depuis la fin du Pliocène (NORMARK, 1974, et comm. pers.). Dans la partie centrale du Golfe de Californie se note la dissymétrie caractéristique de ses marges (Fig. 2). Du côté de la péninsule, la marge est étroite et limitée par une pente abrupte d'origine tectonique. A l'est du Golfe, le plateau continental, généralement large, est constitué d'épaisses séries d'âge Miocène et Pliocène inférieur, c'est-à-dire datant de la phase du Proto golfe (KARIG & JENSKY, 1972; MOORE, 1973). Des mouvements verticaux, tant positifs que négatifs, de l'ordre de plusieurs centaines de mètres d'amplitude, semblent avoir affecté les marges du Golfe depuis que celui-ci est devenu une zone de fracture majeure (MOORE, 1973).

#### LES TERRASSES MARINES DE LA PENINSULE DE VIZCAINO

Les dépôts marins et terrasses quaternaires sont relativement abondants le long des côtes occidentale et méridionale



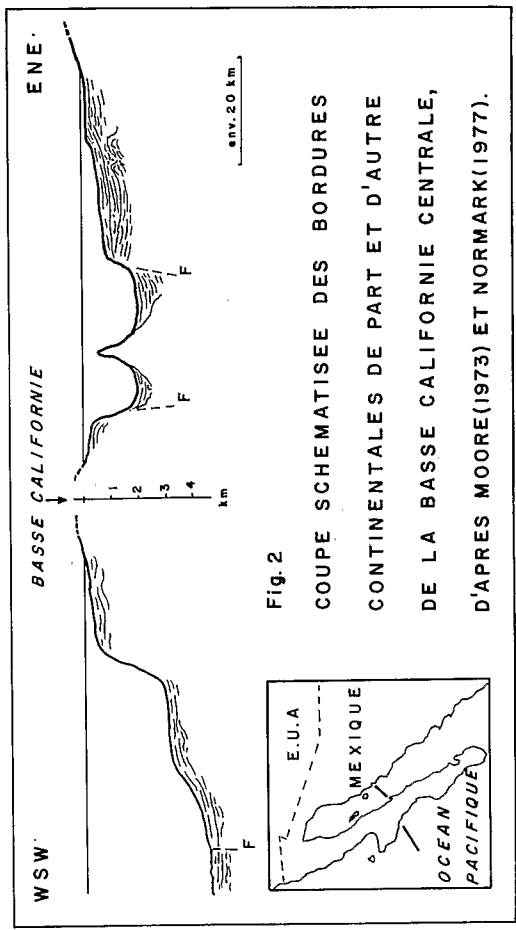


Fig. 2  
 COUPE SCHEMATISEE DES BORDURES  
 CONTINENTALES DE PART ET D'AUTRE  
 DE LA BASSE CALIFORNIE CENTRALE,  
 D'APRES MOORE(1973) ET NORMARK(1977).

de la Péninsule de Vizcaino. Assurément plusieurs transgressions de la mer quaternaire ont envahi la frange littorale Pacifique de cette partie centrale de Basse Californie. Il n'existe pas encore de données radiométriques qui permettent de fixer l'âge des différents témoins de hauts niveaux marins enregistrés. Le critère altimétrique ainsi que les observations de faciès et de contexte stratigraphique restent les principaux outils de l'interprétation chronostratigraphique.

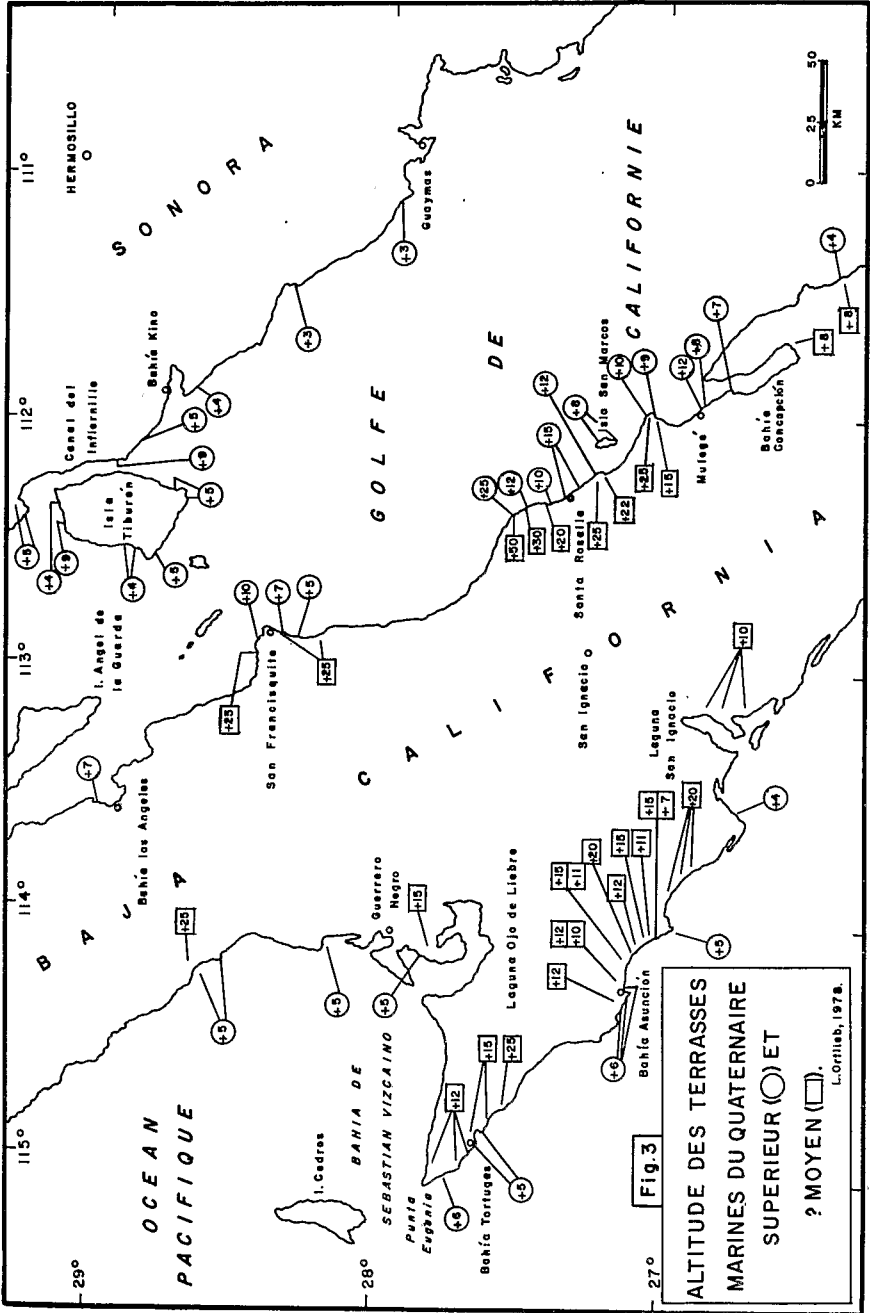
#### Les basses terrasses

Par "basses terrasses" on entendra: les dépôts marins et littoraux, ou les terrasses et banquettes d'abrasion marine, d'altitude inférieure à + 20 m (par rapport au niveau moyen actuel de la mer). La localisation des basses terrasses observées est indiquée dans la fig. 3.

La "terrasse de + 5 m" est le plus bas témoin des transgressions bien marquées au long de cette partie de la côte. Cette terrasse d'abrasion littorale est soumise à l'érosion actuelle des vagues. Elle est taillée dans des roches souvent résistantes, ce qui suggère une certaine durée du stade du haut niveau marin correspondant. Le dépôt sédimentaire paléolithique qui couvre la plateforme d'abrasion est réduit à quelques centimètres, ou décimètres, d'épaisseur; il est constitué essentiellement de galets roulés et de coquilles plus ou moins encroûtées. En surface, la terrasse est couverte par un manteau de matériel colluvial ou éolien (Fig. 4, coupe 1). En quelques points les témoins de ce haut niveau marin ne se présentent pas sous la forme d'une terrasse mais sous celle d'un dépôt paléolithique (faciès de fond de baie, ou de plage), fossilifère, et qui culmine également vers + 5 m (Fig. 4, coupe 2).

La "lumachelle à *Tivela stultorum*". Se référant aux importants dépôts paléolithiques qui bordent la Baie de San Hipolito, au sud de la Baie d'Asuncion, on parlera ici de "lumachelle à *Tivela stultorum*". *Tivela stultorum* est une grosse coquille de Lamellibranche, qui constitue pratiquement la seule espèce de ces dépôts, et qui d'ailleurs est très abondante sur le littoral actuel. L'altitude maximum de la "lumachelle à *Tivela stultorum*" varie de + 15 à 20 m, et son épaisseur atteint localement plus de 10 mètres. Plus au nord, des dépôts littor





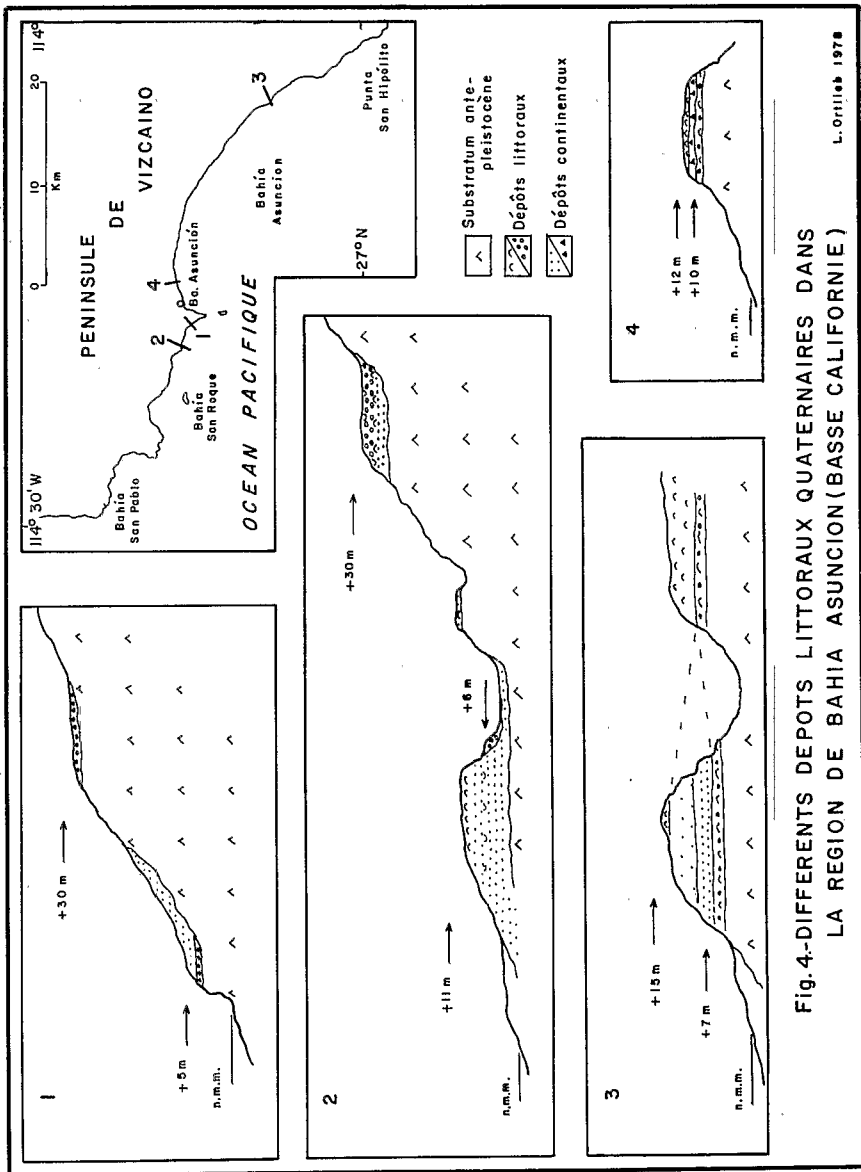


Fig. 4.-DIFFERENTS DEPOTS LITTORAUX QUATERNAIRES DANS LA REGION DE BAHIA ASUNCION (BASSE CALIFORNIE)

L. Orliac 1978

raux, sableux et fossilifères sont attribués au même épisode de haut niveau marin que la lumachelle; leur altitude est généralement de + 12 à + 15 m, et leur épaisseur de plusieurs mètres (Fig. 4, coupe 2). Egalement à rattacher à ce même épisode sont les terrasses d'abrasin, avec ou sans dépôts paléolittoraux, que l'on observe, vers + 12 m d'altitude, à la pointe de la Péninsule de Vizcaino. A l'est de la Lagune San Ignacio, apparaît une vaste terrasse construite, à faune laguno-marine et encroutée en surface; son altitude maximum varie de + 5 à + 10 m. Compte-tenu de la puissance des dépôts on suppose qu'ils sont contemporains de la "lumachelle à *Tivela stultorum*" et non de la "terrasse de + 5 m".

Les bas dépôts transgressifs antérieurs à la "lumachelle à *Tivela stultorum*". Dans la Baie d'Asuncion, les niveaux paléolittoraux que l'on considère contemporains de la lumachelle reposent généralement sur des séries marines pliocènes, en discordance érosionnelle. En trois points, cependant, ces niveaux couvrent des horizons ou des lentilles de matériel continental (alluvions ou dunes) qui eux-mêmes reposent, à environ + 10 m d'altitude, sur de minces lits marins quaternaires, fossilifères (Fig. 4, coupes 3 et 4). On ignore encore si ces derniers témoignages marins correspondent à un cycle transgressif (interglaciaire ?) antérieur ou s'ils représentent un épisode plus ancien du même cycle que la lumachelle.

#### Les hautes terrasses

Il est difficile d'établir une corrélation stratigraphique horizontale des hautes terrasses marines quaternaires de la Péninsule de Vizcaino. Les grès et calcarénites qui composent les dépôts paléolittoraux anciens de ces hautes terrasses sont très altérés et peu différents les uns des autres; ils sont d'extension restreinte et souvent délicats à localiser. La fig. 5 récapitule les données altimétriques dont on dispose pour les hautes terrasses quaternaires.

Dans la région de la Baie de San Roque, il semble que l'on ait trois anciennes lignes de rivage distinctes, à des altitudes de + 30 m, + 60 m et + 120 m. Seule la terrasse de + 30 m est relativement bien conservée et continue (Fig. 4, coupes 1 et 2). Au sud de la Baie de San Cristobal, le témoin de +

65 m (voir Fig. 5) a été basculé puisque ce même niveau s'observe, à faible distance de la côte, à une altitude de + 45 m seulement. Toujours dans la même région de San Roque, TROUGHTON (1974) rapporte l'existence d'une haute terrasse, à + 250 m, mais qui, selon lui, pourrait être d'âge Pliocène supérieur.

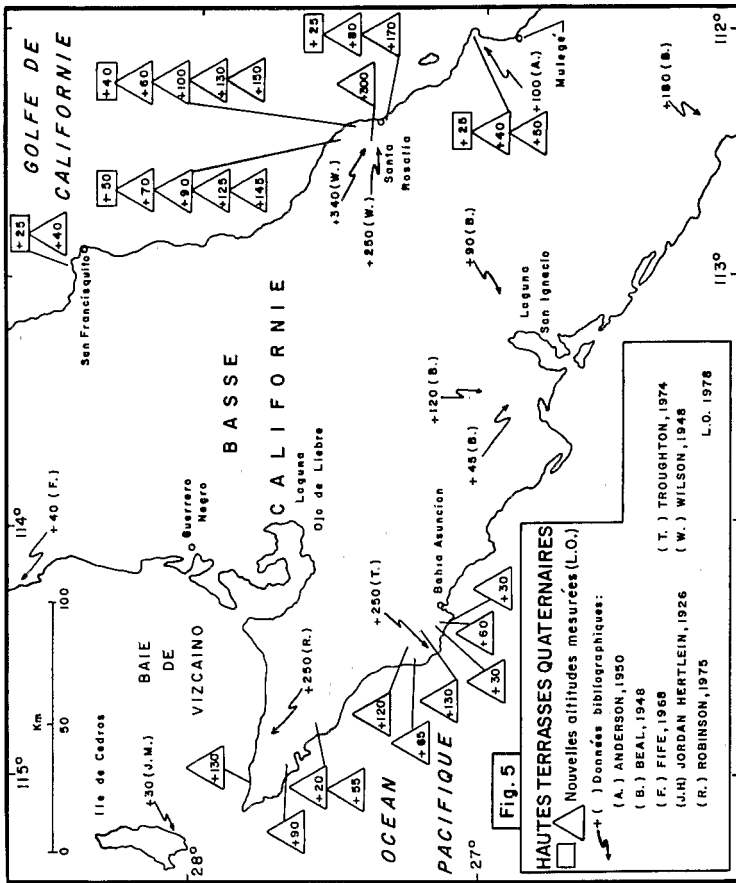
Au sud de Bahia Tortugas existe un étagement de terrasses quaternaires. La plus haute, couronnée par un grès conglomératique induré, à fossiles en voie de dissolution, est à + 55 m. En contrebas, une, ou deux, plateformes entre + 12 et 20 m sont attribuées à des lignes de rivage anciennes, du fait du degré de consolidation et d'encroûtement calcaire de leurs dépôts associés. Une autre plateforme, à une altitude de + 5 à + 12 m, correspond probablement à la transgression du dernier interglaciaire. Enfin, au niveau actuel de la mer, affleure un dernier dépôt paléolittoral, apparemment ante-holocène. On serait donc là en présence d'une succession de quatre, ou cinq, lignes de rivage pleistocènes, entre 0 et + 55 m.

Au nord de Bahia Tortugas, un niveau calcaire conglomératique, de faciès littoral, fossilise une surface d'abrasion d'altitude atteignant + 90 m à + 130 m. Dans ce cas, également, l'inclinaison des mesas et les pendages des dépôts marins quaternaires ont une origine tectonique locale. ROBINSON (1975) a d'ailleurs reconnu, entre la Pointe Eugenia et Bahia Tortugas, plusieurs failles d'orientation NW-SE qui ont probablement joué jusqu'au Quaternaire.

Presqu'à la pointe de la Péninsule de Vizcaino, le lieu-dit Mesa Grande correspond à une vieille terrasse quaternaire couverte par un dépôt calcaréo-gréseux très consolidé; son altitude est d'environ + 130 m. ROBINSON (1975) et RANGIN (comm. pers.) signalent d'autres terrasses élevées (jusqu'à + 250 m ?), sur le rivage nord-occidental de la péninsule.

Au nord-est de la Baie de Vizcaino, FIFE (1968) a reconnu, outre la basse terrasse, à + 6 m, deux autres témoins de transgressions quaternaires, à + 18 m et + 42 m. Au nord de Guerrero Negro, WOODS (1978) a étudié plus en détail les trois mêmes terrasses, qu'il nomme Tomatal, Andrés et Aeropuerto.

Dans la région de la Lagune San Ignacio, BEAL (1948) rapporte l'existence de trois hautes terrasses, à + 45 m, +



90 m et + 120 m; une quatrième terrasse, plus au sud, culmine rait vers + 180 m. Ces anciennes lignes de rivage n'ont pas été formellement observées et mesurées lors de notre reconnaissance.

#### LES TERRASSES MARINES DE LA COTE ORIENTALE DE BASSE CALIFORNIE CENTRALE

Le versant oriental de la Basse Californie est caractérisé par des reliefs abrupts et des falaises littorales. On n'y verra donc pas de terrasses marines construites d'extension notable, et les terrasses d'abrasion anciennes auront, le plus souvent, été effacées par l'érosion.

##### Les basses terrasses

A Bahia de los Angeles et dans la région de San Francisco, d'anciens dépôts littoraux, peu consolidés, à faune bien conservée, affleurent jusqu'à une altitude de + 5 à + 10 m selon les localités.

Dans les environs immédiats de Santa Rosalia, la plus basse terrasse marine est observée à des altitudes de + 10 à 15 m. A une vingtaine de kilomètres plus au nord, au Cap Virgenes, la basse terrasse est particulièrement inclinée, et s'étend entre les cotes +10 m, au rebord de la falaise actuelle, et + 25m, au pied de la paléofalaise. La deuxième terrasse en altitude, presque aussi bien marquée que la plus basse, est à + 20 m ou + 25 m à Santa Rosalia, et entre + 40 et + 50 m au Cap Virgenes. Sur ces deux basses terrasses, on trouve encore parfois des restes de plage, pauvres en sédiments fins et en fossiles.

Autour de l'île San Marcos, et en particulier sur ses rivages septentrional et oriental, a été préservée une large banquette d'abrasion, localement recouverte de dépôts de pente et d'alluvions. Son altitude maximum est de + 8 m.

Plus au sud, à la Pointe Chivato, à Mulegé et dans la Baie Concepcion, plusieurs restes d'un même haut niveau marin pleistocène ont été enregistrés à des altitudes de + 7 à + 12 m. L'étude de la disposition des dépôts paléolittoraux et de leurs faciès conduit à considérer que, dans cette région, le niveau de la mer lors de cet épisode transgressif était à une cote

d'environ + 9 m par rapport au zéro actuel. A la Pointe Chivato une terrasse, d'altitude + 25 m et un dépôt fossilifère, la guño-marín, très encrouté, vers + 15 m, sont attribués à un haut niveau marin antérieur à celui qui a formé la basse terrasse.

Au sud et au sud-est de la Baie Concepcion, la basse terrasse pelistocène apparaît à + 4 m seulement; les dépôts paléolittoraux, très encroutés, qui affleurent à + 8 m sont attribués à une transgression antérieure (Pleistocène moyen ?).

#### Les hautes terrasses

De l'ensemble de la côte orientale de la Péninsule de Basse Californie, la région de Santa Rosalia est la plus riche en terrasses marines élevées. Dans le cadre d'une étude sur la sédimentation pliocène du bassin minier de Santa Rosalia, WILSON (1948) rapportait l'existence de dépôts quaternaires marins jusqu'à une altitude de + 340 m. La Formation Santa Rosalia de WILSON, qui marquerait la première incursion marine pleistocène, se trouve surélevée à la fois par le jeu de bombements et basculements et par l'effet de failles d'orientation générale NNW-SSE. Notre mesure altimétrique du plus haut témoin de cette Formation Santa Rosalia nous donne un chiffre de + 300 m. Dans un travail en cours (DEMANT, ORTLIEB, en prép.) est étudiée la chronologie des phénomènes volcano-tectoniques de la caldera de la Reforma, au nord de Santa Rosalia, et des restes étagés des transgressions pleistocènes.

La fig. 5 rend compte, notamment, des altitudes de terrasses observées sur deux transversales au sud-est et au nord-est (Cap Virgenes) du massif de la Reforma. Sont considérées les plateformes d'abrasion littorale, au dessus de celle de + 12 à + 25 m, et qui présentent des dépôts caractéristiques de galets arrondis. On observe ainsi, entre + 40 m et + 150 m, au moins cinq terrasses antérieures à celle du dernier interglaciaire. A Santa Rosalia, outre la deuxième terrasse, à + 25 m et sur laquelle est bâtie une partie de la ville, deux autres plateformes d'origine marine apparaissent à + 80 m et + 170 m.

A l'extrémité de la Pointe Chivato, des terrasses emboîtées on été observées, à + 40 m et + 50 m, au dessus de celles mentionnées plus haut, à + 10 m et + 25 m. Notons également

lement qu'ANDERSON (1950) signale l'existence possible de dépôts marins quaternaires, à + 100 m, au sud-ouest de la Pointe Chivato. McFALL (1968) parle de "au moins treize terrasses marines" sur les côtes de la péninsule située à l'ouest de la Baie Concepcion; ces terrasses, que nous n'avons pas vues, s'élèveraient entre + 6 m et + 280 m.

Au nord et au sud de la Pointe de San Francisquito, des traces de hauts niveaux marins quaternaires apparaissent, au dessus de la basse terrasse, à des altitudes de + 25 m et + 40m environ.

#### LES TERRASSES MARINES EN SONORA CENTRAL

Au nord de Bahia Kino, la côte rocheuse du Sonora central et celle de l'île Tiburon ont conservé, en de nombreux points, d'étroites terrasses d'abrasion marine. Ces terrasses et les dépôts paléolittoraux qui leur sont associés ne dépassent jamais + 10 m d'altitude et sont le plus fréquemment à + 5 m (Fig. 3). Ces dépôts sont souvent fossilifères et reflètent des paléoenvironnements divers (anciens cordons de galets, dépôts de pied de falaise ou de baie ouverte, etc.). En général, les restes de cette transgression que l'on suppose être celle du dernier interglaciaire (MALPICA *et al.*, 1978; ORTLIEB & MALPICA, 1978), sont recouverts par plusieurs mètres de colluvions et d'alluvions récents. L'alluviation importante en provenance de la Sierra Madre Occidentale (Fig. 1) et des sierras isolées ("Basins and Ranges") est l'un des traits marquants de l'histoire plio-quaternaire du Sonora (ORTLIEB, 1978). Ce phénomène est très probablement responsable de l'enfouissement de témoins de transgressions quaternaires anciennes.

Les anciens dépôts de plage qui recouvrent les terrasses d'abrasion en Sonora central semblent tous contemporains si l'on compare les degrés de consolidation des sédiments ou l'altération des fossiles. En deux localités seulement, des grès littoraux plus anciens, à coquilles largement dissoutes, peuvent être attribués à une transgression du Pleistocène inférieur (?). Ces affleurements qui atteignent + 6 m d'altitude sont situés à 100 et 150 km au nord de Bahia Kino.



La région de Guaymas est soumise à une subsidence locale qui est responsable de ses vallées ennoyées typiques et de l'absence de banquette d'abrasion du dernier interglaciaire.

A noter enfin qu'il est actuellement étudié la possibilité d'une transgression interstadiaire, fini-pleistocène, dans la région de la Lagune Tepoca, immédiatement au nord de l'île Tiburon (RICHARDS, 1973; LECOLLE & ORTLIEB, 1978).

#### CHRONOSTRATIGRAPHIE DES TERRASSES MARINES

##### Les datations de terrasses marines

Les datations d'anciens hauts niveaux marins, par la méthode des séries de désintégrations de l'Uranium, sur des fossiles des terrasses californiennes on été particulièrement nombreuses: BRADLEY & ADDICOTT, 1968; KU & KERN, 1974; SZABO & ROSHOLT, 1969; SZABO & VEDDER, 1971; THURBER, 1965; VALENTINE & VEEH, 1969; VEEH & VALENTINE, 1967. Sur le plan méthodologique, les coraux ont fourni des résultats beaucoup plus satisfaisants que les mollusques (KAUFMAN *et al.*, 1971; KAUFMAN, 1972). Si l'on réunit sur un graphique, en incluant les barres d'erreurs, l'ensemble des âges U/Th obtenus sur les basses terrasses marines de Californie, on observe tous les âges possibles entre 70 000 et 150 000 ans B.P. La méthode n'est, pratiquement, pas utilisable pour les âges supérieurs à 200 000 ans.

La mesure des taux de racémisation des acides aminés de coquilles marines commence à être utilisée dans la chronostratigraphie des terrasses marines; une revue récente de la méthode et des résultats concernant la côte californienne est fournie par WEHMILLER *et al.*, 1977. Les âges obtenus par cette méthode ont été confrontés avec les âges U/Th réputés les plus fiables, et avec la chronologie isotopique océanique de SHACKLETON & OPDYKE (1973): - stade 3: 40 000 ans; -stade 5: 80 000 à 128 000 ans; -stade 7: 200 000 à 250 000 ans; -stades 9 et 11: 350 000 à 450 000 ans.

A San Diego, c'est à dire à la frontière entre la Californie américaine et la Basse Californie, une étude approfondie des basses terrasses marines, appuyée par des datations U/Th (KU & KERN, 1974; KERN, 1977) fait état des résultats sui

vants; à 120 000, 105 000 et 80 000 ans le niveau de la mer se trouvait, respectivement, aux cotes  $+ 6 \pm 4$  m,  $- 12 \pm 3$  m et  $- 14 \pm 2$  m (par rapport au zéro actuel); les taux moyens de soulèvement tectonique sont de 240 à 450 mm/10<sup>3</sup> ans; la terrasse Nestor, datée de 120 000 ans, se présente à des altitudes variant de quelques mètres à près de + 60 m.

Au nord-est de la Baie de Vizcaino, des âges de 120 000 à 140 000 ans B.P. ont été obtenus par la méthode des acides aminés pour la terrasse Tomatal (+ 5 à 7 m) (WOODS, comm. pers.).

Des datations par les méthodes U/Th et des acides aminés ont été entreprises sur des coquilles de basses terrasses du Golfe de Californie (en l'absence de coraux fossiles datables). Les premiers résultats, concernant les terrasses de Sonora, ne s'interprètent pas facilement et requièrent des analyses supplémentaires. Ainsi, par exemple, dans une même localité immédiatement au nord de l'île Tiburon, une série de six échantillons de *Dosinia ponderosa*, a fourni des âges U/Th s'échelonnant entre 65 000 et 120 000 ans (BERNAT *et al.*, 1978). Cette localité, comme la quasi-totalité des dépôts littoraux fossiles reconnus, à quelques mètres d'altitude, sur la côte centrale de Sonora, est attribuée au Sangamon (ORTLIEB, 1977; MALPICA *et al.*, 1978). Si ces dernières mesures ne précisent pas l'âge du dépôt en question (80 000, 105 000 ou 120 000 ans?), au moins ne contredisent-elles par l'âge interglaciaire supposé.

#### Corrélations chronostratigraphiques des terrasses étudiées

Sur la côte Pacifique ont été distinguées, à basse altitude, une "terrasse de + 5 m" et la "lumachelle à *Tivela stultorum*" avec ses équivalents latéraux (entre + 10 et + 20 m). Considérant les données disponibles en Californie et dans le nord-ouest de la Basse Californie, on est fondé d'attribuer un âge Sangamon (dernier interglaciaire) aux restes de la "terrasse de + 5 m"; il est en effet peu probable que cette terrasse, d'extension relativement importante, ait été formée lors d'un niveau marin interstadiaire de la dernière période glaciaire. Les dépôts de la "lumachelle à *Tivela stultorum*".

appartiennent à un cycle transgressif antérieur et dont la durée et l'amplitude ont été importantes. On le rattachera donc à l'interglaciaire Yarmouth (200 000 à 250 000 ans ?), c'est à dire à la fin du Pleistocène moyen (BUTZER, 1974). Il ne sera pas proposé d'âge pour les hautes terrasses. On retiendra qu'en plusieurs endroits de cette côte Pacifique trois terrasses, d'âge antérieur à l'interglaciaire Yarmouth, ont été observées.

Sur la côte orientale de Basse Californie centrale, la plus basse terrasse marine, largement représentée, est considérée comme appartenant au dernier interglaciaire. On a signalé que son altitude variait entre + 4 et + 10 m, sauf dans la région de Santa Rosalia où elle atteint + 15 m et même + 25 m (Cap Virgenes). La seconde terrasse est attribuée à l'interglaciaire Yarmouth; son altitude est de l'ordre de la vingtaine de mètres, sauf au Cap Virgenes où elle atteint + 50 m. Les plus hautes terrasses trouvées au nord de Santa Rosalia indiquent au moins quatre pulsations positives de la mer pleistocène avant l'interglaciaire Yarmouth.

En Sonora, les premières datations U/Th confirment l'âge Sangamon que l'on attribue, sur la base de données stratigraphiques et géomorphologiques, à la terrasse d'environ + 5 m d'altitude. Les deux seuls affleurements de grès marins plus anciens appartiennent au Pleistocène inférieur ou moyen.

#### CONCLUSIÓN: LES MOUVEMENTS VERTICAUX RECENTS DANS LES REGIONES COTIERES ETUDIEES

Dans nos travaux antérieurs il a été souligné que la côte du Sonora semble relativement stable et que celle de Basse Californie orientale atteste un léger soulèvement relatif, au moins depuis le dernier interglaciaire. Sur le littoral oriental de Basse Californie centrale, de nouvelles observations étendent la connaissance des hautes terrasses quaternaires et montrent que la terrasse Sangamon atteint localement une altitude de + 25 m, au lieu des + 10 ou + 12 m rapportés précédemment. Dans la zone de Santa Rosalia et du Cap Virgenes, les taux de soulèvement local, indiqués par la basse terrasse, depuis une centaine de milliers d'années, sont de 100 à 200 mm/10<sup>3</sup> ans. Des

taux identiques sont calculés si l'on considère que la deuxième terrasse appartient bien à un haut niveau marin d'il y a 200 000 à 250 000 ans (= interglaciaire Yarmouth = stade 7 de SHACKLETON & OPDYKE, 1973). Sur le reste de la côte et notamment aux pointes de San Francisquito et de Chivato, les taux de soulèvement ne seraient que de 50 à 100 mm/10<sup>3</sup> ans. Les rares données dont on dispose au sud de la Baie Concepcion tendent à prouver qu'il n'y aurait pas eu de soulèvement (ni d'enfoncement ?) des terrasses marines dans un passé récent. Il est prématuré d'utiliser l'altitude des hautes terrasses, même lorsque celles-ci apparaissent en séquence comme au Cap Virgenes, pour en déduire soit les taux de soulèvement, soit les âges absolus.

Sur la côte Pacifique, de même qu'en Sonora, l'altitude de la terrasse Sangamon est telle qu'aucun mouvement vertical récent ne semble l'avoir affecté, tout au moins si l'on accepte que ce haut niveau marin du Pleistocène supérieur a effectivement atteint une cote de + 5 ou + 6 m par rapport à l'actuel zéro. Si la "lumachelle à *Tivela stultorum*" et ses équivalents latéraux de la Péninsule de Vizcaino ont bien été déposés dans le même temps que se formaient les terrasses d'abrasion d'environ + 25 m de la côte orientale de Basse Californie, cela indique un soulèvement relatif moindre, ou négligeable, du côté Pacifique. On se gardera d'extrapoler cette faiblesse des mouvements verticaux positifs en remontant dans les temps pleistocènes puisque de hautes terrasses existent dans la Péninsule de Vizcaino, et qu'il est difficile d'expliquer celles-ci uniquement par une tectonique de failles normales, laquelle n'a eu qu'un rôle local sinon restreint.

En Basse Californie centrale, tant à l'ouest qu'à l'est, des mouvements verticaux positifs ont soulevé les dépôts marins pliocènes et des restes paléolittoraux anciens du Pleistocène. Depuis la fin du Pleistocène moyen, les soulèvements sont, en moyenne, plus importants du côté du Golfe de Californie. La côte du Sonora central, depuis le Pliocène, a peut-être été légèrement subsidente dans un premier temps, et ensuite relativement stable.

## REMERCIEMENTS

Les résultats de ce travail ont été obtenus dans le cadre d'une convention scientifique associant l'Institut de Géologie de l'Université Autonome Nationale de Mexico et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (Paris). Sont particulièrement remerciés pour leur collaboration V. MALPICA & A.CASTRO del RIO, avec qui ont été réalisées les études de terrain.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON, C.A. - 1950 - E.W. SCRIPPS *cruise to the Gulf of California*. Part I: *geology of the islands and neighbouring land areas* - Geol. Soc. Amer. Mem. n° 43, 1-53.
- ATWATER, T. - 1970 - *Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western America*. Geol. Soc. Amer. Bull., 81, 3513-3536.
- BEAL, C.H. - 1948 - *Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California* - Geol. Soc. Amer. Mem. n° 31, 138 p.
- BERNAT, M.; GAVEN, C. & ORTLIEB, L. - 1978 - *Influence de la contamination en thorium sur la datation 10-U; exemple du Golfe de Californie* - 6ème Réunion annuelle des Sciences de la Terre, Orsay (France). Résumé.
- BRADLEY, W.C. & ADDICOTT, W.O. - 1968 - *Age of the first marine terrace near Santa Cruz, California* - Geol. Soc. Amer. Bull. 79, 1203-1210.
- BUTZER, K.W. - 1974 - *Geological and ecological perspectives on the Middle Pleistocene* - Quaternary Research, 4, 136-148.
- BYRNE, J.V. & EMERY, K.O. - 1960 - *Sediments of the Gulf of California* - Geol. Soc. Amer. Bull., 71, 983-1010.
- DARTON, N.H. - 1921 - *Geologic reconnaissance in Baja California, Mexico* - Journ. Geol., 29, 720-748.
- FIFE, D.L. - 1968 - *Geology of the Bahia de Santa Rosalia quadrangle, Baja California, Mexico* - M.S. thesis, San Diego State College, California, 100 p.
- GABB, W.N. - 1868 - *Lower California*. In: *Report of J. Ross Brown on the mineral resources of the States and Territories west of the Rocky Mountains* - Govern. Printing Office, Washington, 630-642.

- GASTIL, R.G.; ALLISON, E.C. & PHILLIPS, R.P. - 1975 - *Reconnaissance geologic map of the State of Baja California* - Geol. Soc. Amer. Mem., 140, 170 p.
- JORDAN, E.K. & HERTLEIN, L.G. - 1926 - *Expedition to the Revillagigedo islands, Mexico, 1925. VII: contribution to the geology and paleontology of the Tertiary of Cedros islands and adjacent points of Lower California* - Calif. Acad. Sci., 4th ser., v.15, n914, 409-464.
- KARIG, D.E. & JENSKY, W. - 1972 - *The Protogulf of California*. Earth Planet. Sci. Letters, v.17, 169-174.
- KAUFMAN, A. - 1972 - *Comment on the U-series dating of mollusks from Southern California* - Earth Planet. Sci. Letters, v.14, 447-450.
- KAUFMAN, A.; BROECKER, W.S.; KU, T.L. & THURBER, D.L. - 1971 - *The status of U-series methods of mollusk dating* - Geochim. Cosmochim. Acta, v.35, 1155-1183.
- KERN, J.P. - 1977 - *Origin and history of upper Pleistocene marine terraces, San Diego, California* - Geol. Soc. Amer. Bull. v.88, 1553-1566.
- KU, T.L. & KERN, J.P. - 1974 - *Uranium series of the upper Pleistocene Nestor terrace, San Diego, California* - Geol. Soc. Amer. Bull., v.85, 1713-1716.
- LARSON, R.L. - 1972 - *Bathymetry, magnetic anomalies and plate tectonic history of the mouth of the Gulf of California* - Geol. Soc. Amer. Bull., v.83, 3345-3360.
- LARSON, R.L.; MENARD, H.W. & SMITH, S. - 1968 - *Gulf of California: a result of ocean floor spreading and transform faulting* - Science, v.161, 781-784.
- LECOLLE, J. & ORTLIEB, L. - 1978 - *Preliminary study of the paleogeographic evolution during the upper Quaternary of Laguna Tepoca, Gulf of California, Mexico* - Xth Intern. Congress Sedimentology, Jerusalem. Abstract.
- LINDGREN, W. - 1889 - *Notes on the geology of Baja California* - Calif. Acad. Sci. Proc., 2nd ser., v.I, 173-196.
- MALPICA, V.; ORTLIEB, L. & CASTRO del RIO, A. - 1978 - *Transgresiones cuaternarias en la costa de Sonora, Mexico* - Rev. Inst. Geol. UNAM, v.1978-I (sous-*presse*).
- McFALL, C. - 1968 - *Reconnaissance geology of the Conception Bay area, Baja California, Mexico* - Stanford Univ. Publ., Geol. Sci., v.10, n95, 25 p.

- MOORE, D.G. - 1973 - *Plate-edge deformation and crustal growth, Gulf of California structural province* - Geol.Soc.Amer. Bull., v.84, 1883-1905.
- NORMARK, W.R. - 1974 - *Ranger submarine slide, northern Sebastian Vizcaino Bay, Baja California, Mexico* - Geol. Soc. Amer.Bull., v.85, 781-784.
- NORMARK, W.R. - 1977 - *Neogene basins and transform motion within the Pacific continental margin of Baja California*- 9th Annual Offshore Technology Confer., Houston, 98-100.
- ORME, A.R. - 1972 - *Quaternary deformation of western Baja California, Mexico, as indicated by marine terraces and associated deposits* - 24th Intern.Geological Congress, Montreal, sect.3, n924, 627-634.
- ORTLIEB, L. - 1977 - *Neotectonics from marine terraces along of Gulf of California; preliminary observations* - Symposium on Earth rheology and late Cenozoic isostatic movements, Stockholm, Abstr.vol., 109-110.
- ORTLIEB, L. - 1978 - *Neotectonica y paleogeografía cuaternaria de las costas de Sonora* - Ier Simposio sobre Geología y potencial minero de Sonora, Hermosillo (Mexico), vol. resum., 95-97.
- ORTLIEB, L. (s.d.) - *Reconocimiento de las terrazas marinas cuaternarias en Baja California central* - Rev.Inst.Geol. UNAM, vol.1978-2 (sous-*presse*).
- ORTLIEB, L. & MALPICA, V. - 1978 - *Reconnaissance des dépôts pleistocènes marins autour du Golfe de Californie, Mexique* - Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Géol., 1978-1 (sous-*presse*).
- RICHARDS, H.G. - 1973 - *A Quaternary elevated beach along the Gulf of California in Sonora, Mexico* - 9th Congr.INQUA, Christchurch (New Zealand), abstr.vol., 306.
- ROBINSON, J.W. - 1975 - *Reconnaissance geology of the northern Vizcaino Peninsula, Baja California, Mexico* - M.S.thesis, San Diego State University, California, 110 p.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.P. - 1973 - *Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V23-238: oxygen isotope temperature and ice volumes on a 10<sup>5</sup> and 10<sup>6</sup> year time scale* - Quaternary Research, v.3, 39-55.

- SZABO, B.J. & ROSHOLT, J.N. - 1969 - *Uranium series dating of pleistocene molluscan shells from southern California; an open model system* - Jour. Geophys. Research, v.14, n9 14, 3253-3260.
- SZABO, B.J. & VEDDER, J.G. - 1971 - *Uranium series dating of some pleistocene marine deposits in southern California* - Earth Planet. Sci. Letters, v.14, n94, 283-290.
- THURBER, D.L. - 1965 - *The dating of mollusks from raised terraces*. In: D.R. Schink, J.T. Corless, ed., *Symposium on marine geochemistry* - Rhode Island Univ. occasional Publ., n93, 1-27.
- TROUGHTON, G.H. - 1974 - *Stratigraphy of the Vizcaino Peninsula near Asuncion Bay, Territorio de Baja California, Mexico* - M.S. thesis, San Diego State Univ., 83 p.
- VALENTINE, J.W. & VEEH, H.H. - 1969 - *Radiometric ages of Pleistocene terraces from San Nicolas island, California* - Geol. Soc. Amer. Bull., v.80, 1415-1418.
- Van ANDEL, T.H. - 1964 - *Recent marine sediments of the Gulf of California* - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., n93, 216-310.
- VEEH, H.H. & VALENTINE, J.W. - 1967 - *Radiometric ages of marine terraces in California* - Geol. Soc. Amer. Bull. v.84, 2737-2742.
- WEHMILLER, J.F.; LAJOIE, H.R.; KVENVOLDEN, K.A.; PETERSON, E; BELKNAP, D.F.; KENNEDY, G.L.; ADDICOTT, W.O.; VEDDER, J.G. & WRIGHT, R. - 1977 - *Correlation and chronology of Pacific coast marine terrace deposits of continental United States by fossil amino acid stereochemistry; technique evaluation, relative ages, kinetic model ages and geologic implications* - U.S. Geol. Survey openfile report n9 77-680.
- WILSON, I.F. - 1948 - *Burried topography, initial structures and sedimentation in Santa Rosalia area, Baja California, Mexico* - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v.32, n99, 1762-1807.
- WOODS, A.J. - 1978 - *Marine terraces between Playa El Marnon and Morro Santo Domingo, central Baja California, Mexico* - Ph.D. thesis, Univ. California, Los Angeles, California.