

CAMPAGNE SEACARIB 1 :
 DEFORMATIONS ET FRONTIERES DE PLAQUES DANS LES CARAIBES

 Alain Mauffret et Isabelle Jany.
 Laboratoire de Géologie Océanique Université Pierre et Marie
 Curie, 4 Place Jussieu. 75252, Paris, Cedex 05

SEACARIB 1

La campagne SEACARIB 1 s'est déroulée du 4 Avril 1985 (La Barbade) au 5 Mai 1985 (Panama) dans les eaux caraïbes. Le navire océanographique R. D. CONRAD a été utilisé à la suite d'un accord d'échange de temps bateau entre l'IFREMER et l'UNOLS. La demande émanait d'un groupe composé de l'Université de Paris (maître d'oeuvre), de l'UBO, de l'IFREMER CB, de l'IFP et du BRGM.

DATE : 4 Avril 1985- 5 Mai 1985.

LIEU: Bassin caraïbe. (voir Figure 1A) Arc volcanique des **Petites Antilles** (Grenade, Ste Lucie, Martinique, Guadeloupe); **Passage d'Anegada** (entre Ste Croix et les îles Vierges septentrionales) ; transit valorisé le long de la fosse de Muertos; extrémité occidentale de la **fosse de Muertos** (au large d'Hispaniola); ride de **Beata**.

PARTICIPANTS: A. MAUFFRET (Chef de mission, UPMC), P. BOUYASSE (BRGM); I.JANY (UPMC) ; E. M. HERNANDEZ (observateur dominicain); A. LECLERC-VANHOEVE (UBO); A. MAS-CLE (IFP); B. MERCIER de LEPINAY (UPMC); M. C. MONTJARET (UPMC); V. RENARD (IFREMER-CB); B. SAVOYE (IFREMER); J. F. STEPHAN (UBO) .

NOMBRE D'OPERATIONS. La campagne (Figure 1A) s'est déroulée en continu à

part une brève escale à St Thomas (îles Vierges). Le total des routes Seabeam, 3.5 Khz, gravimétrie et magnétisme s'élève à 6189 milles; le total de la sismique monotrace à 4988 milles. Les temps impartis pour les différentes zones sont les suivants : Petites Antilles, 4 jours; Anegada , 10 jours; Muertos, 5 jours ; Beata, 5 jours. Le reste du temps a été employé en transits valorisés en particulier de Beata à l'escale d'arrivée Panama.

DESCRIPTION DES OPERATIONS. Relevé Seabeam et géophysique (magnétisme, gravimétrie et sismique monotrace) . L'originalité de cette mission est d'avoir utilisée d'une manière complémentaire du matériel américain et français. La sismique américaine était très mauvaise à haute vitesse. L'IFREMER a fourni une flûte haute-vitesse et des carénages de canons à air. L'amélioration à été tellement spectaculaire que le LAMONT s'est équipé d'une manière identique après la mission. L'enregistrement analogique de la sismique était de très mauvaise qualité, heureusement l'enregistrement numérique m'a permis de retraiter les profils ultérieurement et d'obtenir d'excellentes images sismiques.

OBJECTIFS-METHODES

1) L'Arc des Petites Antilles est lié à la subduction de la plaque Atlantique sous la plaque Caraïbe. Le BRGM a poursuivi durant de nombreuses années des études sur le volcanisme dans cette région .L'objectif de cette mission était de carter en détail le volcan actif du Kick'em Jenny (près de l'île de Grenade) et plusieurs autres volcans éteints au large de

Ste Lucie (Qualibou), de la Martinique et de la Guadeloupe (volcan du Directeur).

2) Le **passage d'Anegada**, situé entre les îles Vierges septentrionales et l'île de Ste Croix est le site d'un grand décrochement entraînant la formation de plusieurs bassins rhomboédriques. L'étude par le seabeam et des coupes sériées de sismique réflexion permettent une analyse fine de la déformation.

3) Le **prisme tectonique de Muertos** se prolonge à terre par des plis et des chevauchements. L'étude de la virgation du prisme et de la liaison avec les structures terrestres sont donc d'un très grand intérêt pour comprendre la genèse d'une chaîne de montagne dans une zone de poinçonnement.

4) La **ride de Beata** est constituée par les mêmes basaltes du Crétacé supérieur qui constituent le tréfonds des bassins colombiens et vénézuéliens. La mise en place de ce plateau océanique est énigmatique et la carte seabeam peut permettre de sélectionner des sites de plongées.

PRINCIPAUX RESULTATS.

1) **Volcanisme d'arc**: les Petites Antilles.

La campagne Seacarib 1 a permis de lever en bathymétrie des appareils volcaniques déjà étudiés en partie (Andreieff et al, 1987). Le volcan Kick'em Jenny, le seul centre volcan sous-marin actif de tout l'archipel, est le siège de manifestations hydrothermales. Au large de la Martinique nous avons pu suivre en mer le prolongement jusqu'à une profondeur de 2000 mètres de la faille de St Pierre qui délimite la Montagne Pelée. Enfin nous avons mis en évidence l'accident de Montserrat-Marie-Galante, long de 130 Km, qui traverse la Guadeloupe (Figure 1B).

2) **Marge en transtension** : le Passage d'Anegada.

Nous avons levé la bathymétrie des bassins des Iles Vierges et de St Croix respectivement au nord et à l'ouest de l'île de St Croix (Figure 2A). L'analyse structurale de cette zone complexe a permis de définir un régime en transtension (Mann et al, 1983) a tendance dextre (Figure 2B) (Houlgatte et al, 1984). Les deux bassins ont une forme rhomboédrique, des relais compressifs, des branchements de failles (Christie-Blick and Biddle, 1985) et du volcanisme existent également. La zone ressemble beaucoup au

Golfe d'Aquaba (Ben-Avraham, 1985). Le bassin des Iles Vierges est bordé au sud par des failles normales limitant des blocs qui ont joués en touche de piano. La ressemblance de cette marge sud avec celle du Golfe de Suez (Chenet and Letouzey, 1983) est remarquable (Figure 2C). L'allure en demi-graben du bassin des Iles Vierges est bien visible sur les profils sismiques (Figure 3A). La marge nord a un caractère très différent : elle le siège d'une activité sismique intense (McCann, 1985) et des failles à tendance décrochante sont visibles sur les profils (Figure 3 A, profil C). Cette marge est affectée par un décrochement dextre qui se relie à celui du Passage d'Anegada (Figure 2B). Le déplacement principal de la Plaque Caraïbe par rapport à la Plaque Amérique du Nord s'effectue le long de la fosse de Puerto-Rico avec un déplacement relatif de tendance senestre (Sykes and Ewing, 1965; Minster and Jordan, 1978). Tout se passe comme si le bloc de Puerto-Rico était expulsé vers le NW le long des glissières de la fosse septentrionale et du passage d'Anegada. Une telle tectonique n'est pas sans rappeler celle de la Turquie (Dewey et al, 1986). Le moteur de cette tectonique est probablement la collision de la ride de Beata et d'Hispaniola.

3) **Marge active, prisme accréation et poinçonnement** : Le prisme de Muertos.

La fosse de Muertos (Figure 3A), qui présente un prisme d'accréation caractéristique des zones en compression (Ladd et al, 1981), court au sud de Puerto-Rico jusqu'à l'île d'Hispaniola. A terre une récente campagne d'étude microtectonique démontre la jeunesse de la déformation en compression (NE-SW) qui avait été déjà mise en évidence par des études antérieures (Bourgeois et al, 1979; Biju-Duval et al 1982). On sait d'autre part (Maurasse et al 1979) que la zone sud d'Hispaniola et en particulier la presqu'île de Bahoruco (Figure 3 A) est composée des mêmes séries volcaniques du Crétacé supérieur qui forment le tréfonds du bassin caraïbe (Saunders et al, 1973) et de la ride de Beata. Les cartes antérieures (Case and Holcombe, 1980) le levé seabeam et les profils sismiques (Figure 2 B), montrent que les chaînons orientaux de la ride de Beata arrivent en contact du prisme d'accréation. A cet endroit on remarque une virgation brutale du prisme et une avancée du prisme haut sur le prisme bas (Figure 3 B). Ce dernier, affecté par des petits

décrochements (rampes latérales), finit par disparaître sous le prisme haut qui se poursuit à terre. Dans cette région le poinçon de la ride de Beata entre en collision avec la partie nord de l'île d'Hispaniola. La forme en boomerang de l'ensemble ride de Beata- Presqu'île Sud d'Haïti suggère une tectonique de collage dans un contexte transpressif (Mercier de Lepinay et al, 1988).

3) **Plateau océanique** : la ride de Beata.

Les cartes seabeam et les profils sismiques montrent que la ride de Beata dans la région occidentale et centrale est composée de rides très étroites et allongées qui font penser à des reliefs volcaniques. Cet édifice pourrait être un plateau océanique formé au moment de l'épisode éruptif du Crétacé supérieur.

MAIN RESULTS

1) **Volcanic arc** : Lesser antilles

During Seacarib 1 cruise we surveyed several submarine volcanic centers discovered during previous cruises (Andrieuff et al, 1987). Kick'em Jenny, the only one submarine volcanic center active in the Lesser Antilles Arc, is characterized by an hydrothermalism activity. Off Martinique Island we traced as deep as 2000 m the extension of the St Pierre Fault which bounds the Montagne Pelée Volcano. We discovered a new fault, as long as 130 Km, named the Montserrat-Marie-Galante Fault which crosses the Guadeloupe Island (Figure 1 B).

2) **Transtensional margin** : Anegada Passage.

We surveyed Virgin Islands and St Croix basins, located north and west of St Croix Island respectively (Figure 2A). The structural analysis of this complex area shows a right-lateral strike-slip regime (Houlgatte et al, 1984) with formation of pull-apart basins (Mann et al, 1983). Both basins has a rhomboedric shape; restraining bends, push-ups, faults branching (Christie-Blick and Biddle, 1985) and volcanism are also evidences of strike-slip faulting. This area has many similarities with the Aqaba Gulf (Ben-Avraham, 1985) Virgin Islands Basin is bounded towards the south by normal faults and the tilted blocks are affected by a "touche de piano" extensional tectonics. This area looks like the Gulf of Suez margin (Chenet and Letouzey, 1983) (Figure 2C). Seismic profiles (Figure 3A) show clearly

the half-graben shape of the Virgin Island Basin. The northern margin is quite different : numerous earthquakes have been located along the slope (McCann, 1985) and the seismic profiles show several strike-slip faults (Figure 3A, profil C). On this margin is located a right-lateral strike-slip fault linked with the Anegada Passage main fault (Figure 2B). The main plate boundary between the Caribbean and North America plates runs along the Puerto-Rico Trench with a left-lateral motion (Sykes and Ewing, 1965; Minster and Jordan, 1978). A tectonic escape of the Puerto-Rico block along the Puerto-Rico Trench (left-lateral) and the Anegada Passage (right-lateral) may explain the tectonic framework of this area. This tectonic escape, similar to that of the Turkey, could be due to the collision between Beata Ridge and Hispaniola.

3) **Active Margin, accretionary prism and indentation**: Muertos prism.

Muertos trough (Figure 3A), which is bounded to the north by a well defined prism (Ladd et al, 1981), extends from south-east of Puerto-Rico to Hispaniola. On land, in Hispaniola, micro-structural analysis and field geology (Bourgeois et al, 1979; Biju-Duval et al, 1982) show a recent compressional deformation. In the southern part of Hispaniola and in particular in the Bahoruco area (Figure 3A), Upper Cretaceous volcanic layers, which have the same composition as the basement of the Venezuela, Colombia and Beata Ridge (Saunders et al, 1973), outcrop (Maurasse et al, 1979). The previous bathymetric maps (Case and Holcombe, 1980), Seabeam survey and seismic profiles (Figure 2B) show that the easternmost part of Beata Ridge is in contact with the prism. In this zone the seabeam survey revealed an acute bend of the front and overthrusting of the upper prism on the lower prism (Figure 3B). The lower prism is cut by strike-slip faults (lateral ramps) and disappear below the upper prism which finally reaches the sea-level and extends on land. In this area the Beata Ridge indenter is colliding the northern part of Hispaniola. The boomerang shape of the structure Presqu'île du Sud de Haïti- Beata Ridge suggests a tectonic collage in a transpressional regime (Mercier de Lepinay et al, 1988).

4) **Oceanic plateau** : Beata Ridge.

In the western and central part of the Beata Ridge seabeam survey and seismic pro-

filing show narrow and elongated ridges which could be volcanic features. Beata Ridge may be a volcanic plateau formed during the Upper Cretaceous volcanic outpouring.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

ANDREIEFF P., BOUYSSÉ P., WESTERCAMP D., 1987. - Géologie de l'arc insulaire des Petites Antilles, et évolution géodynamique de l'Est - Caraïbe. Thèse d'Etat, Bordeaux I : 359 p

BEN-AVRAHAM Z., 1985. - Structural framework of the Gulf of Elat (Aqaba), Northern Red Sea. J. Geophys. Res., 90, B1 : 703-726.

BIJU-DUVAL B., BIZON G., MASCLE A., MULLER C., 1982. - Active margin processes: Field Observations in Southern Hispaniola. In: Studies in Continental Margin Geology, J.S. WATKINS et C.L. DRAKE (eds.), Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 34 : 325-344.

BOURGOIS J., NG R., TAVARES I., VILA J.M., 1979. - L'Eocène à blocs d'Ocoa (République Dominicaine, Grandes Antilles): témoin d'une tectonique tangentielle à vergence Sud dans l'île d'Hispaniola. Bull. Soc. Geol. Fr., 7, XXI, 6 : 759-764.

CASE J.E., HOLCOMBE Y.L., 1980. - Geologic-tectonic map of the Caribbean Region. Scale 1/2 500 000, U. S. Geol. Survey Miscellaneous Investigations Series, map n° 1-1100.

CHENET P.Y., LETOUZEY J., 1983. - Tectonique de la zone comprise entre Abu Durba et Gebel Mezzazat (Sinaï, Egypte) dans le contexte de l'évolution du Rift de Suez. Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine, Pau, 7, 1 : 201-215.

CHRISTIE-BLICK N., BIDDLE K.T., 1985. - Deformation and basin formation along Strike-slip faults. In: Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation. K.T. BIDDLE et N. CHRISTIE-BLICK (eds.), Soc. Econ. Paleont. Mineral., spec. publ., 37 : 1-34.

DEWEY J.F., HEMPTON M.R., KIDD W.S.F., SAROGLU F., SENGOR A.M.C., 1986. - Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone. In: Collision Tectonics, M.P. COWARD et A.C. RIES (eds.), Geol. Soc., spec. publ., 19 : 3-36.

HOULGATTE E., STEPHAN J.F., MASCLE A., 1984. - Structure et signification géodynamique du Passage d'Anegada (NE de la plaque Caraïbe). 10ème Réunion. Ann. Sci. Terre, Bordeaux, Soc. Geol. Fr. (ed.) : 290.

LADD J.W., SHIH T.C., TSAI C.J., 1981. - Cenozoic Tectonics of Central Hispaniola and Adjacent Caribbean Sea. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 65 : 466-489.

MANN P., HEMPTON M.R., BRADLEY D.C., BURKE K., 1983. - Development of Pull-apart Basins. J. Geol., 91 : 529-554.

MAURRASSE F., HUSLER J., GEORGES G., SCHMITT R., DAMOND P., 1979. - Upraised Caribbean sea-floor below acoustic reflector B" at the Southern Peninsula of Haiti. Geol. en Mijnbouw, 58 : 71-83.

McCANN W.R., 1985. - On the earthquake hazards of Puerto Rico and the Virgin Islands. Bull. Seism. Soc. Am., 75, 1 : 251-262.

MINSTER J.B., JORDAN T.H., 1978. - Present - day plate motions. J. Geophys. Res., 83, B11 : 5331-5354.

SAUNDERS J.B., EDGAR N.T., DONNELLY T.W., HAY W.W., 1973. - Cruise synthesis. In: Initial Reports of the D.S.D.P., 15, N.T. EDGAR, J.B. SAUNDERS et al., Washington, U.S. Government Printing Office : 1077-1111.

SYKES L.R., EWING M., 1965. - The seismicity of the Caribbean Region. J. Geophys. Res., 70, 20 : 5065-5074.

LISTE DES PUBLICATIONS

BOUYSSÉ P., MASCLE A., MAUFFRET A., MERCIER de LEPINAY B., JANY I., LECLERC-VANHOEVE A et MONTJARET M.C., 1988.- Reconnaissance de structures tectoniques et volcaniques sous-marines de l'arc interne des Petites Antilles (Kick'em Jenny, Qualibou, Montagne Pelée, Nord-Ouest de la Guadeloupe. Marine geology, 81, 261-28.

JANY I., MAUFFRET A., BOUYSSÉ P., MASCLE A., MERCIER de LEPINAY B., RENARD V. and STEPHAN J.F., 1987.- Relevé bathymétrique Seabeam et tectonique en décrochement au Sud des îles Vierges (Nord-est Caraïbes). C.R.Acad.Sci., Paris, t. 304 ,p.527-532.

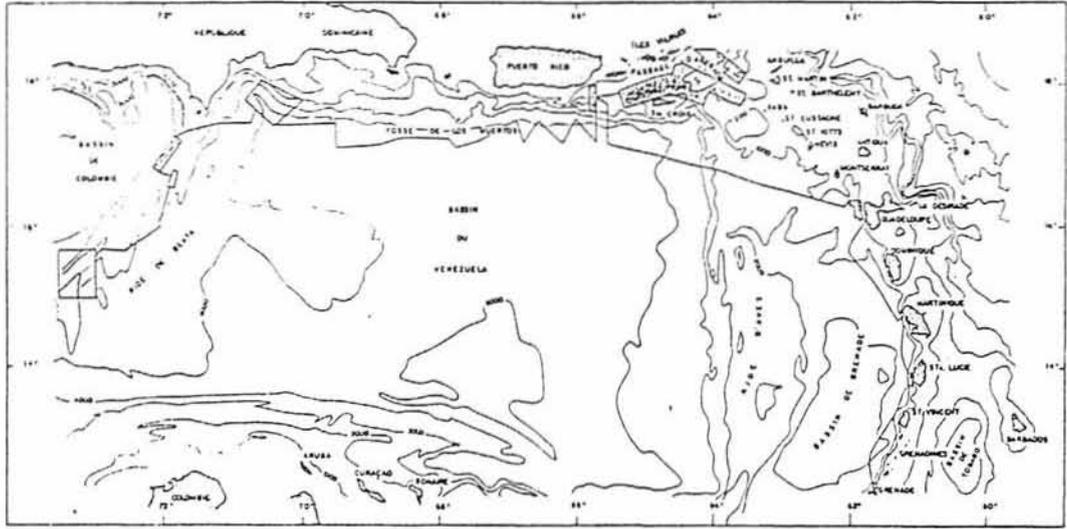
JANY I., SCANLON K. , and MAUFFRET A. Geological interpretation of combined Seabeam, Gloria and Seismic data from Anegada Passage (Virgin Islands, North Caribbean). Soumis à Marine Geophysical Research.

MAUFFRET A., BOUYASSE P., MASCLE A., MERCIER de LEPINAY B., RENARD V., STEPHAN J.F., SAVOYE B., JANY I., HERNANDEZ E.M., LECLERC A., MONTJARET M.C., 1985.- Premiers résultats de la campagne Seacarib. SGF, réun. Océans, Bordeaux 2-3 déc. 1985, p. 33.

MAUFFRET A., BOUYASSE P., MASCLE A., MERCIER de LEPINAY B., RENARD V., STEPHAN J.F., SAVOYE B., JANY I., HERNANDEZ E.M., LECLERC A. and MONTJARET M.C., 1986.- First results of the Seacarib cruise. 11e Caribbean Geological Conférence 20-26 july 1986, La Barbade.

MAUFFRET A., JANY I., MERCIER de LEPINAY B., BOUYASSE P., MASCLE A., RENARD V. and STEPHAN J.F., 1986.- Relevé au sondeur multifaisceaux du bassin des îles Vierges (extrémité orientale des Grandes Antilles) : rôle de l'extension et des décrochements. C.R.Acad.Sci., Paris, t.303, p.923-928.

MERCIER de LEPINAY B., MAUFFRET A., JANY I., BOUYASSE P., MASCLE A., RENARD V., STEPHAN J.F et HERNANDEZ E., 1988.- Une collision oblique sur la bordure nord-caraibe à la jonction entre la ride de Beata et la fosse de Muertos . C.R.Acad.Sci.,Paris. t. 307, p. 1289-1296.



A

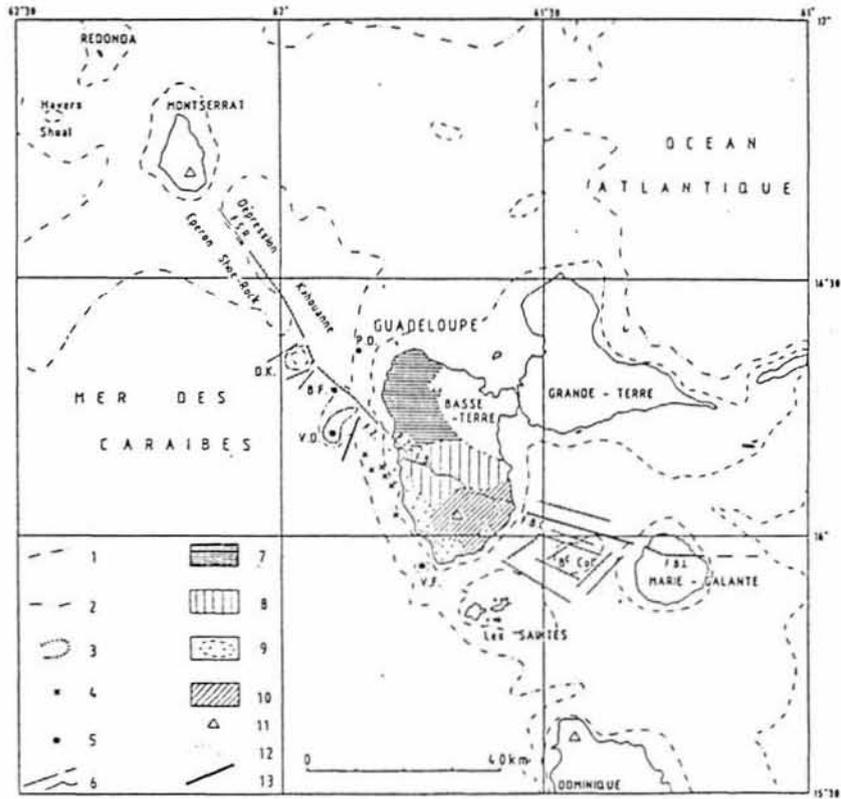
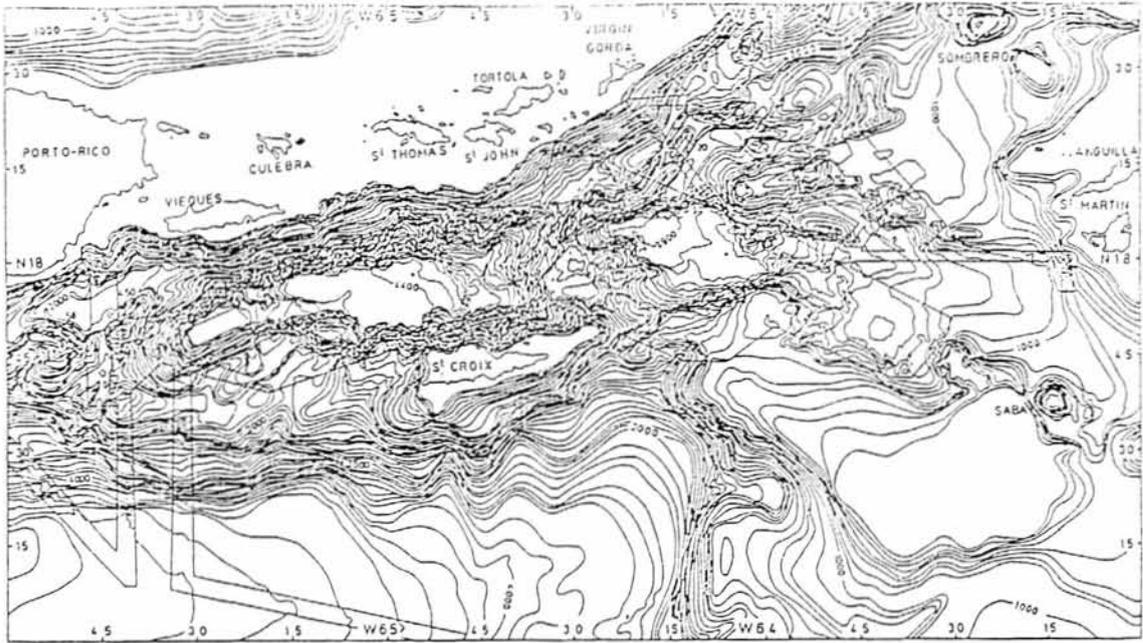
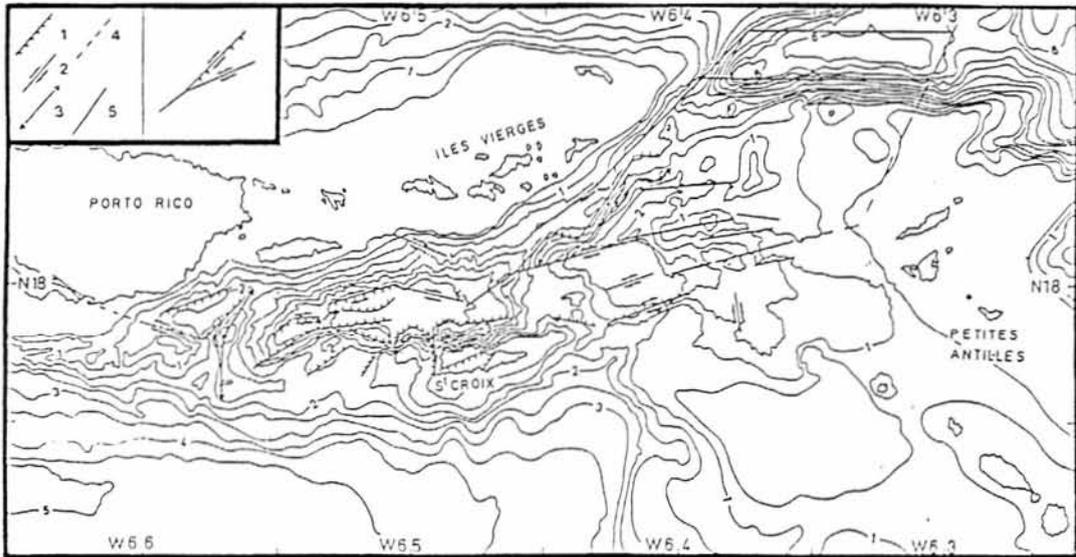


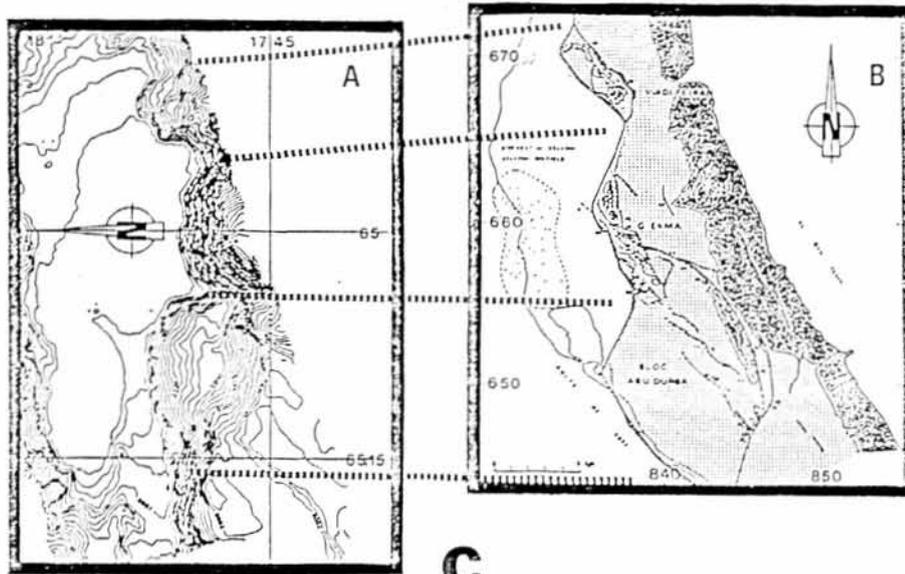
Figure 1



A

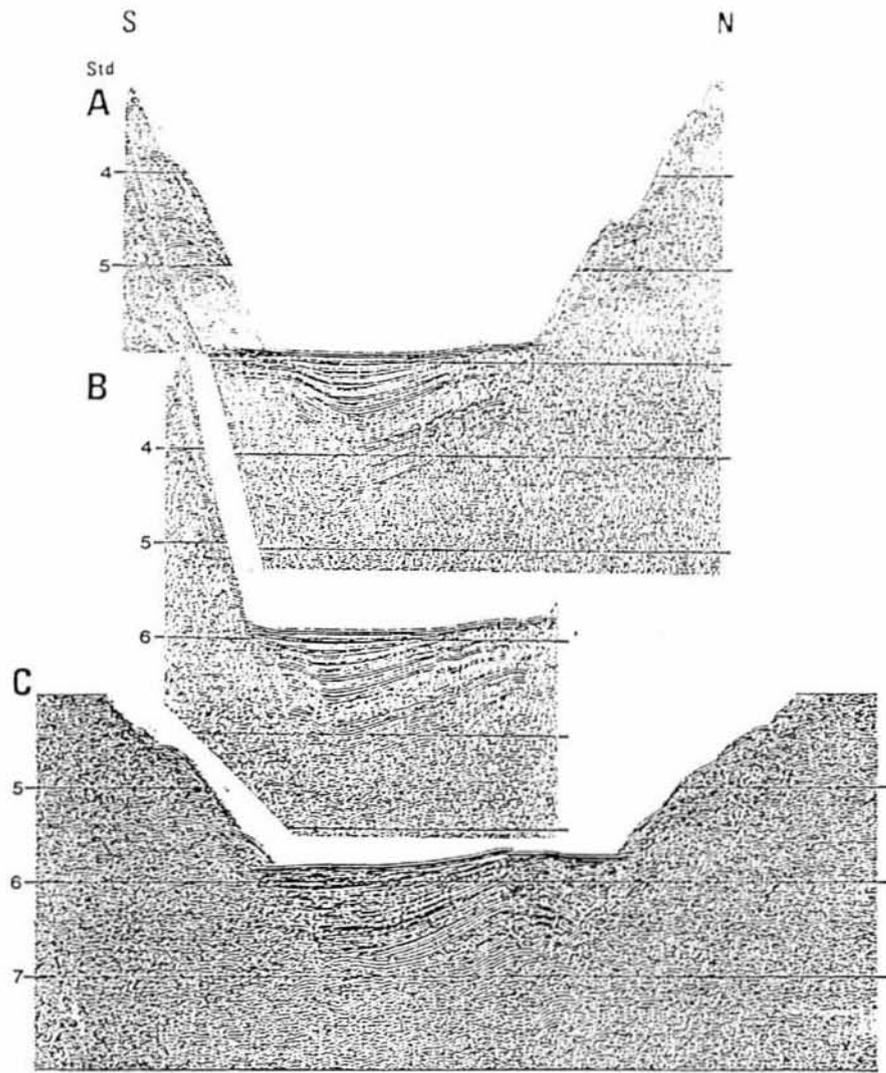


B

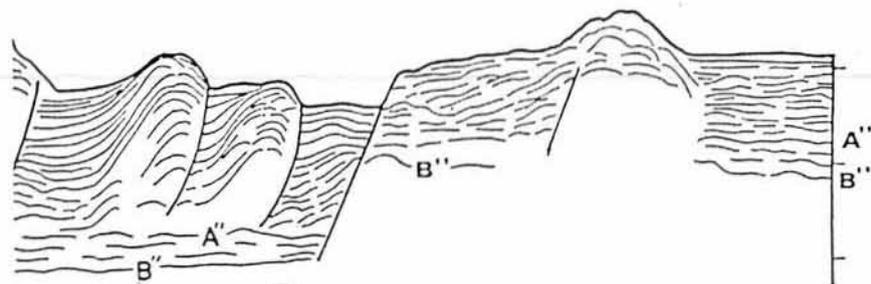
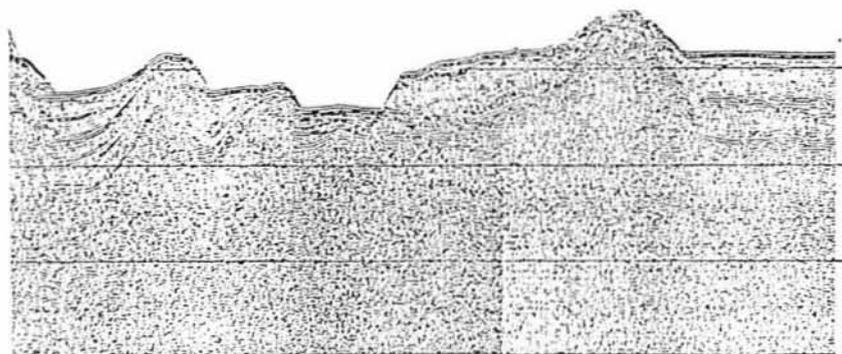
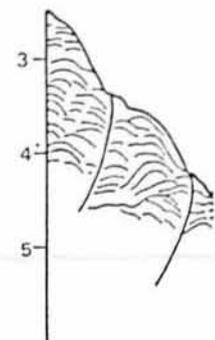
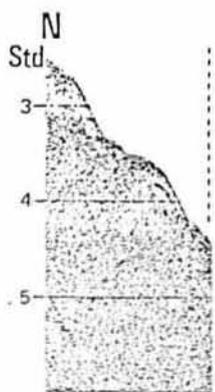


C

Figure 2

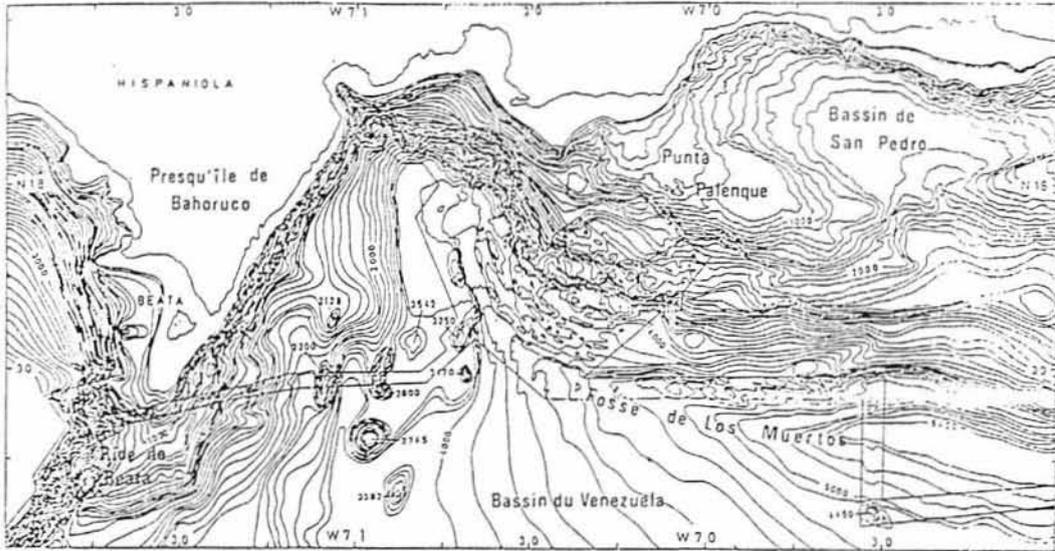


A

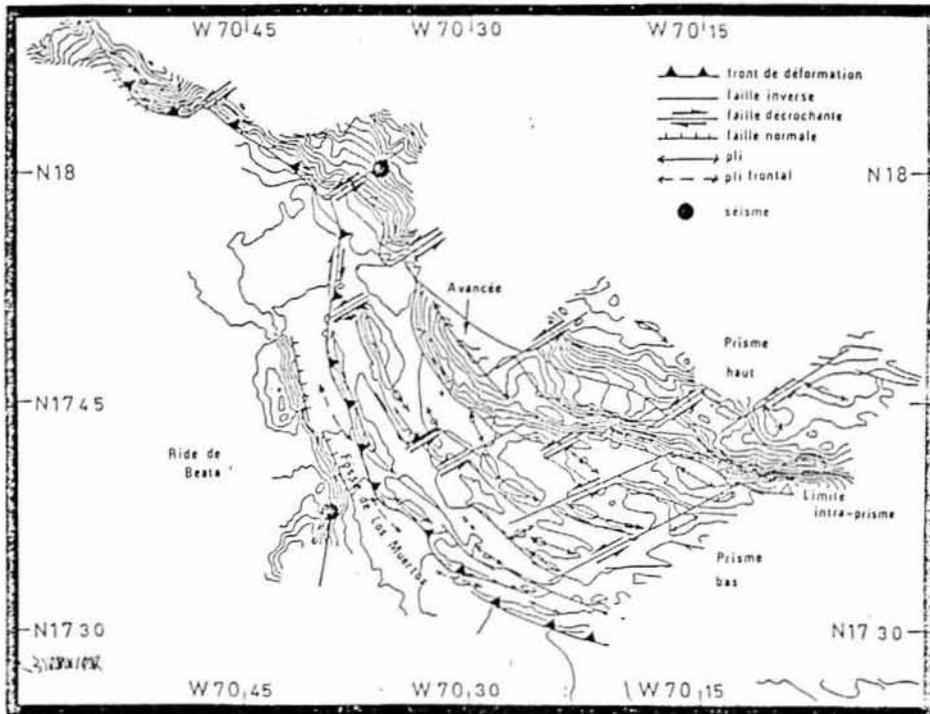


B

Figure 3
255



A



B

Figure 4