

Caraïbes
Seabeam
Poinçon
Tectonique d'expulsion
Transtension

Caribbean
Seabeam
Indenter
Tectonic escape
Transtension

Collision et tectonique d'expulsion le long de la frontière Nord-Caraïbe

Alain MAUFFRET, Isabelle JANY

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

Reçu le 15/09/89, révisé le 02/04/90, accepté le 10/04/90.

RÉSUMÉ

Au cours de la campagne Seacarib la région au sud des Grandes Antilles (Hispaniola et Puerto Rico) a été étudiée d'une façon détaillée par des levés bathymétriques (Seabeam), gravimétriques, magnétiques et sismiques saisis numériquement. La fosse de Los Muertos disparaît à l'Ouest au niveau de la Ride de Beata. Le passage à terre du prisme d'accrétion de Muertos et la similitude entre les séries volcaniques de la Ride de Beata et celles de la Presqu'île Sud d'Haïti suggèrent une collision entre le poinçon de la Ride de Beata et le bloc nord d'Hispaniola. Plus à l'est, la largeur du prisme diminue et la fosse de Los Muertos a probablement une composante décrochante senestre. Ces coulissements se situeraient en arrière du prisme avec des rotations anti-horaires de blocs et le décrochement senestre qui traverse l'île de Puerto Rico. Enfin, la fosse de Muertos disparaît, à la hauteur de S^c Croix et un régime transtensif devient prédominant dans la région d'Anegada. Les failles normales et décrochantes, les alignements volcaniques, la disposition et les formes des bassins et des zones hautes sont compatibles avec un régime transtensif dextre NE-SW à EW. La plaque Caraïbe dérive vers l'est par rapport à la plaque Amérique du Nord mais le blocage d'Hispaniola entre les mâchoires de la Ride de Beata et des Bahamas produit une expulsion latérale vers le NE du bloc de Puerto Rico.

Oceanologica Acta, 1990. Volume spécial **10**, Actes du colloque Tour du Monde Jean Charcot, 2-3 mars 1989, Paris. 97-116.

ABSTRACT

Collision and tectonic escape along the northern boundary of the Caribbean plate

During the Seacarib cruise the region south of the Greater Antilles (Hispaniola and Puerto Rico) has been investigated. During this survey we recorded continuously Seabeam, magnetic, gravity and seismic digitized data. The Muertos trough disappears toward the west where the Beata Ridge reaches the trough. The volcanic rocks outcropping in the Southern Peninsula of Haïti and those of Beata Ridge have the same composition. These oceanic rocks and the emergence of the Muertos prism suggest a collision between Beata Ridge indenter and the northern block of Hispaniola. Toward the east the accretionary prism is narrow and the Los Muertos Tranch has a probable left-lateral strike-slip component. This strike-slip motion may induce the counter-clockwise of blocks and the activity of the left-lateral fault which crosses Puerto Rico. South of Ste Croix the Los Muertos trough disappears and a transtensive regime becomes predominant in the Anegada Region. Normal faults, strike-slip faults, volcanic lines, emplacement and shape of basins and ridges are in agreement with a dextral shear which trends NE-SW to E-W. The Caribbean Plate has an eastward motion relative to the America Plate; however the crushing of the northern Hispaniola Block between two jaws, Beata Ridge and Bahamas Bank, leads to the northeastward tectonic escape of the Puerto Rico Block.

Oceanologica Acta, 1990. Volume spécial **10**, Actes du colloque Tour du Monde Jean Charcot, 2-3 mars 1989, Paris. 97-116.

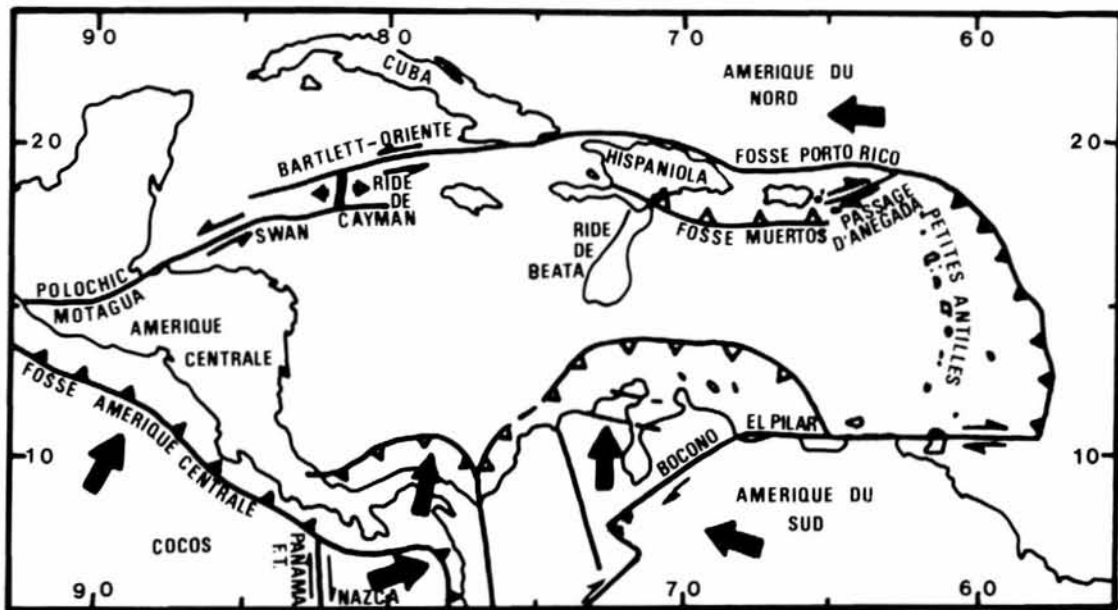


Figure 1

Limite de la plaque Caraïbe. Les flèches indiquent les mouvements relatifs des différentes plaques par rapport à la plaque Caraïbe (Jordan, 1975). Les Iles d'Hispaniola et de Puerto Rico (Ouest d'Hispaniola) sont encadrée au nord par la fosse de Puerto Rico et au sud par la fosse de Los Muertos. Cette dernière fosse est limitée à l'ouest par la Ride de Beata et à l'est elle disparaît au niveau du passage d'Anegada.
Caribbean Plate boundaries. Arrows show the relative motions between the different plates and the Caribbean Plate (Jordan, 1975). Hispaniola and Puerto Rico (east of Hispaniola) are limited to the north and south by the Puerto Rico and Los Muertos Trenches respectively. The Los Muertos Trench is bounded westward by the Beata Ridge and disappears eastward in the vicinity of Anegada Passage.

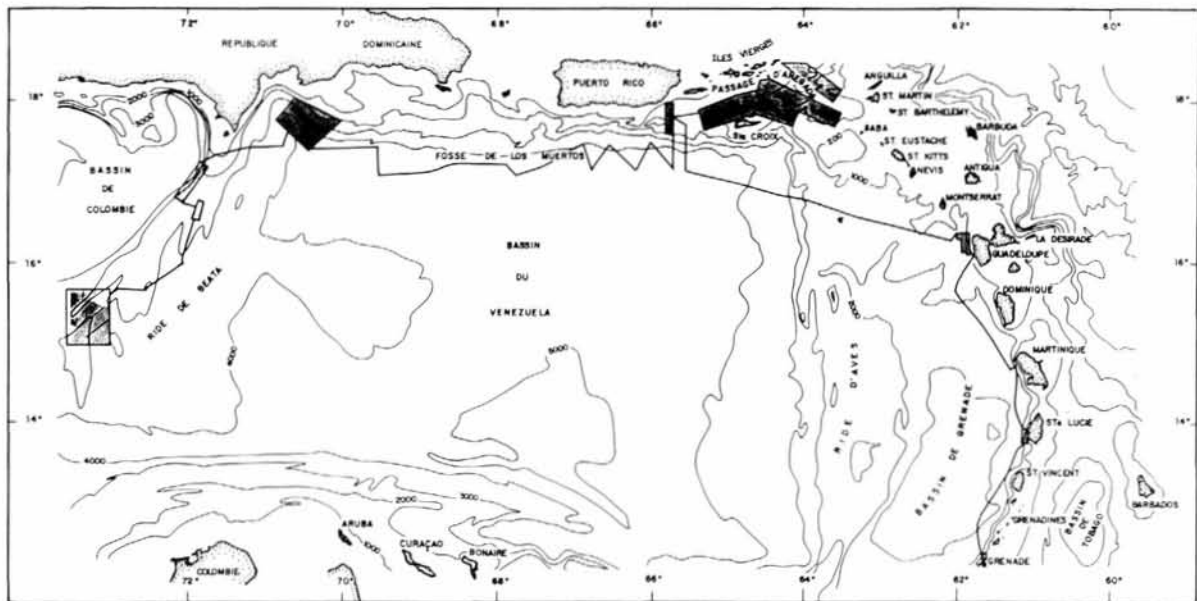


Figure 2

Tracé des routes de la campagne Seacarib. Les levés de détail des zones Anegada et Muertos occidentale forment la base de cet article.
Seacarib tracks. The site surveys of Anegada Passage and Western Muertos Trench are the scientific base of the present article.

INTRODUCTION

D'après les modèles cinématiques la plaque Caraïbe se déplace vers l'ouest par rapport aux plaques Amériques du Nord et du Sud. La limite nord peut être tracée depuis le système des failles Polochic-Motagua, les failles Swan, Bartlett-Oriente encadrant le petit axe d'expansion de Cayman, le système complexe nord Hispaniola-fosse de Puerto-Rico, où la sismicité et les profils sismiques montrent que la compression et le coulisement jouent un rôle important. Au sud des grandes Antilles, des indices de compression au niveau de la fosse de Muertos (Matthews and Holcombe, 1976; Ladd *et al.*, 1981) et des bassins en extension dans le passage d'Anegada montrent qu'il existe une limite secondaire au sud des Grandes Antilles. La zone compressive de Muertos émerge dans l'île d'Hispaniola (Biju-Duval *et al.*, 1982) à l'endroit où la ride de Beata est en continuité avec le sud de l'île (fig. 1).

Dans le but d'étudier les modalités du passage de la distension (passage d'Anegada) à la compression (fosse de Muertos) et la relation entre les structures terrestres et marines dans la région d'Hispaniola (émergence du prisme d'accrétion et mise en place à terre de basaltes océaniques) la campagne Seacarib (fig. 2) a été organisée par un ensemble d'organismes (Université de Bretagne Occidentale, Institut Français de Recherche et d'Exploitation de la Mer, Bureau de Recherche Géologique et Minière, Institut Français du Pétrole, Université Pierre et Marie Curie). L'utilisation du navire américain R.D. Conrad, résultait

d'un accord d'échange de temps bateau entre l'IFREMER et l'UNOLS (organisme américain de gestion des bateaux). Les données de la campagne Seacarib dans la zone présentée ont été analysées dans le cadre de la thèse d'I. Jany (1989).

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Le R/D Conrad était équipé d'un sondeur multi-faisceaux (Seabeam) d'un gravimètre et d'un magnétomètre qui ont enregistré les données en continu. Ces données ont été traitées au Bureau National des Données Océanographiques. La navigation était assurée par les systèmes GPS et Transit. Les sources utilisées pour la sismique réflexion continue se composaient de deux canons S80 synchronisés du R/D Conrad habillés de poissons (fournis par l'IFREMER). La flûte d'enregistrement haute-vitesse était d'origine française. L'enregistrement analogique, effectué par l'intermédiaire de trois appareils type EDO, a donné une image très mauvaise (exagération verticale vertigineuse, pannes fréquentes). Heureusement l'enregistrement a également été saisi sous forme numérique toutes les millisecondes. Nous avons traité ces données au Lamont-Doherty Geological Observatory en utilisant un programme qui nous a permis de faire varier un certain nombre de paramètres : décimation, filtres gain variable, égalisation des traces, définition de la longueur des «arches» et de leur écartement. Nous avons choisi la décimation $\times 2$ (une

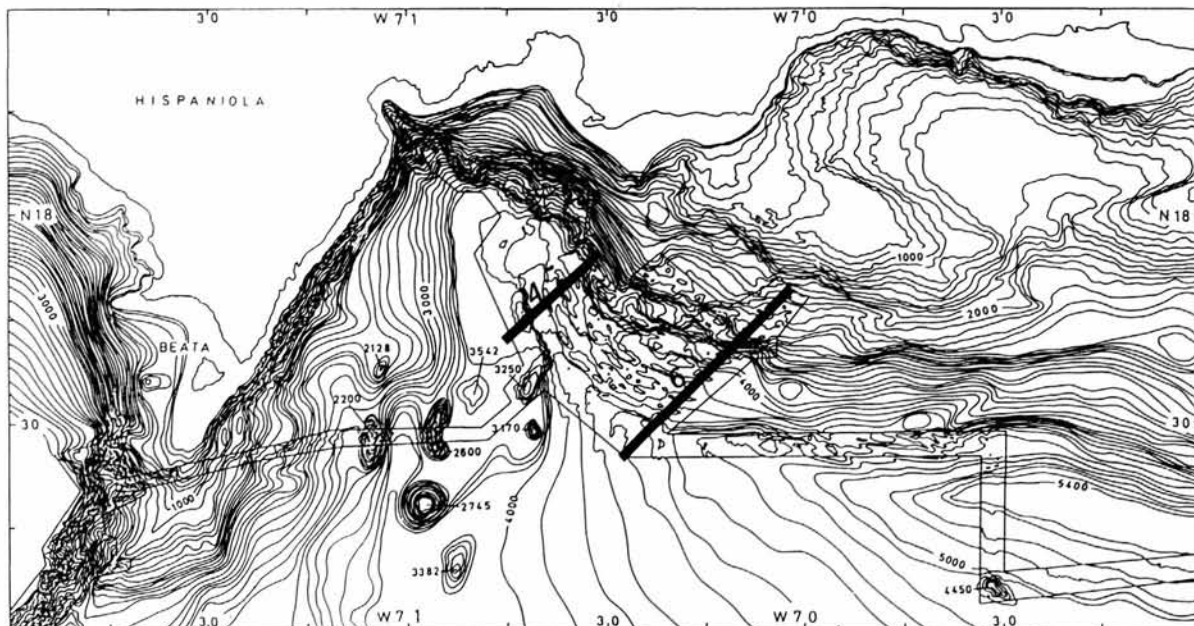


Figure 3

Carte bathymétrique de la région occidentale de la fosse de Los Muertos dessinée à partir des levés de la campagne Seacarib et complétée par les données de Ladd *et al.* (1981) et communication des cartes originales, et celles publiées par Case et Holcombe (1980). Equidistance 100 mètres. Le prisme d'accrétion de Muertos tourne brutalement vers le nord à l'endroit où des montagnes sous-marines, situées sur les contreforts de la Ride de Beata, arrivent en contact avec la fosse. Les lignes noires indiquent la position des profils sismiques illustrés figs. 4 et 6.

Bathymetric map of the western Los Muertos Trench. The data base is mainly from Seacarib cruise with addition of Ladd et al. (1981) data and original chart provided by Ladd and completed with the Case and Holcombe's map (1980). Contour interval: 100 metres.

The Muertos accretionary prism swings abruptly toward the north when the seamounts belonging to the Beata Ridge reach the trench. Black solid lines indicate positions of seismic lines shown in Fig. 4 and 6.

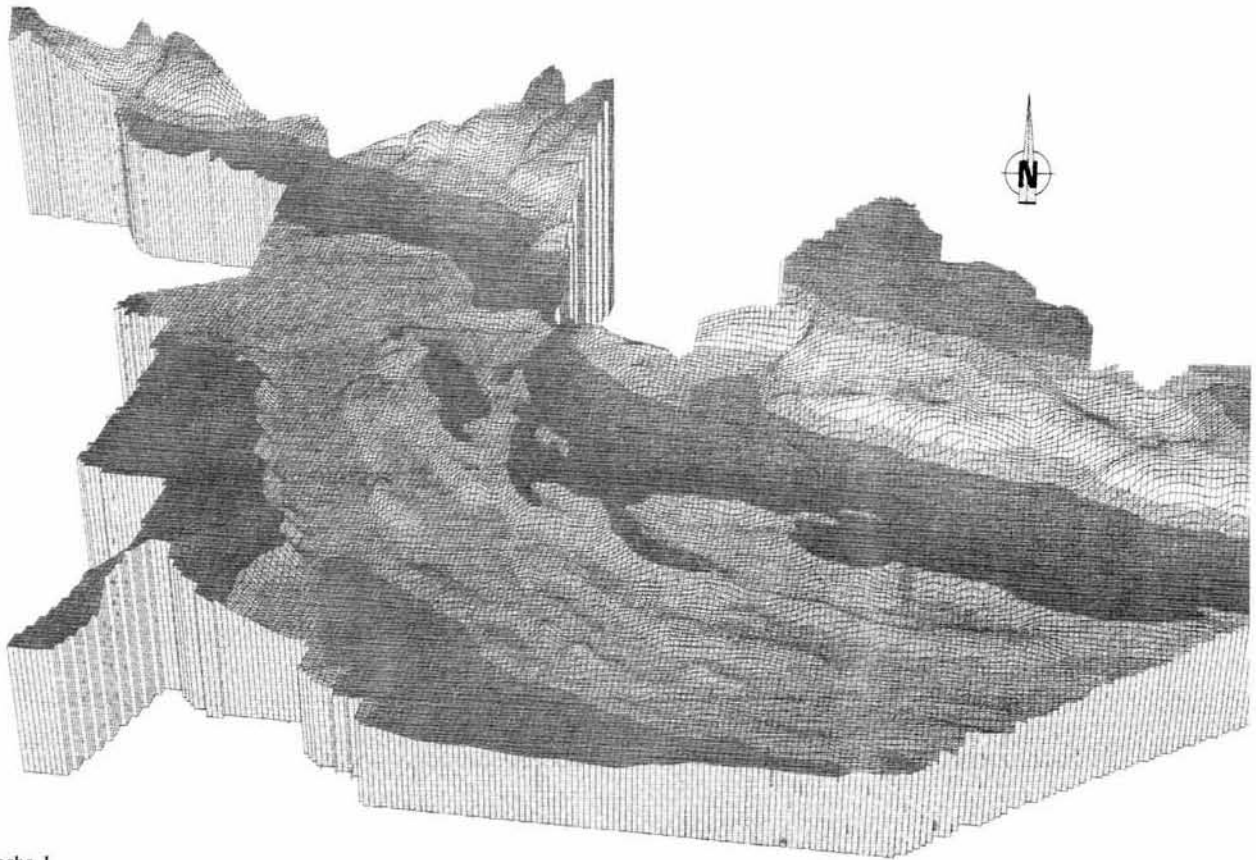


Planche I

Bloc diagramme de la fosse de Los Muertos vu du sud. On remarque la ride de Beata, les plis dans le prisme bas qui disparaît au nord et la virgation de la fosse.

Fish's view from the south of the Los Muertos Trench which shows the Beata Ridge (on the left), the folds in the lower prism which disappears to the north and the acute swing of the trench.

valeur toute les 2 millisecondes, plage d'enregistrement 2 secondes), des filtres 30-120 Hz, un gain variable, une séparation entre traces de 0,05 inches et une égalisation sur 100 tirs. Ces paramètres fournissent des profils avec une exagération verticale raisonnable ($\times 7.8$ pour 1 500 m/s) et une bonne définition sur les sorties Versatec.

LA TERMINAISON OCCIDENTALE DE LA FOSSE DE MUERTOS

La fosse de Muertos s'étend sur plus de 700 kilomètres de long depuis le sud de l'île de Puerto-Rico jusqu'à l'île d'Hispaniola. Elle est bordée au nord par un prisme d'accrétion qui chevauche les séries sédimentaires et le socle du bassin du Vénézuéla. A l'approche de la péninsule de Barahona au sud d'Hispaniola, la fosse et le prisme s'infléchissent brutalement vers le nord. Cette région a fait l'objet d'une étude de détail au cours de la campagne Seacarib (fig. 3, pl. I). Le prisme est divisé en deux parties par une falaise de plus de 1 000 mètres de commandement : une zone basse composée de petits anticlinaux et chevauchements et une zone haute qui d'après nos profils (fig. 4) et surtout ceux de sismique multitraces (Ladd *et al.*, 1981; Biju-Duval, *et al.*, 1982) chevauche la zone basse le long d'une faille plate. Cette falaise se poursuit

jusqu'à proximité de la côte d'Hispaniola alors que le prisme bas disparaît peu après sa virgation vers le nord. La croûte du bassin du Vénézuéla, sa couverture sédimentaire et les nombreux volcans portés par la plaque plongeante sont chevauchés par le prisme (fig. 4). Ce plongement de la croûte caraïbe est bien illustré par la carte des anomalies magnétiques (fig. 5). En effet dans le bassin du Vénézuéla les anomalies magnétiques sont orientées N45 (Donnelly, 1973), peut-être sous l'effet d'une expansion océanique (Gosh *et al.*, 1984), et ce grain magnétique est particulièrement clair sous le prisme. La ride de Beata, également de direction générale N45 s'étend depuis la presqu'île de Bahrucó (Hispaniola, fig. 3) jusqu'à proximité de la côte du Vénézuéla. Ses contreforts orientaux sont jalonnés par de nombreuses montagnes sous-marines (fig. 3). Deux de ces pics figurent sur la carte seabeam levée au cours de la campagne Seacarib (fig. 3). Les profils sismiques (fig. 6) montrent clairement que ces pics sont affectés par des failles normales au contact de la fosse avant le plongement de la croûte caraïbe sous le prisme. Le sommet le plus sud est localisé à l'aplomb d'une anomalie magnétique (329 nT, fig. 5), le second est normal au grain magnétique (fig. 5). La plus importante anomalie de la région, 431 nT, est située sous le front du prisme (fig. 5). Elle pourrait trahir la présence d'un mont appartenant à la ride de Beata en voie de subduction, mais ce mont n'a pu être décelé sur les profils sismiques d'une qualité assez pauvre à cet endroit.

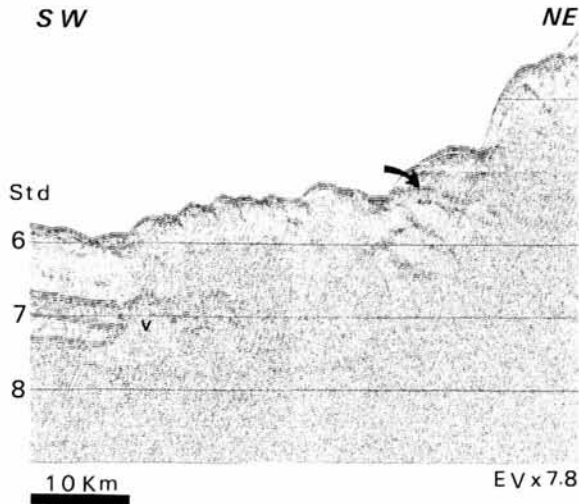


Figure 4

Profil sismique illustrant la subduction du bassin du Venezuela sous le prisme d'accrétion de Muertos. Localisation fig. 3. Ce prisme est divisé en deux parties : une zone basse, à l'aspect chaotique et probablement composée de plis et failles inverses et une zone haute séparée de la première par une falaise. Au pied de la falaise on distingue quelques réflecteurs peu inclinés (flèche courbe). Les profils multitraces (Ladd *et al.*, 1981; Biju-Duval *et al.*, 1982) indiquent qu'au pied de la falaise un chevauchement plat sépare la zone haute et la zone basse. Sous le front du prisme un volcan (v) est en voie de subduction.

*This seismic profile shows the subduction of the Venezuela Basin under the Muertos accretionary prism. For location refer to Fig. 3. This prism can be divided into two parts : a lower area where the chaotic nature of the reflectors indicates probable folds and reverse faults and an upper area separated from the first one by a cliff. At the foot of this cliff some flat reflectors (curved arrow) can be seen. A shallow-dipping overthrust of the upper prism is indicated by the multichannel seismic profiles (Ladd *et al.*, 1981 and Biju-Duval *et al.*, 1982). Below the toe of the prism a volcano (v) is being subducted.*

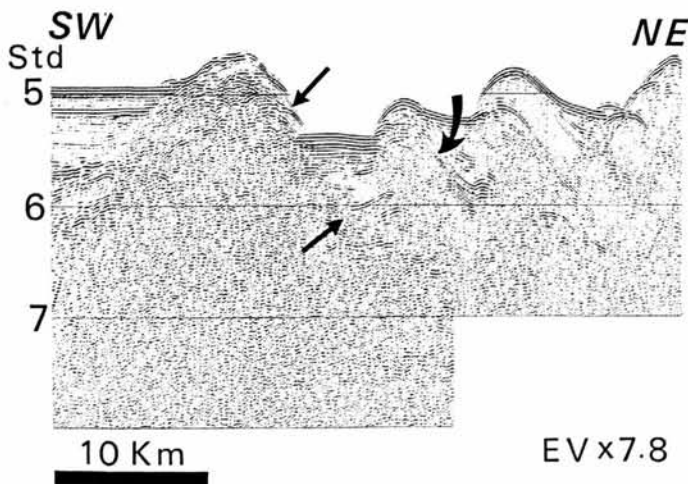


Figure 6

Profil sismique illustrant le contact entre la Ride de Beata et la Fosse de Los Muertos. Localisation fig. 3. Le dernier contrefort de la ride de Beata est limité par une faille normale (flèche droite). La fosse et le prisme d'accrétion (partie basse) sont très étroits. On distingue les plis (flèche courbe) qui composent le prisme.

The seismic profile shows a seamont of the Beata Ridge reaching the trench. This feature is bounded by a normal fault (straight arrow). The Los Muertos trench and the lower accretionary prism are narrow. The folding of the prism (curved arrow) is clear.

L'analyse structurale (fig. 7) souligne la relation étroite entre la virgation du prisme et l'arrivée à la fosse des contreforts de la ride de Beata, la disposition des anticlinaux et plis séparés par des rampes latérales et la disparition du prisme bas sous le prisme haut chevauchant. Cette disposition suggère un poinçonnement de la ride de Beata et une collision oblique de cette ride et du bâti nord d'Hispaniola (Mercier de Lepinay *et al.*, 1988). En effet la ride de Beata, la presqu'île de Bohoruco, la presqu'île sud d'Haïti (fig. 8) et le centre d'Haïti (Vila *et al.*, 1988) appartiennent à un même ensemble composé de laves cré-

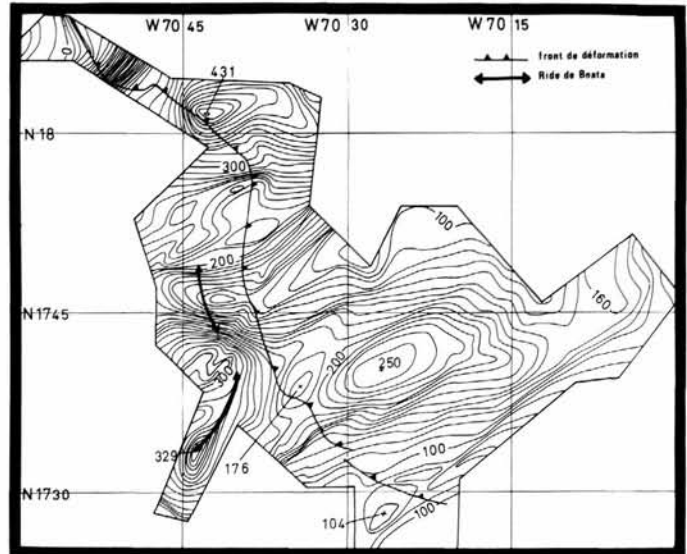


Figure 5

Carte des anomalies magnétiques. Equidistance : 10nT. Cette carte montre le passage sous le prisme de la croûte du bassin du Venezuela. On distingue des anomalies orientées N45 qui sont en continuité avec celles du bassin (Donnelly, 1973; Gosh *et al.*, 1984). Sur le pic méridional de la Ride de Beata on identifie une anomalie magnétique (329 nT) alors que le pic septentrional est orthogonal à la linéation magnétique. Une anomalie de 431 nT, située sous le front du prisme, pourrait être située à l'aplomb d'un mont de la ride de Beata en voie de subduction.

*Magnetic anomaly map. Contour interval : 10 nT. This map shows the subduction of the Venezuela Basin. The magnetic anomalies have the same trend as those of the Venezuela Basin (Donnelly, 1973; Gosh *et al.*, 1984). The southern seamont belonging to the Beata Ridge is correlated with a magnetic anomaly (329 nT) whereas the northern one is normal to the magnetic trend. A magnetic anomaly, 431 nT high, located under the accretionary front, could be a magnetic expression of a seamont belonging to the Beata Ridge which is subducting.*

tacées d'origine tholéiitique (Saunders *et al.*, 1973; Maurasse *et al.*, 1979; Desreumaux, 1987; Sen *et al.*, 1988) qui se sont accumulées pour former un plateau océanique épais de plus de 10 kilomètres sous la ride de Beata (Edgar *et al.*, 1971). L'épaisseur de ce plateau l'empêche de subduire dans la fosse de Muertos (Burke *et al.*, 1978). Des données paléomagnétiques (van Fossen and Channell, 1988) suggèrent également que la presqu'île Sud d'Haïti était séparée du nord d'Hispaniola par plusieurs centaines de kilomètres. La forme très particulière de cet ensemble presqu'île sud d'Haïti-ride de Beata, en boomerang, tra-

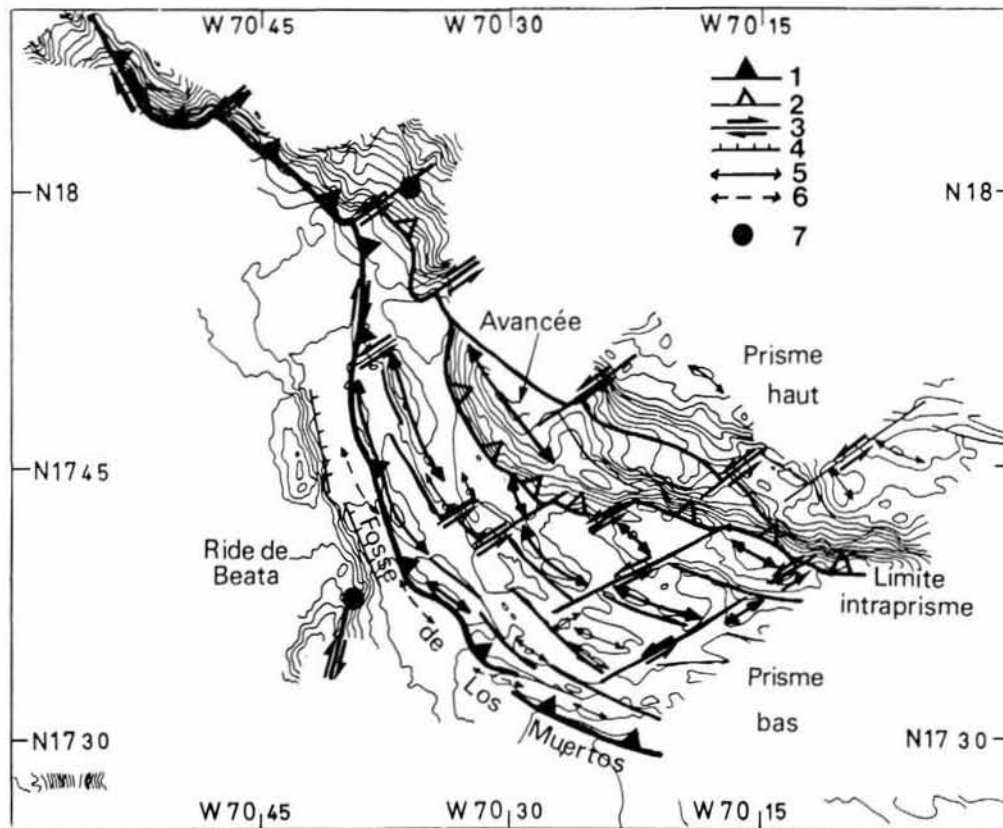


Figure 7

Interprétation structurale de la terminaison occidentale de la Fosse de Los Muertos. Légende. 1 : front du prisme. 2 : chevauchement du prisme haut sur le prisme bas. 3 : décrochement. 4 : faille normale. 5 : anticlinal et plis. 6 : pli frontal dans la fosse. 7 : séisme. Le prisme haut chevauche (triangle ouvert) le prisme bas qui est composé de plis séparés par des rampes latérales. Le prisme bas disparaît vers le nord alors que la pente du front de déformation s'accroît.

Tectonic sketch of the western Muertos Trench. 1 : toe of the prism. 2 : thrust of the upper prism on the lower prism. 3 : strike-slip fault. 4 : normal fault. 5 : anticline and fold. 6 : fold within the trench fill. 7 : earthquake. The upper prism overthrusts (open triangle) the lower prism which is deformed by folding and lateral ramps. The lower prism disappears toward the north and the front slope becomes steep.

duirait le balayage de la ride le long de l'accident décrochant d'Enriquillo-Plantain Garden (Mann *et al.*, 1984). Cette zone faillée, également nommée Accident Sud-Haïtien (Calmus, 1983; van der Berghe, 1983, Bienaimé Momplaisir, 1986) a guidé la dérive relative de la plaque caraïbe par rapport au bâti nord d'Hispaniola. La collision a entraîné l'émersion du prisme tectonique à terre (Sierras de Martin Garcia et de Neiba, Bourgois *et al.*, 1979; Bijudual *et al.*, 1982; 1984; fig. 8). La collision de la ride de Beata et l'intégration d'un fragment océanique (la presque île sud d'Haïti) par collage et/ou obduction rappelle celle du plateau d'Ontong Java (île de Malaita, Hugues and Turner, 1977; Ravenne *et al.*, 1982) ou du plateau d'Ogasawara-Ride de Michelson lorsqu'il arrive en subduction dans la fosse d'Izu-Bonin (Smoot, 1983). Toutefois l'absence de volcanisme et une sismicité relativement discrète, bien que quelques séismes en compression soient localisés dans le bassin de San Pedro (Byrne *et al.*, 1985) et que les séries sédimentaires récentes du bassin du Vénézuéla soient déformées au niveau de la fosse, suggèrent que la collision et la subduction le long de la fosse de Muertos sont arrêtées ou de très faible ampleur.

Vers l'est la compression diminue, le prisme d'accrétion est de moins en moins large et finit par disparaître au

sud-est de Puerto Rico. On pourrait s'attendre à une composante en décrochement senestre importante mais les plis gardent une direction parallèle à la fosse. Il est possible qu'en fait le mouvement décrochant soit décalé vers le nord comme cela est fréquent dans les zones de subduction à composante oblique (Iles de la Sonde et Aléoutiennes, Ryan et Scholl, 1989). En effet la sismicité (Asensio, 1980) et les données structurales à terre (Joyce *et al.*, 1987) et en mer montrent que la Great Southern Fault Zone et son prolongement à l'ouest de Puerto-Rico, la Ride de Desecheo (Trumbull *et al.*, 1981), (Fig. 8) sont situées à l'emplacement de grandes failles de décrochement senestre. Ainsi la composante compressive serait absorbée au niveau de la fosse de Muertos tandis que la composante en coulissement se situerait en arrière, au niveau de l'île de Puerto Rico. Des failles décrochantes de moindre ampleur pourraient se situer le long des bords sud des bassins de San Pedro, Yuma et Mona (fig.8) qui ont une position de bassin avant arc mais qui peuvent s'interpréter comme des bassins formés par la rotation de blocs à l'intérieur du prisme de Los Muertos. Une telle interprétation est proposée pour la zone de subduction oblique des Aléoutiennes (Ryan et Scholl, 1989) et dans le cas du bassin de San Pedro elle s'appuie sur l'interprétation des mécanismes au foyer (voir plus loin) et sur des profils sismiques (Ladd *et al.*, 1981).

LA ZONE EN TRANSTENSION DU PASSAGE D'ANEGADA

Le passage (largo sensu) d'Anegada, situé entre l'île de S^c Croix et les Iles Vierges septentrionales présente une morphologie complexe (fig. 9) : des bassins fermés, bassin de Whiting (2 000 mètres), au sud-est de Puerto Rico, fossé des Iles Vierges (4 450 mètres), au nord-ouest de l'île de S^c Croix, bassin de S^c Croix (2 900 mètres) au nord-est de l'île du même nom, la dépression de Kallinago située entre l'arc volcanique ancien à l'est (Anguilla, S^c-Martin) et l'arc volcanique récent à l'ouest. Ces bassins sont bordés par des rides et des montagnes sous-marines, ride de Whiting (200 mètres), éperon (700 mètres) et banc de Saba (200 mètres) ride de Tortola (22 mètres), les monts Noroit et du Sud-Est (Andreiff *et al.*, 1987; Bouysse *et al.*, 1985a, b et c). A cette énumération des principales structures il faut ajouter le passage d'Anegada (*sensu stricto* étroite dépression entre la ride de Tortola et les Iles Vierges du nord. La carte des anomalies gravimétriques à l'air libre (fig. 10) souligne l'amincissement de la croûte au niveau des bassins. L'anomalie de -160 milligals mesurée au niveau du fossé des Iles Vierges correspond à une croûte de 10 kilomètres d'épaisseur selon la sismique réfraction (Officer *et al.*, 1957; Officer *et al.*, 1959) et les modèles gravimétriques (Shurbet *et al.*, 1956; Shurbet

et Worzel, 1957). De même l'anomalie de -75 milligal, mesuré au niveau de bassin de S^c Croix, devrait correspondre à un substantiel amincissement de la croûte. La carte des anomalies magnétiques (fig. 11) souligne l'étroite liaison entre les anomalies positives et les soubassements d'origine volcanique d'âge crétacé qui affleurent dans les Iles Vierges septentrionales (Donnelly, 1966) et sur le banc de Saba (Sa, fig. 11) où le socle andésitique crétacé a été foré (Nemec, 1980) et dragué (Bouysse *et al.*, 1985a et b). D'autres anomalies, plus localisées, sont associées à des structures volcaniques : le Banc Luymes (volcan andésitique daté de 3.6 Ma et lié à l'arc volcanique des petites Antilles, Bouysse *et al.*, 1981) au sud est de la carte (245 nT,L, fig. 11). Une forte anomalie est également localisée sur le Mont Whiting (coin sud-ouest de la carte, 335 nT, fig. 11) où des sédiments volcanoclastiques, d'âge inconnu, ont été dragués, Perfit, communication écrite). D'autres anomalies, moins importantes, sont reliées à des pics d'origine probablement volcanique (Jany *et al.*, 1987) : le Mont-Exocet, un volcan probable localisé sur le bord occidental du bassin de S^c Croix, est situé à l'emplacement d'un dipôle orienté est-ouest (182 nT,E, fig. 11); le Mont-Conrad (213 nT,C, fig. 11); Sword-Fish (-80 nT,SF, fig. 11); Shark (190 nT,S, fig. 11). Ces structures sont situées à proximité et pour certaines en continuité (les Monts Sword-Fish et Conrad) avec le Mont Noroit (N, fig. 11) où des laves calco-alcalines d'âge pliocène ont été draguées (Bouysse *et al.*, 1985a, b, et c).

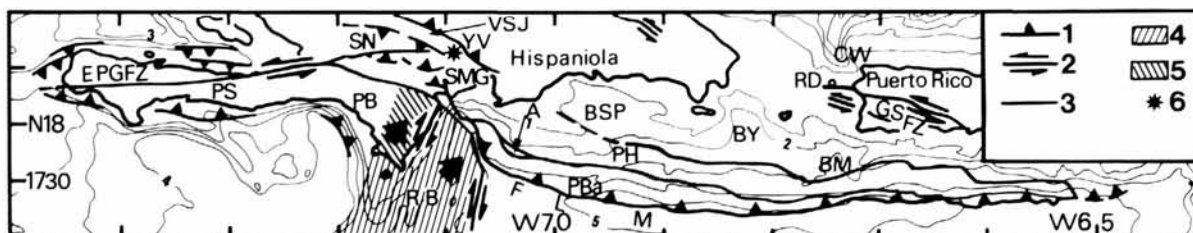


Figure 8

Schéma tectonique de la Fosse de Los Muertos. A : Avancée du prisme. B.M. : Bassin de Mona. BSP : Bassin de San Pedro. BY : Bassin de Yuma. CW : Chenal de Warson (terminaison sud du Canyon de Mona, Gardner *et al.*, 1980). EPGFZ : Enriquillo-Plantain Garden Fault (Mann *et al.*, 1984) également nommé Accident Sud Haïtien (Calmus, 1983; Van den Bergh, 1983). FLM : Fosse de Los Muertos. GSFZ : Great Southern Fault Zone. PB : presqu'île de Bahoruco. PBA : Prisme bas. PH : Prisme haut. PS : Presqu'île du Sud d'Haïti. RB : Ride de Beata. RD : Ride de Desecheo. SMG : Sierra Martin Garcia. SN : Sierra de Neiba. VSJ : Vallée de San Juan. YV : Volcan Pleistocène de Yayas de Viajama. Légende 1 : Chevauchement et front de déformation. 2 : Décrochement. 3 : Limite dans le prisme. 4 : Poinçon en mer. 5 : Poinçon à terre. 6 : Volcanisme Pleistocène.

La presqu'île du sud d'Haïti (PS) est composée des mêmes séries volcaniques que celles qui forment le tréfonds du bassin du Venezuela et la ride de Beata (RB, Maurasse *et al.*, 1979, Sen *et al.*, 1988). Cette presqu'île est traversée par l'Enriquillo-Plantain Garden Fault (Mann *et al.*, 1984). Le caractère globalement décrochant de cet accident est souligné par les chevauchements de part et d'autre de la presqu'île (structure en fleur) mis en évidence par Bienaimée-Momplaisir (1986). La ride Beata, étant donné son épaisseur, ne peut subduire, et provoque par poinçonnement la disparition de la fosse de Los Muertos et le passage à terre du prisme (Sierra de Martin Garcia (SMG), (Biju-Duval *et al.*, 1984) et de Neiba (SN), (Bourgeois *et al.*, 1979). Les bassins de San Pedro (BSP, Ladd *et al.*, 1981; Biju-Duval *et al.*, 1982) de Yuma (BY) et de Mona (BM) sont des bassins avant arc mais ils peuvent s'interpréter comme des bassins de sommet (Ryan and Scholl, 1989) formés à la suite de la rotation anti-horaire de blocs. Ces rotations seraient dues à la composante décrochante senestre de la fosse d'Hispaniola.

*Tectonic sketch of Los Muertos Trench. A : bulge of the upper prism. BM : Mona Basin. San Pedro Basin. BY : Yuma Basin. CW : Warson Channel (southern end of the Mona Canyon, Gardner *et al.*, 1980). EPGFZ : Enriquillo-Plantain Garden Fault (Mann *et al.*, 1984) also named Accident Sud Haïtien (Calmus, 1983; Van den Bergh, 1983). FLM : Los Muertos Trench. GSFZ : great Southern Fault Zone. PB : Bahoruco Peninsula. PBA : lower prism. PH : upper prism PS : South Peninsula of Haïti RB : Beata Ridge. RD : Desecheo Ridge. SMG : Martin Garcia Sierra. SN : Neiba Sierra. VSJ : San Juan Valley. YV : Yayas de Viajama Pleistocene Volcano.*

Legend. 1 : thrust and deformation front. 2 : strike-slip fault. 3 : intra-prism boundary. 4 : offshore indenter. 5 : on land indenter. 6 : Pleistocene volcanism.

*The volcanic rocks which crop out in the South Peninsula of Haïti and these which form the basement of the Venezuela Basin and the Beata Ridge have the same composition (Maurasse *et al.*, 1979; Sen *et al.*, 1988). This peninsula is crossed by the Enriquillo-Plantain Garden Fault (Mann *et al.*, 1984). The strike-slip motion of this fault is outlined by the thrusts north and south of the Peninsula respectively (flower structure, Bienaimée-Momplaisir, 1986). The Beata Ridge is too thick to subduct and collides with the northern Hispaniola Block. This collision leads to the emergence of the accretionary prism which crops out in the Martin Garcia Sierra (Biju-Duval, 1982) and Neiba Sierra (Bourgeois *et al.*, 1979). San Pedro (BSP, Ladd *et al.*, 1981; Biju-Duval, 1982), Yuma (BY) and Mona (BM) have fore arc basin characteristics, however they may have been formed by the counter-clockwise rotation of blocks (Ryan and Scholl, 1989). These rotations may be linked to the left-lateral component of the Muertos Trench.*

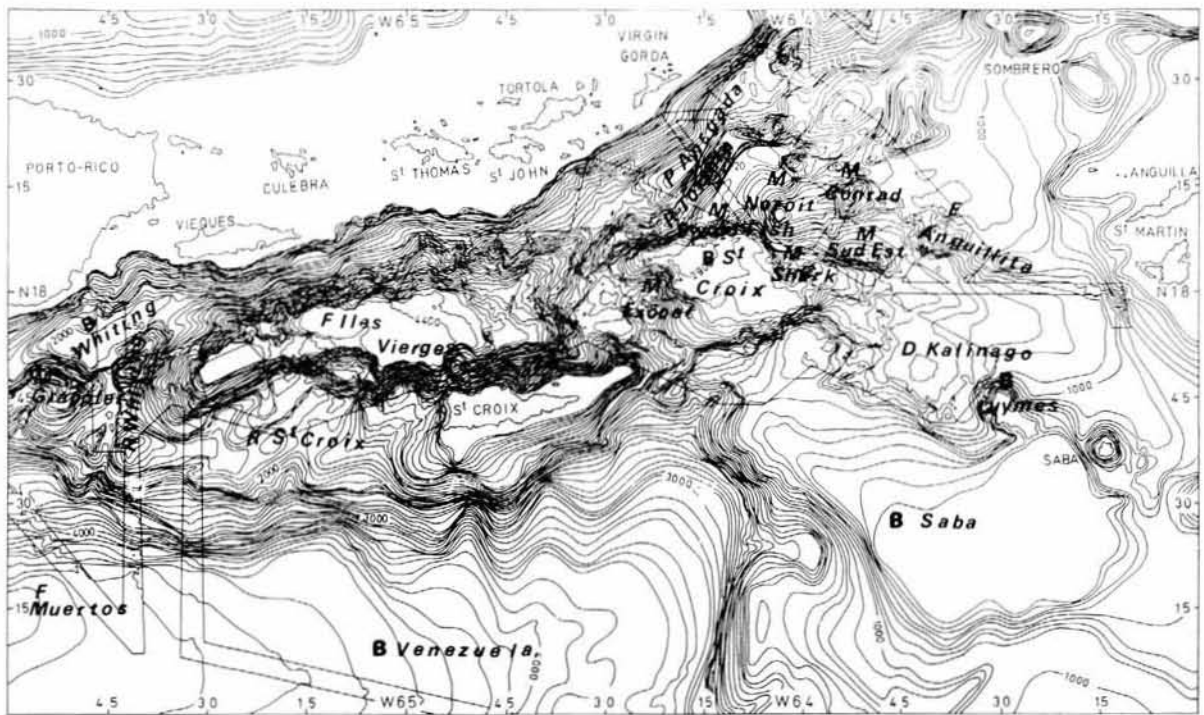


Figure 9

Carte bathymétrique de la zone d'Anegada (*sensu largo*) basée sur les levés de la campagne Seacarib et complétée par les cartes publiées par Trumbull *et al.*, (1981), Bouysse *et al.*, (1985a) et Bowles et Egloff, (1982). Equidistance : 100 mètres. Les principaux bassins sont indiqués : Whiting, (Fossé) Iles Vierges, S^{te}-Croix, (dépression) Kalinago, (Passage d'Anegada ainsi que les monts et rides sous-marins ; Grappler, Whiting, S^{te}-Croix, Tortola, (Banc) Saba, Exocet, Sword Fish, Noroit, Conrad, Shark, Sud Est et (Eperon) d'Anguillita.
 Bathymetric map of the Aneгада region drawn from Seabeam data (Seacarib) with addition of data from published maps (Trumbull *et al.*, 1981; Bouysse *et al.*, 1985a; and Bowles and Egloff, 1982). Contour interval : 100 metres. The main basins are indicated : Whiting, Virgin Islands trough, St Croix, Kalinago, Anegada Passage, as well as the main seamounts and ridges : Grappler, Whiting, St Croix, Tortola, Saba Bank, Exocet, Sword Fish, Noroit, Conrad, Shark, Sud Est and Anguillita Spur.

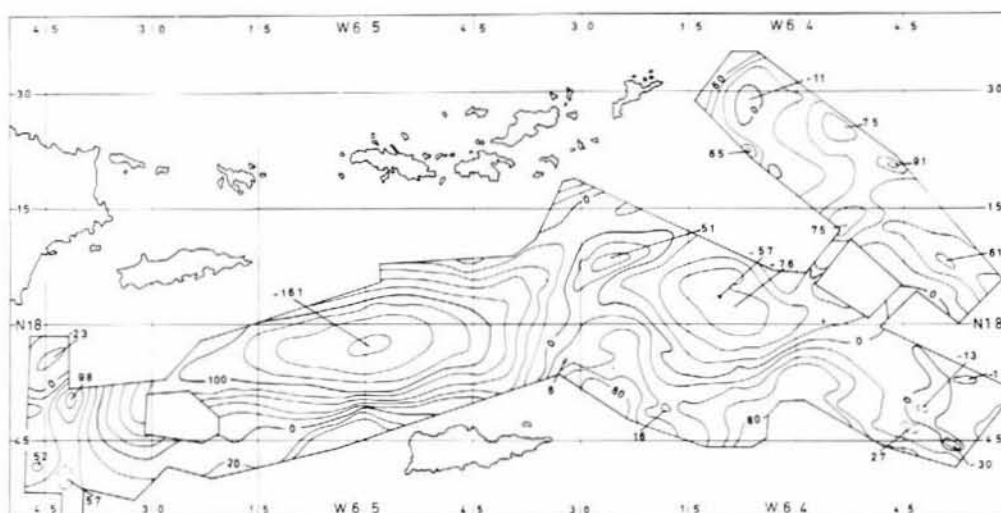


Figure 10

Carte gravimétrique à l'air libre. Les anomalies négatives sont centrées sur les principaux bassins.
 Free air gravimetric map. The negative anomalies outline the main basins.

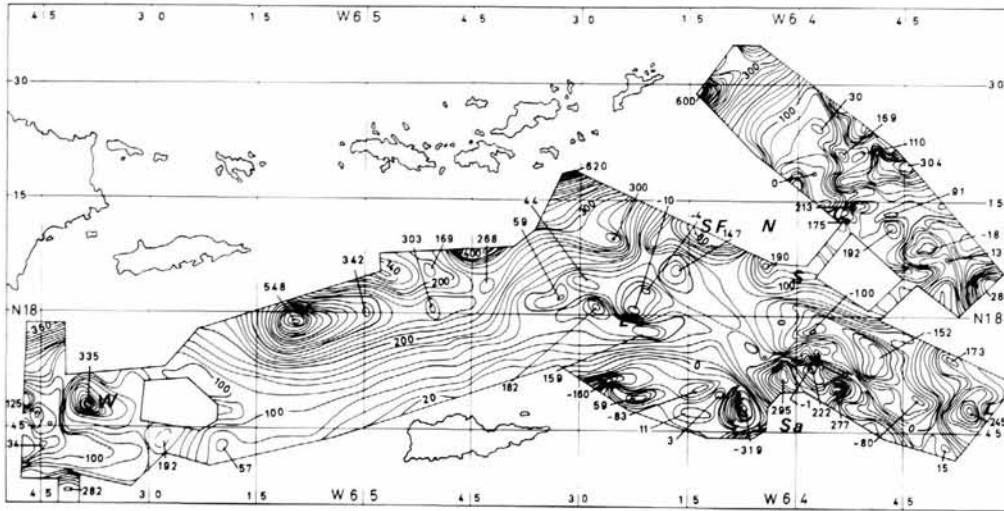


Figure 11

Carte des anomalies magnétiques. les anomalies les plus importantes sont localisées à proximité des affleurements de socle crétacé (Iles Vierges Septentrionales, Banc de Saba, Sa). Des anomalies dipolaires, plus localisées, sont situées à l'emplacement de structures probablement volcaniques : Monts Exocet (E), Sword Fish (SF), Shark (S), Conrad (C), Eperon d'Anguilla (A) (Jany *et al.*, 1987). La nature volcanique du Banc Luymes (L) et du Mont Noroit (N) est confirmée par dragage (Bouysse *et al.*, 1981, 1985a).

Magnetic anomalies map. The prominent anomalies are located near the outcrops of Cretaceous volcanic rocks (Septentrional Virgin Islands, Saba Bank (Sa). Dipole magnetic anomalies are correlated with probable volcanic peaks (Jany et al., 1987): Exocet (E), Sword Fish (SF), Conrad (C) seamounts and Anguilla Spur (A). Dredging (Bouysse et al., 1981 and 1985a) indicated that the basement of Luymes Bank (L) and Noroit Seamount (N) are volcanic.

La carte bathymétrique de la zone d'Anegada (fig. 9) montrent que les bassins ont une forme rhomboédrique en «Z» ce qui est caractéristique des bassins se développant dans un contexte transtensif dextre (Mann *et al.*, 1983).

Le fossé des îles Vierges est très dissymétrique : le bord sud, le long de la plate-forme de l'île de S^c-Croix est très escarpé alors qu'au contraire le bord nord remonte en pente relativement douce vers la plate-forme des îles Vierges septentrionales (fig. 9, pl. II). Cette dissymétrie résulte d'une forme en demi-graben avec un basculement général des couches vers le sud (fig. 12). La pente sud du bassin, de forme sinueuse, (fig. 13) peut être divisé en trois segments, le secteur ouest ressemble à une loupe de glissement géante (pl. II) avec une faille listrique concave au sommet et un pied de forme convexe, le secteur central est abrupt, le secteur oriental a de nouveau une forme convexe. Cette disposition rappelle la tectonique distensive en touche de piano le long de failles en cuiller qui a été décrite dans le graben de Suez (Chenet et Letouzey, 1983, fig. 13). Le contact entre les différents blocs de la marge est brutal et se traduit par des escarpements nord-sud (pl. II). La figure 12, située à l'emplacement d'un de ces rentrants, montre la pente raide et l'écho latéral du bloc adjacent. Dans le vocabulaire actuel une telle zone serait une faille de transfert (Gibbs, 1984). Néanmoins, dans le fossé des îles Vierges, ces failles jouent un rôle mineur et en quelque sorte passif entre deux blocs s'effondrant suivant des modalités différentes (touche de piano, Mauffret *et al.*, 1986) : à une faille très raide peut succéder latéralement un glissement (pl. II).

La bordure Nord, de structure très différente, est jalonnée par une écharpe de séismes (Mc Cann, 1985) très nombreux mais de faible magnitude. Des essaims de micro-séismes ont été localisés à trois endroits (Frankel *et al.*,

1980; A, B et C, fig. 14). L'un de ces essaims est situé sur la ride de Whiting (C, fig. 14) qui est composée de structures en échelon orientées NNE-SSW (fig. 14). D'après la disposition de ces structures la ride de Whiting peut s'interpréter (Wilcox *et al.*, 1973) comme une structure compressive avec une composante décrochante senestre orientée NNW-SSE (R', ellipse fig. 14). Un autre essaim (B, fig. 14) coïncide avec un accident long de 6 kilomètres orienté ENE-WSW visible sur une mosaïque

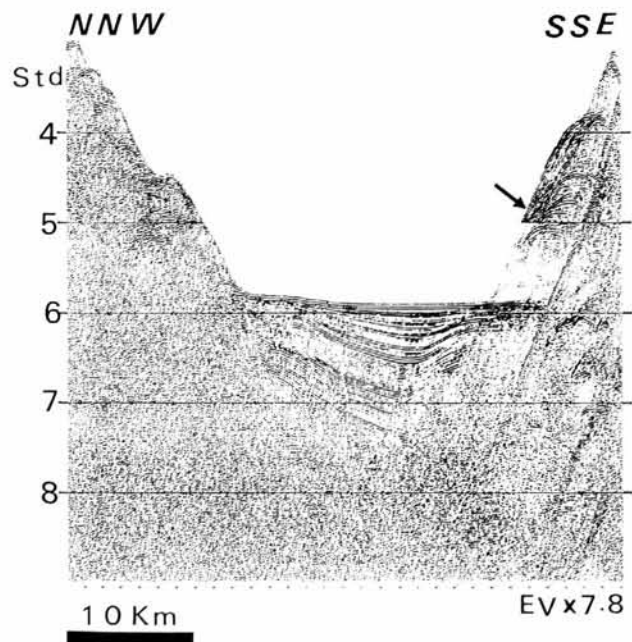


Figure 12

Profil sismique montrant le basculement des séries récentes dans le fossé des îles Vierges. L'écho latéral provient d'un bloc adjacent (flèche droite) décalé par une faille de transfert (Gibbs, 1984). Localisation du profil fig. 14.

The seismic profile shows the recent tilting of the sedimentary infilling in the Virgin Islands Trough. The side echo (straight arrow) is from an adjacent block offset by a transfer fault (Gibbs, 1984). For location refer to Fig. 14.

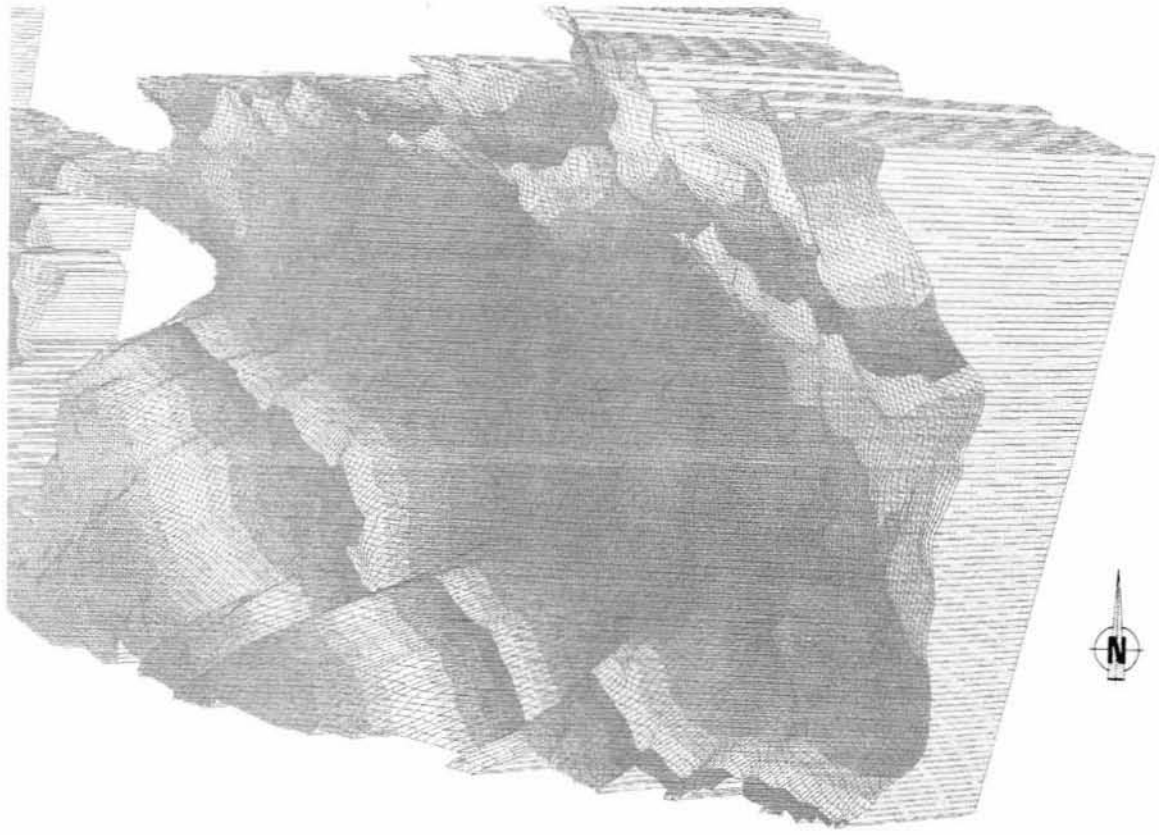


Planche II

Bloc diagramme du bassin des Iles Vierges vu de l'ouest. La dissymétrie des pentes nord (à droite) et sud (à gauche) est mise en évidence. Remarquez sur la marge sud le bloc effondré et les réentrants (failles de transferts) le long de la pente.
Fish's view from the west of the Virgin Islands Trough which shows the asymmetry of the northern slope (right) and southern slope (left). On the southern margin the slide and reentrants (transfer faults) are particularly evident.

Gloria (Jany *et al.*, sous presse, EEZ-SCAN 85 Scientific Staff, 1987). Le troisième essaim (A, fig. 14) est localisé sur une faille normale orientée NW-SE (T, ellipse, fig. 14; Jany *et al.*, sous presse). Dans la zone est du fossé les profils sismiques (fig. 15A) mettent en évidence une faille qui ressemble à une structure en fleur à tendance positive (faille de décrochement à composante compressive, Harding *et al.*, 1985). En effet les séries sédimentaires récentes sont déformées jusqu'en surface par un pli dont l'axe est affecté par des discontinuités. La faille responsable de la structure a pu être suivie sur de nombreux profils sismiques et son tracé peut être localisé sur la carte bathymétrique (faille parallèle à la courbe bathymétrique 4 350 mètres, fig. 15B). Cette même carte bathymétrique de détail montre que le pente nord du fossé est décalée de 7 kilomètres d'une manière dextre (N, fig. 15 B). Cette faille est conforme à une direction de Riedel R (ellipse, fig. 14).

Les failles normales du bord sud du fossé, les décrochements dextres orientés WNW-ESE, la ride compressive de Whiting sont compatibles avec une transtension dextre proche de l'orientation est-ouest et un vecteur de compression (σ_1) du champ de contrainte orienté N 130 (fig. 14). Les séismes et la sismique réflexion montrent que les mouvements sont actuels. Une tectonique distensive a af-

fecté l'île de S^c-Croix et sa plate-forme à l'Oligocène (Whetten, 1966; Lidz, 1984, 1988) mais les horsts et grabens qui résultent de cette tectonique ont une direction NE-SW (Holcombe, 1979) et sont clairement recoupés par les failles normales E-W qui limitent le fossé (fig. 14). La tectonique transtensive dextre a probablement commencé à une date récente (Pliocène, Mauffret *et al.*, 1987, Lithgow *et al.*, 1987).

Le bassin de S^c-Croix (fig. 16) a une structure encore plus caractéristique de bassin rhomboédrique formé dans un environnement transtensif dextre (forme en «lazy Z»). Ce bassin est en réalité formé par la coalescence de deux dépo-centres séparés par une zone haute (fig. 17). Par corrélation avec les forages du Banc de Saba (Nemec, 1980; Pinet *et al.*, 1985) les séries sédimentaires litées qui remplissent les dépo-centres (fig. 17) sont Plio-Quaternaires. Les séries sédimentaires ne peuvent être corrélées de part et d'autre d'une faille qui affecte la surface. Cet accident est également jalonné par de nombreux séismes de faible magnitude. Ces deux critères laisse supposer qu'on est en présence d'une faille de décrochement à composante normale.

La ride de Tortola qui sépare le passage d'Anegada (*sensu stricto*) et le bassin de S^c-Croix s'étend sur plus de 50 km.

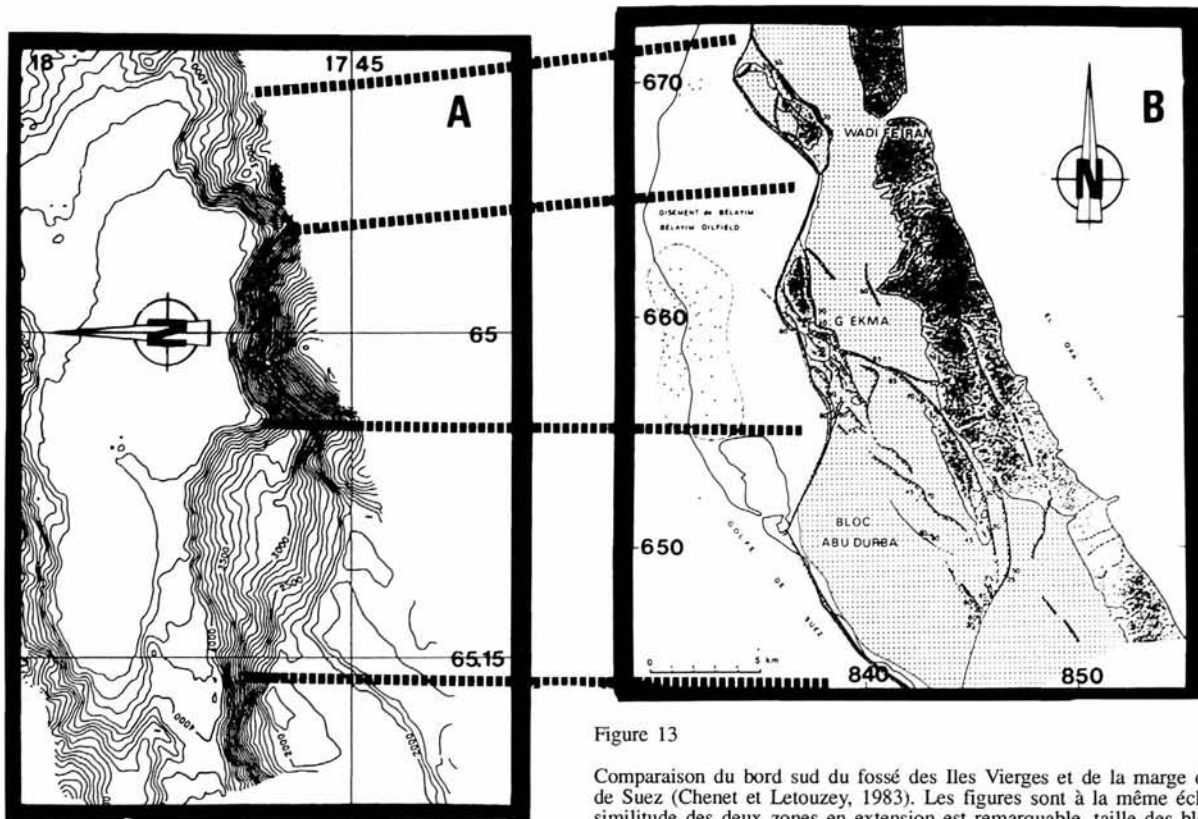


Figure 13

Comparaison du bord sud du fossé des Iles Vierges et de la marge du Golfe de Suez (Chenet et Letouzey, 1983). Les figures sont à la même échelle. La similitude des deux zones en extension est remarquable, taille des blocs, reentrants et failles «en cuiller». Dans les deux cas les failles de transfert ont joué passivement entre des blocs s'effondrant d'une manière différente (tectonique en «touche de piano»).

Comparison between the southern border of the Virgin Islands and the Suez Gulf margin (Chenet and Letouzey, 1983). Both margins are similar: size of the tilted blocks, reentrants, "Spoon shaped" faults. In these extensional margin the transfer faults react passively between blocks which collapsed differently (steep fault or listric fault).

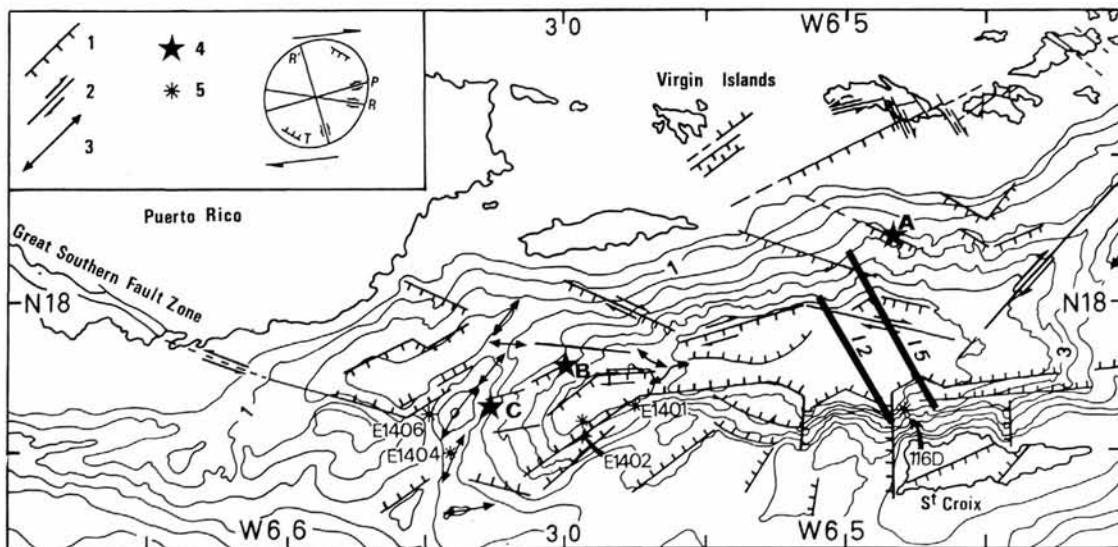


Figure 14

Schéma tectonique de la région du fossé des Iles Vierges. 1 : faille normale. 2 : décrochement. 3 : ride. 4 : nuage de microséismes (Frankel *et al.*, 1980). 5 : dragage (Bouysse *et al.*, 1985; Perfit, communication écrite). Les lignes noires montrent les positions des profils sismiques des fig. 12 et 15. Les failles des Iles Vierges Septentrionales sont d'après Donnelly (1966) et celles de St-Croix d'après Whetten (1966) et Lidz (1984, 1988). Le Bassin de Whiting est bordé au sud par la «Great Southern Fault Zone» à jeu décrochant senestre. La ride de Whiting est formée de structures en échelon. Le bord sud du fossé des Iles Vierges est une marge en extension alors que le bord nord est affecté par des décrochements dextres. La tectonique en extension du bord sud est plus récente (Pliocène) que celle de l'île de St-Croix (Oligocène) car les failles récentes EW recoupent les accidents plus anciens NE-SW. Les failles normales (T) et les décrochements en Riedel P, R et R' sont compatibles avec un grand décrochement dextre (ellipse). Tectonic sketch of the Virgin Islands Trough region. 1 : normal fault. 2 : strike-slip fault. 3 : ridge. 4 : microearthquakes swarm (Frankel *et al.*, 1980). dredging (Bouysse *et al.*, 1985, a and b; Perfit, written communication). Black solid lines indicate the location of the seismic profiles shown in Fig. 12 and 15. Faults of Septentrional Virgin Islands and St Croix from Donnelly (1966); Whetten (1966) and Lidz (1984, 1988) respectively. The Whiting Basin is bounded by The Great Southern Fault Zone which has a left lateral strike-slip motion. Whiting Ridge is an echelon structure. The southern border of the Virgin Islands Trough is an extensional margin whereas the northern border undergoes a right lateral strike-slip motion. The extensional tectonics of the southern flank is younger (probably Pliocene) than the one which affected St Croix Island (Oligocene) because the NE-SW old fault system is cut by the EW recent one. normal faults (T) and strike-slip faults (Riedel P, R and R') are in agreement with a large right-lateral strike-slip shear (ellipse).

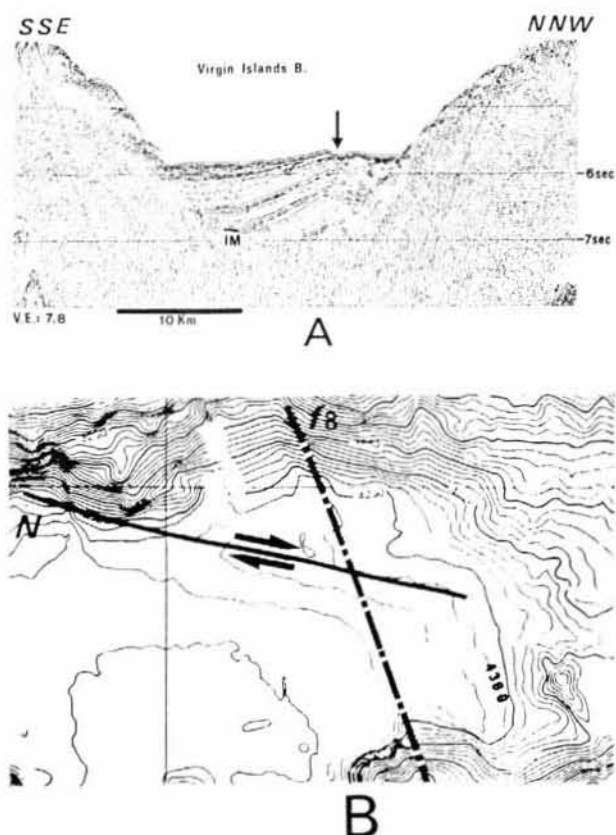


Figure 15

A : Profil sismique illustrant une structure (flèche droite) à en fleur à tendance positive (décrochement, Harding *et al.*, 1985). IM : base du Plio-Quaternaire. B : Détail de la carte Seabeam montrant le décalage (N), long de 7 kilomètres et de tendance dextre, de la marge nord du fossé des Iles Vierges. Le trait noir représente le tracé (parallèle à la courbe bathymétrique 4350 mètres) de la faille de décrochement illustrée en A. La position du profil est figurée (f8) et fig. 14.

A : seismic profil showing (straight arrow) a positive flower structure (strike-slip fault), Harding *et al.*, 1985). IM : Base of Pliocene and Quaternary layers. B : Enlargement of the Seabeam map showing the right-lateral offset (N), 7 kilometre long, of the northern slope of the Virgin Islands Trough. The black solid line indicates the strike-slip fault (parallel to the 4350 metres bathymetric contour) shown in A. The position of the seismic section is indicated (f8, dashed line). For position refer also to Fig. 14.

A ses deux extrémités elle subit une brutale torsion (fig. 9); le décalage vers la droite de 7 kilomètres de l'extrémité sud est visible aussi bien sur la carte bathymétrique (A, fig. 16) que sur la carte magnétique (avancée de la courbe 300 nT, fig. 11). Le décalage nord n'a malheureusement pas été relevé au sondeur multifaisceaux mais il est dessiné clairement sur les cartes bathymétriques classiques (Bouysse *et al.*, 1985a, fig. 9). Ces décrochements dextres sont les preuves les plus certaines d'un mouvement transtensif dextre dans le passage d'Anegada. La ride de Tortola est probablement une structure compressive avec une composante décrochante dextre (P, ellipse, fig. 16) situé entre les deux décrochements (R, ellipse, fig. 16) décrits plus haut. Le vecteur de compression (σ_1) du champ de contrainte est orienté N 140 (fig. 16).

Les monts d'origine présumée volcanique, généralement déduite des fortes anomalies magnétiques localisées à l'aplomb des monts (fig. 11) mais également par des dragages, s'alignent suivant des directions ENE-WSW qui

sont également soulignées par une sismicité fréquente mais de faible magnitude. Le premier alignement (B, fig. 16) comprend les monts Sword-Fishn Noroît et Conrad. La nature calco-calcaline des laves prélevées par dragage et datées du Pliocène (118D, fig. 16) sur le mont Noroît avait fait supposer (Bouysse *et al.*, 1985a, b et c) que cette structure appartenait à l'arc volcanique des petites Antilles dont le volcan le plus septentrional connu précédemment était le banc Luymes (dragages 53 à 57D, fig. 16, Bouysse *et al.*, 1981). Cependant l'alignement ENE-WSW (B) n'est pas en faveur de l'appartenance du mont Noroît à l'arc volcanique des Petites Antilles, orienté NW-SE, et des laves calco-alcalines peuvent se mettre en place dans des systèmes décrochants arrière-arc (Mann *et al.*, 1983). Un deuxième alignement (C, fig. 16) comprend les structures volcaniques Exocet, Shark, Mont du Sud-Est et éperon d'Anguillita (fortes anomalies magnétiques, fig. 11 et Jany *et al.*, 1987). Cet alignement est d'ailleurs confondu avec l'accident qui sépare le bassin de S^{ic}-Croix en deux dépocentres. La structure la plus occidentale de l'alignement, le mont Exocet, est située entre les bassins des Iles Vierges et de S^{ic}-Croix. Cet emplacement de volcans entre deux bassins rhomboédriques, est une caractéristique des régions soumises à des décrochements (volcans Nemrut et Ararat en Turquie, Dewey *et al.*, 1986). La région du bassin de S^{ic}-Croix, comme celle du fossé des Iles Vierges, est affectée par une tectonique transtensive dextre d'orientation proche d'E-W. Le passage d'Anegada *sensu stricto* est le lieu probable d'un décrochement dextre orienté NE-SW (Houlgatte *et al.*, 1984).

La figure 18 résume les principales observations : le bassin de Whiting est étroitement relié à la «Great Southern Fault Zone» qui traverse de part en part Puerto Rico avec un mouvement senestre, la ride de Whiting est probablement une ride compressive affectée d'un mouvement décrochant senestre orienté NNW-SSE. Cette ride représenterait une frontière majeure entre les mouvements à l'est (transtensif) et les mouvements à l'ouest (transpressif). La ride de Whiting pourrait agir comme faille de transformation entre les bassins en extension du nord de l'île de S^{ic}-Croix et la fosse de Muertos. Le fossé des Iles Vierges est un bassin rhomboédrique dont le bord Sud est affecté par des failles normales alors que le bord nord est le siège d'importants mouvements de décrochements dextres, le bassin de S^{ic}-Croix est divisé en deux par une faille de décrochement dextre sur laquelle s'alignent plusieurs structures d'origine volcanique probable, la ride de Tortola est une structure compressive affectée par des décrochements dextres, le passage d'Anegada (*sensu stricto*) est le lieu probable d'un grand décrochement dextre. Le fossé des Iles Vierges ne présente pas la structure classique d'un «pull-apart» entre deux failles de décrochement puisque seule la marge nord est affecté par ce type de faille. Une situation tectonique similaire est décrite dans le Golfe d'Elat (Ben-Avraham, 1985). Le bassin de S^{ic}-Croix présente une situation plus classique : le bord Nord est contrôlé par une faille de décrochement qui serait une branche de la faille du Passage d'Anegada. La disposition des zones basses (bassin de S^{ic}-Croix et Passage d'Anegada)

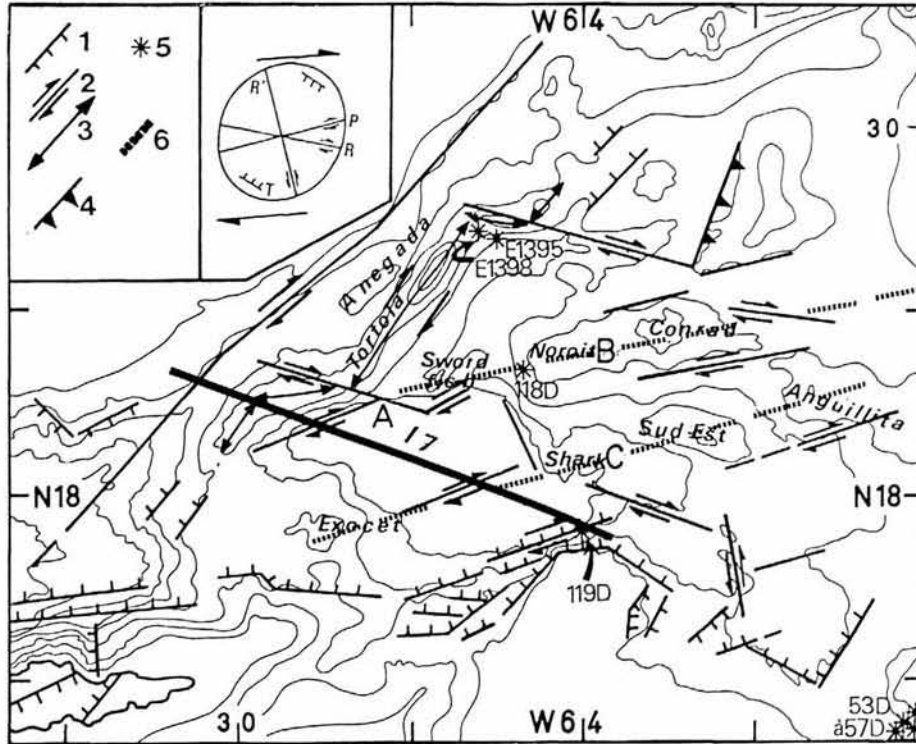


Figure 16

Schéma tectonique de la région du Bassin de S^{ic} Croix. 1 : faille normal. 2 : faille de décrochement. 3 : axe de ride. 4 : chevauchement. 5 : dragage (Bouysse *et al.*, 1981, 1985a; Perfit, communication écrite). 6 : Alignement de structures volcaniques. Le trait noir montre la position du profil sismique illustré fig. 17.

Notez le décalage dextre, long de 7 kilomètres, qui affecte la terminaison sud de la ride de Tortola (A). Les structures volcaniques forment deux alignements remarquables (B et C) soulignés également par de nombreux séismes de faible magnitude. Les dragages sur le Banc Luymes (53 à 57D, Bouysse *et al.*, 1981) ont permis de dater cette structure, qui appartient à l'arc volcanique des Petites Antilles, du Pliocène. Des laves du même âge ont été prélevées sur le volcan Noroit (118D) qui avait donc été assimilé (Bouysse *et al.*, 1985a) à la terminaison septentrionale de l'arc des Petites Antilles. Cependant l'alignement B, auquel appartient le Noroit, est à mettre en relation avec la tectonique transtensive de la région. Les failles normales (T) et de décrochement Riedel P, R et R' sont compatibles avec un grand décrochement dextre (ellipse).

*Tectonic sketch of the St Croix Basin region. 1 : normal fault. 2 : strike-slip fault. 3 : ridge. 4 : thrust. 5 : dredging (Bouysse *et al.*, 1981, 1985a; Perfit, written communication). 6 : strike of volcanic structures. The black solid line indicates the position of the seismic profile shown Fig. 17.*

*The southern end of Tortola Ridge is offset by a 7 kilometre long right-lateral strike-slip fault (A). The volcanic structures are placed along two prominent lines (B and C) where are also located several low magnitude earthquakes. Dredging along Luymes Bank (Bouysse *et al.*, 1981) and Noroit Seamount (Bouysse *et al.*, 1985a) indicated that these two volcanic structures are Pliocene in age. However Luymes Bank belongs to the Lesser Antilles Volcanic Arc whereas Noroit Seamount, on strike with Conrad and Sword Fish Seamounts, is related to the transtension of the St Croix Basin area. Normal fault (T) and strike-slip faults (Riedel P, R and R') are in agreement with a large right lateral shear (ellipse).*

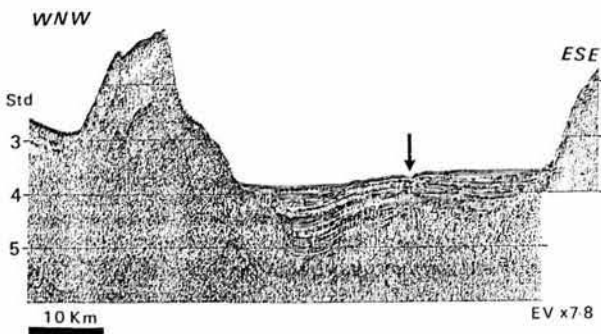


Figure 17

Profil sismique illustrant le Bassin de S^{ic}-Croix, la ride de Tortola et le Passage d'Anegada. La position du profil est figurée fig. 16. Remarquez la faille centrale (flèche droite) et le pendage opposé des séries sédimentaires dans les deux dépôts-centres. La faille centrale jalonnée par de nombreux tremblements de terre est probablement une faille de décrochement. Les séries litées sont datées du Plio-Quaternaire par corrélation avec les forages sur la Banc de Saba (Nemec, 1980; Pinet *et al.*, 1985).

*This seismic profile shows the St Croix Basin, Tortola Ridge and Anegada Passage. For position refer to Fig. 16. The basin is divided by a central fault (straight arrow) into two depocenters where the sedimentary layers show an opposite tilting. Several earthquakes are located along this fault which probably has a strike-slip component. The well layered formations are Pliocene and Quaternary in age (correlation with exploratory wells on Saba Bank (Nemec, 1980, Pinet *et al.*, 1985).*

gada) et zone haute (Ride de Tortola) rappelle en effet l'agencement entre deux failles de décrochement qui divergent (Christie-Blick and Biddle, 1985, fig. 18, cartouche). Le deuxième décrochement au nord du Banc de Saba est supposé continuer vers le nord est jusqu'au bassin de Sombrero mais nous n'avons pas de preuves, faute de données, de ce prolongement au-delà de l'éperon volcanique d'Anguillita. Toutefois un essaim de séismes se localise dans le prolongement supposé de cet accident (Frankel *et al.*, 1980). La faille du Passage d'Anegada transformerait le mouvement entre le fossé des Iles Vierges et le bassin de Sombrero et marquerait donc le mouvement principal orienté NE-SW (N45, Houlgatte *et al.*, 1984). On peut néanmoins remarquer que le mouvement de décrochement principal déduit de nos observations est pratiquement est-ouest. Cette divergence peut être expliquée par l'héritage structural très complexe de cette zone : les anciennes failles ont du être réactivées et n'ont pas toujours la direction voulue par le modèle. La théorie prédisait également un déplacement senestre dans le passage d'Anegada en accord avec le déplacement de la plaque caraïbe par rapport à l'Amérique du Nord (Hess et Maxwell, 1953;

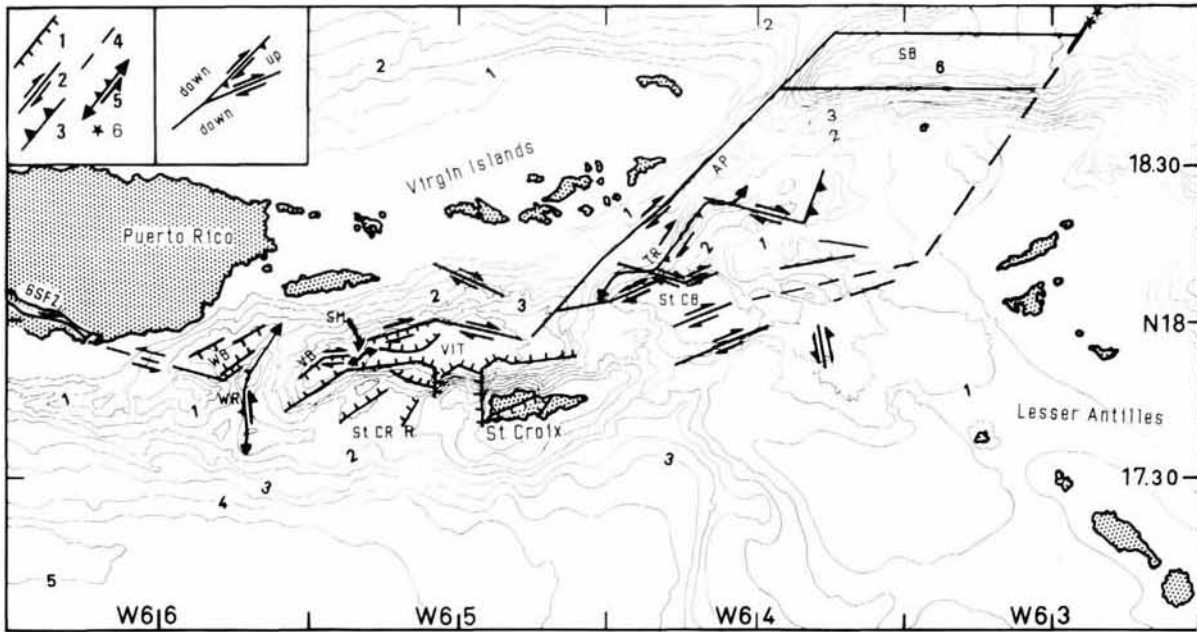


Figure 18

Schéma tectonique de la zone d'Anegada. 1 : faille normale. 2 : faille décrochante. 3 : chevauchement. 4 : accident supposé. 5 : axe de ride avec tendance inverse ou décrochante. 6 : tremblement de terre. WB : Bassin de Whiting. WR : Ride de Whiting. VB : Bassin de Vieques. SM : Mont Sigmoide. VIT : Fossé des Iles Vierges. St CR : Ride de S^{ic}-Croix. St CB : Bassin de S^{ic}-Croix. TR : Ride de Tortola. AP : Passage d'Anegada. SB : Bassin de Sombrero.

L'ensemble tectonique zone haute de Tortola et zones basses du Bassin de S^{ic}-Croix et du Passage d'Anagada peut être expliqué dans un contexte de deux failles de décrochement divergents (Christie-Blick et Biddle, 1985). L'essai de tremblements de terre (Frankel, 1980), localisé au nord est du bassin de Sombrero, peut être situé sur une faille de transformation entre ce bassin et la zone de subduction des Petites Antilles.

Tectonic sketch of the Anegada region. 1 : normal fault. 2 : strike-slip fault. 3 : thrust. 4 : probable fault. 5 : ridge with reverse or strike-slip component. 6 : earthquake. WB : Whiting Basin. WR : Whiting Ridge. VB : Vieques Basin. SM : Sigmoid Seamont. VIT : Virgin Islands Trough. St C R : St Croix Ridge. St C B : St Croix Basin. TR : Tortola Ridge. AP : Anegada Passage. BSB : Sombrero Basin.

The complex tectonic zone of Anegada Passage-Tortola ridge-St Croix basin can be explained by a branching of two strike-slip faults (Christie-Blick and Biddle, 1985). The earthquakes swarm, northeast of Sombrero Basin (Frankel et al., 1980), could be located on a transform fault connecting this basin and the Lesser Antilles subduction zone.

Marlow *et al.*, 1974). Néanmoins un déplacement dextre, déjà supposé par plusieurs auteurs (Matthews et Holcombe, 1976; Nemec, 1980, Houlgatte *et al.*, 1984) est beaucoup plus compatible avec nos observations.

DISCUSSION

La zone au sud des Grandes Antilles, complexe, est affectée par une compression à l'ouest et une transtension à l'est. Il s'agit d'une limite secondaire dans la plaque caraïbe car les structures n'ont pas l'importance de celles de la zone nord (fosse de Puerto Rico).

La limite nord de la plaque Caraïbe peut être tracée depuis l'axe d'expansion de Cayman en passant par la faille de Bartlett-Oriente, le nord d'Hispaniola jusqu'à la fosse de Puerto-Rico (fig. 1). En réalité la frontière nord d'Hispaniola se divise en deux branches (fig. 19) : une au nord marquée par des failles inverses et des plis dans le «Old Bahama Channel» situé entre la plateforme des Bahamas et l'île d'Hispaniola (Goreau, 1983), l'autre recoupant la région nord d'Hispaniola (Septentrional Fault Zone, SFZ, fig. 19; Mann *et al.*, 1984; Faille Septentrionale, Bourdon, 1983; Boisseau, 1987; Boisson, 1987) et affectée d'un mouvement de décrochement senestre. De nouveau,

comme pour la fosse de Muertos, cette division en deux branches, l'une compressive l'autre en décrochement, fait penser à celle de la zone de compression oblique des Iles de la Sonde.

Cette Faille Septentrionale est très active sismiquement. L'étude du mécanisme au foyer de l'un de ces séismes a déterminé une compression avec un vecteur de glissement orienté ENE-WSW (Molnar and Sykes, 1969; 1 fig. 20). Une étude de terrain (Guglielmo and Winslow, 1988) confirme qu'un coin compressif («push-up») est localisé sur la Faille Septentrionale à l'endroit du tremblement de terre. La zone compressive du «Old Bahama Channel» devient une vraie zone de subduction à l'extrémité nord-est d'Hispaniola avec un plan Benioff bien développé et plongeant vers le sud (Bracey and Vogt, 1970; Schell and Tarr, 1978). Des séismes situés à plus de 100 kilomètres de profondeur sont localisés dans le sud-est d'Hispaniola (fig. 20, 2, 4, 5). Les mécanismes au foyer indiquent une compression et des vecteurs de glissement NE-SW et N-S au niveau de la plaque plongeante (fig. 20 ; 2, 4, 5, Molnar et Sykes, 1969; 18, 19, Gaulon, communication personnelle, 1989). Néanmoins cette zone de subduction a une extension géographique limitée et pourrait correspondre à un angle dans la zone globalement décrochante («restraining bend», Mann *et al.*, 1984; Bracey et Vogt, 1970; Schell et Tarr, 1978). Cette zone correspond à la collision

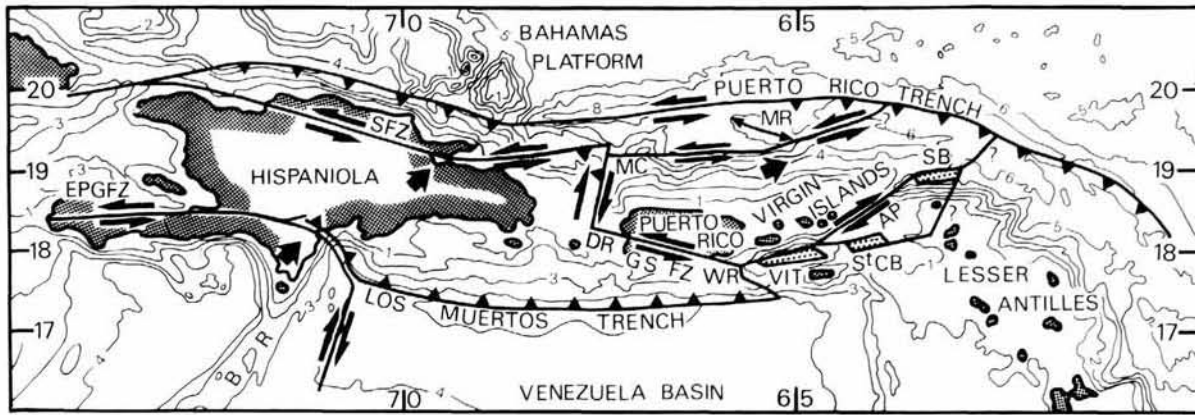


Figure 19

Schéma tectonique général. EPGFZ : Enriquillo-Plantain Garden Fault Zone. SFZ : Septentrional Fault Zone (Mann *et al.*, 1984). BR : Ride de Beata. DR : Ride de Desecheo. MC : Canyon de Mona. GSFZ : Great Southern Fault Zone. WR : Ride de Whiting. VIT : Fosse des îles Vierges. St CB : Bassin de S. Croix. SB : Bassin de Sombrero. MR : Main Ridge (McCann et Sykes, 1984).

Le poinçonnement de la ride de Beata entraîne une tectonique d'expulsion des blocs d'Hispaniola et de Puerto Rico. Pour des explications détaillées se reporter au texte.

Tectonic sketch. EPGFZ : Enriquillo-Plantain Garden Fault Zone. SFZ : Septentrional Fault Zone (Mann *et al.*, 1984) BR : Beata Ridge. DR : Desecheo Ridge. MC : Mona Canyon. GSFZ : Great Southern Fault Zone. WR : Whiting Ridge. VIT : Virgin Islands Trough. St CB : St Croix Basin. SB : Sombrero Basin. MR : Main Ridge (McCann and Sykes, 1984).

The wedging action caused by the collision between the Beata Ridge and the northern part of the Hispaniola block has resulted in the northeastward tectonic expulsion of the Hispaniola and Puerto Rico blocks. For complete explanations refer to the text.

de la plateforme des Bahamas et du bâti Nord d'Hispaniola et le mécanisme au foyer 3 (fig. 20, Gaulon, communication personnelle) montre un décrochement vertical (probablement orienté NW-SE d'après la bathymétrie) induit par une compression NNW-SSE. Plus à l'est un éperon domine le bord ouest du canyon de Mona (MC, fig. 20). Les mécanismes au foyer indiquent un vecteur de glissement orientés sensiblement E-W et des failles inverses très peu inclinées (fig. 20, 7 et 9, Molnar et Sykes, 1969). Le mécanisme au foyer 8 (fig. 20, Kafka et Weidner, 1979) indique également un vecteur de glissement E-W et une faille inverse inclinée faiblement vers l'ouest est la solution la plus probable. Le dernier mécanisme (fig. 20, 6, Gaulon, communication personnelle) indique un vecteur de glissement toujours orienté E-W, une faille en décrochement probablement orientée ENE-WSW (d'après la bathymétrie) de tendance senestre et à faible pendage vers le sud. Tous ces tremblements de terre sont superficiels (de 16 à 48 kilomètres) et les vecteurs de glissement, orientés E-W, seraient des indices du mouvement vers l'est de la plaque Caraïbe par rapport à la plaque Amérique du Nord (Molnar et Sykes, 1969). Notons toutefois que ces séismes sont situés dans une zone très particulière et qu'ils peuvent être représentatifs d'une contrainte locale. Il est donc préférable de ne pas tenir compte de ces vecteurs de glissement dans l'analyse de la tectonique globale de la région (Stein *et al.*, 1988). La contrainte compressive est orientée E-W mais une forte composante décrochante peut être décelée (séisme 6). La géologie de la région du canyon de Mona, malgré de très nombreuses études, en particulier en submersible (Gardner *et al.*, 1980; Heezen *et al.*, 1985; Le Pichon *et al.*, 1985), reste mal comprise. En effet toutes les plongées dans la région de l'éperon montrent que les failles sont normales et très récentes. Un effondrement Plio-Quaternaire de plusieurs milliers de mètres a pu être démontré grâce à ces plongées et confirmé par la sismique réflexion multitraces

(Moussa *et al.*, 1987). Pour concilier toutes ces données apparemment contradictoires : mécanismes au foyer en compression, failles normales et subsidence très rapide on doit évoquer un processus d'érosion tectonique et d'aminçissement crustal le long d'une fosse en compression oblique (Heezen *et al.*, 1985; Birch, 1986). Le tracé de la Faille Septentrionale a pu être suivi en mer jusqu'à proximité de l'éperon (campagne Seacarib 2, Mercier de Lepinay, communication personnelle). Il semble d'autre part que le canyon de Mona soit situé à l'emplacement d'un décrochement dextre Weaver *et al.*, 1975). L'éperon correspondrait ainsi à un poinçon encadré par des décrochements (fig. 19).

La fosse de Puerto Rico correspond globalement à un bassin rhomboédrique encadré par deux failles de décrochement (Masson et Scanlon, en préparation). Notons toutefois que la sismicité est relativement faible dans cette zone, qu'aucun mécanisme au foyer en décrochement n'a été jusqu'à maintenant déterminé et qu'enfin les indices de compression sont plus nombreux que ceux de décrochement. Vers l'Est la compression devient de plus en plus claire et un plan de subduction plonge sous les îles Vierges (Frankel *et al.*, 1980). Une structure, affectée par une forte sismicité, la «Main Ridge» (MR, fig. 20) a été interprétée comme une portion de ride subductée (McCann et Sykes, 1984). Les profils sismiques que nous possédons dans cette région nous font plutôt interpréter la «Main Ridge» comme un relais compressif («push up») entre deux failles de décrochement. De plus, la subduction de cette ride n'était compatible qu'avec le modèle de Sykes *et al.*, (1982) qui proposait de situer au Nord le pôle de rotation de la plaque Caraïbe par rapport à l'Amérique du Nord. Un pôle situé au sud (Jordan, 1975; Minster et Jordan, 1978; Stein *et al.*, 1988) est plus en accord avec les modèles de tectoniques des plaques et les données existantes.

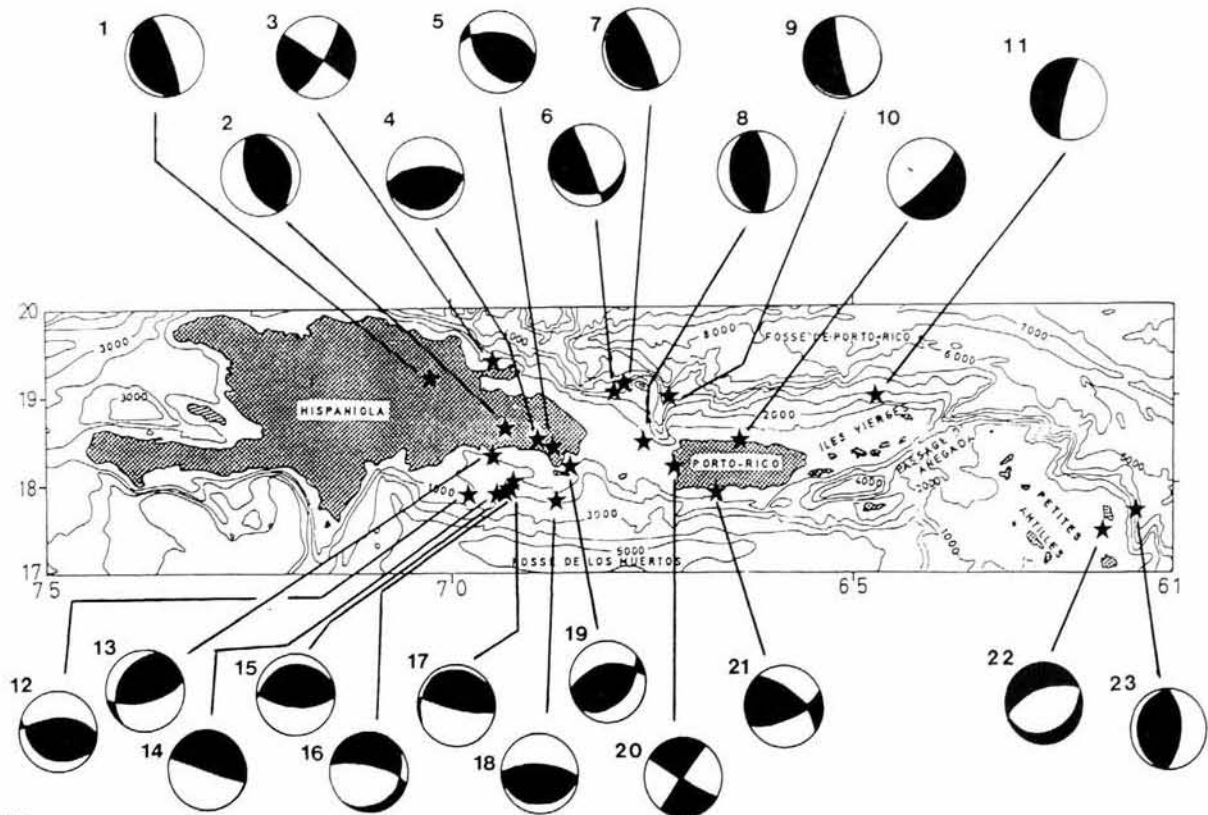


Figure 20

Mécanismes au foyer déterminés dans la région. Pour les sources et la position précise se reporter à la table 1. L'interprétation structurale des mécanismes au foyer est détaillée dans le texte.

Focal mechanisms determined in the region. Position and sources and reported in the Table. The structural interpretation deduced from these data is detailed in the text.

La limite sud

Nous avons déjà décrit cette limite qui se localise à terre dans la presqu'île du sud d'Haïti (Enriquillo-Plantain Garden Fault Zone de Mann *et al.*, 1984, EPGFZ, fig. 19 ou Accident Sud-Haïtien de Calmus, 1983 et Van der Berghe, 1983) puis passe en mer à la fosse de Muertos. Le système peut être bloqué actuellement à la suite de la collision de la ride de Beata, néanmoins les tremblements de terre probablement liés (Byrne *et al.*, 1985) à la fosse de Muertos sont nombreux bien que tous relativement superficiels (25 à 42 kilomètres, cf. tab.) à l'exception de deux séismes situés à une profondeur de 55 et 71 kilomètres (12 et 13, fig. 20). Néanmoins ce dernier séisme (71 km), étant donné l'absence de précision sur la profondeur, peut également appartenir à la plaque plongeante du nord d'Hispaniola. Les mécanismes au foyer montrent des failles inverses (fig. 20, 12, 14, 15, Gaulon, communication personnelle) parfois à tendance décrochante (fig. 20, 13, Gaulon, communication personnelle; 17, Byrne *et al.*, 1985). La compression est globalement dirigée vers le nord. Dans le même secteur (bord sud du bassin de San-Pedro) un mécanisme de faille normale à tendance décrochante (fig. 20, 16, Gaulon, communication personnelle, 1989) n'obéit pas à la même logique. Ces séismes, étant donné l'imprécision sur les profondeurs, peuvent se trou-

ver à des niveaux différents (les uns dans la plaque plongeante, les autres dans la plaque chevauchante). De telles solutions ont été invoquées par exemple pour les mécanismes au foyer des séismes 22 et 23 situés dans l'arc des Petites Antilles (fig. 20, McCann *et al.*, 1982). On peut également évoquer l'hypothèse d'une faille de décrochement avec des compartiments en compression alors que d'autres sont en extension (structure en fleur, Harding *et al.*, 1985). Dans ce cas la faille décrochante, à tendance senestre, serait orientée E-W. Sur le bord du bassin de San Pedro des failles inverses très redressées et déformant les séries sédimentaires les plus récentes ont été décrites (Ladd *et al.*, 1981). À l'ouest de Puerto Rico le mouvement décrochant pur senestre) de la «Great Southern Fault Zone» et de la Ride de Desecheo est démontré par le mécanisme au foyer composite 20 (fig. 20, Asencio, 1980). Au sud de Puerto Rico une faille inverse, à tendance décrochante dextre, est orientée NW-SE (fig. 20, 21, Asencio, 1980).

En résumé, l'étude des mécanismes au foyer démontre que la contrainte compressive est dirigée globalement EW le long de la frontière nord alors qu'elle est plutôt NS le long de la frontière sud. La frontière complexe au nord d'Hispaniola, la fosse de Muertos, le canyon de Mona et la «great Southern Fault Zone» délimitent le bloc d'Hispaniola. Ce bloc, probablement divisé en plusieurs sous-ensembles affectés de rotation, est pris entre les mâchoires méridionale de la ride de Beata et septentrionale de la

Table 1.
Localisation des séismes qui ont donné lieu à des études de mécanisme au foyer. N : Normal ; I : Inverse ; D : Décrochant.
Location of the earthquakes which have been studied to determine to the focal mechanism. N : Normal. I : Reverse. D : Strike-slip.

Numéro	Date	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Profondeur (km)	Type de faille	Auteurs
1	6/05/1967	19.30	70.30	39	I	Molnar et Sykes
2	18/01/1964	18.66	69.38	106	I	Molnar et Sykes
3	06/06/1977	19.39	69.48	48	I	Gaulon, comm. pers.
4	14/09/1981	18.30	68.89	170	I	Gaulon, comm. pers.
5	22/12/1964	18.42	68.73	117	I	Molnar et Sykes
6	21/07/1985	19.04	67.97	23	D	Gaulon, comm. pers.
7	3/11/1966	19.17	67.93	16	I	Molnar et Sykes
8	3/11/1966	18.50	67.70	28	I	Kafka et Weidner
9	10/08/1964	19.03	67.28	48	I	Molnar et Sykes
10	31/08/1961	18.49	66.42	131	N	Molnar et Sykes
11	23/05/1963	19.10	64.78	51	I	Molnar et Sykes
12	13/09/1971	17.90	69.80	55	I	Kafka et Weidner
13	1/09/1984	18.32	69.47	71	ID	Gaulon, comm. pers.
14	24/06/1984	17.99	69.35	25	I	Gaulon, comm. pers.
15	25/06/1984	17.98	69.25	42	I	Gaulon, comm. pers.
16	24/06/1984	18.00	69.26	37	ND	Gaulon, comm. pers.
17	24/06/1984	18.01	69.20	32	ID	Byrne <i>et al</i>
18	5/11/1979	17.83	68.62	104	I	Gaulon, comm. pers.
19	20.09/1983	18.16	68.50	118	I	Gaulon, comm. pers.
20	1976	18.21 à 18.23	67.20 à 67.14	20 à 27	D	Asencio
21	1976	17.75 à 18.00	66.65 à 66.90	0.1 à 30	ID	Asencio
22	8/10/1974	17.52	61.86	25	N	McCann <i>et al</i>
23	31/05/1960	17.52	61.63	27	I	Molnar et Sykes

plate-forme des Bahamas. Cette contrainte entraînerait une expulsion latérale vers l'est qui est facilitée par le dégagement progressif de la mâchoire nord qui migre vers l'ouest. La fosse de Muertos est soit arrêtée, soit affectée d'un faible mouvement de compression à composante senestre (le long de la «Great Southern Fault Zone». La fosse de Muertos a cessé toute activité au niveau de la ride compressive de Whiting qui servirait de relais à la tectonique transtensive du passage d'Anegada. Le bloc de Puerto Rico, limité au nord par la fosse de Puerto Rico et au sud-est par le passage d'Anegada, serait affecté par un mouvement d'expulsion vers le nord-est, ce qui expliquerait la tectonique en compression dans le coin nord-est de la fosse de Puerto Rico (qui était difficilement compatible avec un pôle de rotation de la plaque Caraïbe par rapport à l'Amérique du Nord situé au sud, Jordan, 1975; Mann et Burke, 1984) et les mouvements dextres au niveau du passage d'Anegada. La transtension, de faible ampleur (7 kilomètres au niveau des failles Riedel R) se transformerait au-delà de Sambrero par une faille jalonnée par quelques séismes (Frankel *et al.*, 1980). Nous n'avons pas d'autres données dans cette dernière région, exceptée la carte bathymétrique de Case and Holcombe (1980) qui montre une morphologie complexe (succession de fosses et de hauts fonds). En définitive, la tectonique de la région nord-est Caraïbe présente beaucoup de similitudes avec le secteur anatolien en Turquie, le serrage à l'est et le poinçonnement de la Turquie par l'Arabie entraînant une expulsion vers l'ouest d'un bloc anatolien (Sengör *et al.*, 1985).

CONCLUSIONS

Les données de la campagne Seacarib ont démontré une tectonique de poinçonnement entre la Ride de Beata et le bâti nord d'Hispaniola. Cette tectonique qui est peut

être bloquée à l'heure actuelle, explique le passage à terre du prisme d'accrétion de Muertos qui s'élève à la suite du chevauchement de l'unité supérieure du prisme sur l'unité inférieure. Elle explique également le passage à terre d'une partie de la ride de Beata par collision oblique. La déformation le long de la fosse de Muertos diminue vers l'est et devient nulle au sud de l'Île de S^{ic}-Croix. La composante décrochante du mouvement est absorbée à l'intérieur même de Puerto Rico et peut se traduire par la rotation anti-horaire de blocs en réponse à la composante senestre de la fosse d'Hispaniola. Les mouvements transtensifs dextres entre l'Île de S^{ic}-Croix et les Îles Vierges Septentrionales sont probablement de faible ampleur (de l'ordre d'une dizaine de kilomètres), mais ils ont engendré des bassins rhomboédriques très caractéristiques. La frontière nord des blocs Hispaniola et Puerto Rico est très complexe et nous n'avons pas de données comparables à celle de la zone sud pour pouvoir l'analyser en détail, néanmoins l'étude des mécanismes au foyer permet d'analyser les contraintes et de tracer quelques grandes limites. Les mouvements des différents blocs impliquent des rotations importantes. Hispaniola devrait par exemple avoir un pôle situé au Nord et subir une rotation dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Une telle rotation, compatible avec le mouvement senestre de la limite de plaque Nord Caraïbe, est constatée par des mesures paléomagnétiques (Mann et Burke, 1984). Cependant, une autre étude paléomagnétique, plus récente, (van Fossen et Channell, 1988) dans la partie nord d'Hispaniola suggère plutôt une rotation dans le sens contraire. La rotation anti-horaire semble plus vraisemblable et serait en accord avec la formation de bassins de sommet (San Pedro, Yuma, Mona) limité au sud par des failles senestres comme les études de la subduction oblique des Aléoutiennes l'ont montré (Ryan et Scholl, 1989). la péninsule du sud d'Haïti subirait une rotation anti horaire (van Fossen et Channell, 1988) et ceci cette fois en accord avec une tectonique de collage de cette région. La limite de

plaque principale est sans conteste située sur la bordure nord des Grandes Antilles mais la situation pouvait être très différente avec le Pliocène. La fosse de Puerto Rico est postérieure à cette époque (Heezen *et al.*, 1985; Joyce, 1986) et la fosse de Muertos pouvait être une zone où la croûte du bassin du Vénézuéla aurait subi une subduction importante (Burke, 1988; Ross et Scotese; Sykes *et al.*, 1982; Pindel *et al.*, 1988; Van Fossen and Channell, 1988). Dans le passage d'Anegada, la tectonique ante-Pliocène pouvait être également très différente (distension et trans-tension senestre ?, Vila *et al.*, 1986) du régime transtensif dextre qui prévaut à l'heure actuelle. La frontière Nord-Caraïbe inclut en fait les îles d'Hispaniola et de Puerto Rico avec des limites secondaires au nord et au sud dont le rôle peut varier dans le temps. Les blocs qui forment cette frontière peuvent être affectés par des rotations et des mouvements qui ne sont pas représentatifs de la tectonique des deux grandes plaques qui l'encadrent.

REFERENCES

- Andreieff P., P. Bouysse, D. Westercamp (1987). Géologie de l'arc insulaire des Petites Antilles, et évolution géodynamique de l'Est-Caraïbe. *Thèse d'Etat, Université Bordeaux I*, 359 pp.
- Asencio Jr. E. (1980). Western Puerto Rico Seismicity. U.S. Geol. Survey, *Open-File Report 80-192*, 135 pp.
- Ben-Avraham Z. (1985). Structural framework of the Gulf of Elat (Aqaba), Northern Red Sea. *J. geophys. Res.*, **90**, 703-726.
- Bienaim Mompalaisir R. (1986). Contribution à l'étude géologique de la partie orientale du Massif de la Hotte (Presqu'île du Sud Haïti). Synthèse structurale des marges de la presqu'île à partir des données sismiques. *Thèse de Doctorat, Université Paris VI*, 199 pp.
- Biju-Duval B., G. Bizon, A. Mascle, C. Muller (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.
- Biju-Duval B., A. Mascle, B. van den Berghe, J.M. Vila (1984). Caractère néotectonique du prolongement à terre de l'escarpement Est de la Ride de Beata (Sierra de Baoruco, Hispaniola). *10^e Réun. Ann. Sci. Terre, Bordeaux*. Soc. Geol. Fr. (ed.), **58**.
- Birch F.S. (1986). Isostatic, thermal, and flexural models of the subsidence of the north coast of Puerto Rico. *Geology*, **14**, 427-429.
- Boisseau M. (1987). Le Flanc nord-est de la Cordillère centrale Dominicaine (Hispaniola, Grandes Antilles). *Thèse de Doctorat, Université Paris VI*, 200 pp.
- Boisson D. (1987). Etude géologique du Massif du Nord d'Haïti (Hispaniola - Grandes Antilles). *Thèse de Doctorat, Université Paris VI*, 232 pp.
- Bourdon L. (1985). La Cordillère orientale Dominicaine (Hispaniola, grandes Antilles): un arc insulaire créacé polystructuré. *Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université Paris VI*, 203 pp.
- Bourgeois J., G. Glaçon, I. Tavares, J.M. Vila (1979). Découverte d'une tectonique tangentielle récente à vergence Sud dans la Sierra de Neiba (Ile d'Hispaniola, République Dominicaine, Grandes Antilles). *C.R. Acad. Sci. II*, **289**, 257-260.
- Bouysse P., P. Andreieff, M.A. Richard, J.C. Baudron, A. Mascle, R.C. Maury, D. Westercamp (1985a). Géologie de la Ride d'Aves et des pentes sous-marines du Nord des Petites Antilles et esquisse bathymétrique à 1/1 000 000 de l'Est-Caraïbe. *Doc. B.R.G.M.*, **93**, 146.
- Bouysse P., P. Andreieff, M.A. Richard, J.C. Baudron, A. Mascle, R.C. Maury, D. Westercamp (1985b). Aves swall and Northern lesser Antilles Ridge: Rock-dredging results from Arcante 3 Cruise. *Géodynamique des Caraïbes, Symposium Paris*, Technip (ed.), 65-76.
- Bouysse P., J.C. Baudron, M. Richard, R.C. Maury, P. Andreieff (1985c). Evolution de la terminaison Nord de l'arc interne des Petites Antilles au Plio-Quaternaire. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, **8**, I, 2, 181-188.
- Bouysse P., R.C. Maury, D. Westercamp, J.C. Baudron (1981). Le Banc Luymes, terminaison septentrionale de l'arc récent des Petites Antilles. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, **7**, XXIII, 2, 185-194.
- Bowles F., J. Eglhoff (1982). Sea-floor environments North S^{ic}-Croix margin and Virgin Islands trough. part 2: Geology and Geophysics. Naval Ocean Res. Develop. Activity (USA), **FP-01-82** (26), 2.01-2.31.
- Bracey D.R., P.R. Vogt (1970). Plate tectonics in the Hispaniola Area. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **81**, 2855-2860.
- Burke K. (1988). Tectonic evolution of the Caribbean. *Ann. Rev. Earth Planet Sci.*, **16**, 201-230.
- Burke K., P.J. Fox, M.C. Sengor (1978). Buoyant ocean floor and the evolution of the Caribbean. *J. geophys. Res.*, **83**, B8, 3949-3954.
- Byrne D.B., G. Suarez, W.R. Mc Cann (1985). Muertos Trough subduction-microplate tectonics in the northern Caribbean? *Nature*, **317**: 420-421.
- Calmus T. (1983). Contribution à l'étude géologique du massif de Macaya (Sud-Ouest d'Haïti, grandes Antilles), sa place dans l'évolution de l'orogène Nord-Caraïbe. *Thèse 3^e cycle, Université Paris VI*, 163 pp.
- Case J.E., Y.L. Holcombe (1980). Geologic-tectonic map of the Caribbean Region. Scale 1/2 500 000. U.S. Geol. Survey *Miscellaneous Investigations Series*, map 1-1100.
- Chenet P.Y., J. Letouzey (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., K.T. Biddle (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.
- Desreumaux C. (1987). Contribution à l'étude de l'histoire géologique des régions centrale et méridionale d'Haïti (grandes Antilles) du Crétacé à l'Actuel. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université Bordeaux I*, 507 pp.
- Dewey J.F., M.R. Hempton, W.S.F. Kidd, F. Saroglu, A.M.C. Sengor (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.
- Donnelly T.W. (1966). Geology of St-Thomas and St-John, U.S. Virgin Islands. In Caribbean Geological Investigations, H.H. Hess ed. *Geol. Soc. Am. Mem.*, **98**, 85-176.
- Donnelly T.W. (1973). Magnetic anomaly observations in the Eastern Caribbean Sea. In: *Initial Reports of the D.S.D.P.*, **15**, N.T. Edgar, J.B. Saunders *et al.*, (eds.), Washington, U.S. Government printing Office, 1023-1029.
- Edgar N.T., J.I. Ewing, J. Hennion (1971). Seismic Refraction and Reflection in caribbean Sea. *Am. Assoc. Petrol. geol. Bull.*, **55**, 6, 833-870.
- EEZ-SCAN 85 SCIENTIFIC STAFF (1987). Atlas of the U.S. Exclusive Economic Zone, Eastern Caribbean Area. *U.S. Geol. Survey Miscellaneous Investigations Series*, I-1864-B, 58 pp.
- Frankel A., W.R. Mc Cann, A.J. Murphy (1980). Observations From a seismic Network in the Virgin Islands region: Tectonic Structures and Earthquake Swarms. *J. Geophys. Res.*, **85**, B5, 2669-2678.

Remerciements

Cette campagne et son exploitation n'auraient pu avoir lieu sans l'aide de l'IFREMER (échange de temps bateaux et contrat 85140801), Genavir (mise en œuvre de la sismique) et l'Insu (soutien de la campagne et ATP 118). Nous remercions également le commandant et l'équipage du R.D. Conrad, l'équipe Seabeam de Rhodes Island et nos collègues qui ont participé à la mission. Des données non publiées ou d'accès difficiles nous ont été aimablement communiquées par J. Ladd, K. Scanlon, R. von Huene, R. Perfit et M. Gaulon. Le traitement des données sismiques au Lamont Doherty Geological Observatory n'aurait pas été possible sans l'appui financier de l'IFREMER et l'aide de J. Ladd, G. Westbrook et P. Buhl. Enfin nous remercions les deux correcteurs anonymes pour leurs suggestions.

- Gardner W.D., L.K. Glover, C.D. Hollister (1980). Canyons off Northwest Puerto Rico : studies of their origin and maintenance with the nuclear research submersible NR-1. *Marine Geol.*, **37**, 41-70.
- Ghosh N., S.A. Hall, J.F. Casey (1984). Seafloor spreading magnetic anomalies in the Venezuelan Basin. In : The Caribbean - South America Plate Boundary and Regional Tectonics, W.E. Bonini, R.B. Hargraves and R. Shagary (eds.), *Geol. Soc. Am. Mem.*, **162**, 65-80.
- Gibbs A.D. (1984). Structural evolution of extensional basin margins. *J. Geol. Soc. London*, **141**, 609-620.
- Goreau P.D.E. (1983). The Tectonic Evolution of the North Central Caribbean Plate Margin. Ph. D. Thesis, Woods Hole Ocean. Inst./M.I.T., WHOI-83-34, 244 pp.
- Guglielmo Jr. G., M.A. Winslow (1988). Geology of the Eastern San Francisco Push Up Northeastern Hispaniola. Transactions, *11th Caribbean Geol. Conf.*, Barbados, 1986, 18.1-18.21.
- Harding T.P., R.C. Vierbuchen, N. Christie-Blick (1985). Structural styles, Plate-tectonic settings and hydrocarbon traps of divergent (trans-tensional) wrench faults. In : Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, K.T. Biddle and N. Christie-Blick (eds.), *Soc. Econ. Paleont. Mineral., spec. publ.*, **37**, 51-78.
- Heezen B.C., W.D. Nesteroff, M. Rawson, R.P. Freeman-Lynde (1985). Visual Evidence for subduction in the Western Puerto Rico Trench. *Géodynamique des Caraïbes, Symposium Paris*, Technip (ed.), 287-304.
- Hess H.H., J.C. Maxwell (1953). Caribbean research project. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **64**, 1-6.
- Holcombe T.L. (1979). Geomorphology and Subsurface West of St Croix, U.S. Virgin Islands. Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins, J.S. Watkins, L. Montadert and P.W. Dickerson (eds.), *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, **29**, 353-362.
- Houlgatte E., J.F. Stephan, A. Mascle (1984). Structure et signification géodynamique du Passage d'Anegada (NE de la plaque Caraïbe). *10^e Réunion Ann. Sci. Terre, Bordeaux*, Soc. Geol. Fr. (ed.), 290 pp.
- Hugues G.W., C.C. Turner (1977). Upraised Pacific Ocean Floor, southern Malaita, Solomon Islands. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **88**, 412-424.
- Jany I. (1989). Neotectonique au sud des Grandes Antilles : collision (Ride de Beata, Presqu'île de Bahoruco) - subduction (Fosse de Los Muertos) - transtension (Passage d'Anegada). *Thèse de Doctorat, Université Paris VI*, 300 pp.
- Jany I., A. Mauffret, P. Bouysse, A. Mascle, B. Mercier de Lepinay, V. Renard, J.F. Stephan (1987). Relevé bathymétrique Seabeam et tectonique en décrochements au Sud des Iles Vierges (Nord-Est Caraïbes). *C. R. Acad. Sci., Paris*, **304**, II, 10, 527-532.
- Jany I., K.M. Scanlon, A. Mauffret (sous presse). Geological interpretation of combined Seabeam, Gloria and seismic data from Anegada Passage (Virgin Islands, North Caribbean). *Marine Geophys. Res.*
- Jordan T.H. (1975). The Present-Day Motions of the Caribbean Plate. *J. Geophys. Res.*, **80**, 32, 4433-4439.
- Joyce J. (1986). Late Eocene collision between the Eastern Greater Antilles and the Bahama Platform and the tectonic evolution of the Northeastern Caribbean Plate Boundary. *11th Caribbean Geol. Conf. Abstracts, Barbados*, 50-51.
- Joyce J., W.R. Mc Cann, C. Lithgow (1987). Onland Active Faulting in the Puerto Rico Platelet. *Eos*, **68**, 44, 1483.
- Kafka A.L. and D.J. Weidner (1979). The focal mechanisms and depths of small earthquakes as determined from Rayleigh-wave radiation patterns. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **69**, 1379-1390.
- Ladd J.W., T.C. Shih, C.J. Tsai (1981). Cenozoic Tectonics of Central Hispaniola and Adjacent Caribbean Sea. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **65**, 466-489.
- Le Pichon X., J. Bourgeois, B. Mercier de Lepinay, J. Tournon, C. Muller, J. Butterlin, G. Glaçon (1985). Premiers Résultats de la campagne d'Essai du submersible Français «Nautile» dans la Fosse de Porto Rico (Grandes Antilles). *C. R. Acad. Sci.*, **301**, 743-749.
- Lidz B.H. (1984). Neogene sea-level change and emergence, St Croix, Virgin Islands : Evidence from basinal carbonate accumulations. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **95**, 1268-1279.
- Lidz B.H. (1988). Upper Cretaceous (Campanian) and Cenozoic stratigraphic sequence, Northeast Caribbean (St Croix, U.S. Virgin Islands). *Geol. Soc. Am. Bull.*, **100**, 282-298.
- Lithgow C., W.R. Mc Cann, J. Joyce (1987). Extensional tectonics at the eastern edge of the Puerto Rico platelet. *Eos*, **68**, 466-489.
- Mann P., K. Burke (1984). Neotectonics of the Caribbean. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **22**, 4, 309-362.
- Mann P., K. Burke, T. Matumoto (1984). Neotectonics of Hispaniola : plate motion, sedimentation, and seismicity at a restraining bend. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **70**, 311-324.
- Mann P., M.R. Hempton, D.C. Bradley, K. Burke (1983). Development of Pull-apart Basins. *J. Geol.*, **91**, 529-554.
- Marlow M.S., L.E. Garrison, R.G. Martin, J.V.A. Trumbull, A.K. Cooper (1974). Tectonic transition in the northeastern Caribbean. *J. Res. U. S. Geol. Survey*, **2**, 3, 289-302.
- Masson D.G., K.M. Scanlon (en préparation). The regional tectonic setting of Puerto Rico.
- Matthews J., T. Holcombe (1976). Possible Caribbean underthrusting of the Greater Antilles along the Muertos Trough. *7th Caribbean Geol. Conf. Trans.*, Guadeloupe, 235-242.
- Mauffret A., I. Jany, N. Mercier de Lepinay, P. Bouysse, A. Mascle, V. Renard, J.F. Stephan (1986). Relevé au sondeur multifaisceaux du bassin des Iles Vierges (extrémité orientale des Grandes Antilles) : rôle de l'extension et des décrochements. *C.R. Acad. Sci.*, **303**, II, 10, 923-928.
- Maurrasse F., J. Husler, G. Georges, R. Schmitt, P. Diamond (1979). Upraised Caribbean sea floor below acoustic reflector B" at the Southern Peninsula of Haiti. *Geol. en Mijnbouw*, **58**, 71-83.
- Mc Cann W.R. (1985). On the earthquake hazards of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **75**, 1, 251-262.
- Mc Cann W.R., J.W. Dewey, A.J. Murphy, S.T. Harding (1982). A large normal-fault earthquake in the overriding wedge of the Lesser Antilles subduction zone : the Earthquake of 8 October 1974. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **72**, 6, 2267-2283.
- Mc Cann W.R., L.R. Sykes (1984). Subduction of aseismic ridges beneath the Caribbean plate : Implications for the tectonics and seismic potential of the Northeastern Caribbean. *J. geophys. Res.*, **89**, B6, 4493-4519.
- Mercier de Lepinay B., A. Mauffret, I. Jany, P. Bouysse, A. Mascle, V. Renard, J.F. Stephan, E. Hernandez (1988). Une collision oblique sur la bordure Nord-Caraïbe à la jonction entre la Ride de Beata et la Fosse de Los Muertos. *C. R. Acad. Sci.*, **II**, **307**, 10, 1289-1996.
- Minster J.B., T.H. Jordan (1978). Present-day plate motions. *J. geophys. Res.*, **83**, B11, 5331-5354.
- Molnar P., L.R. Sykes (1969). Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from Focal Mechanisms and Seismicity. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **80**, 1639-1684.
- Moussa M.T., G.A. Seiglie, A.A. Meyerhoff, I. Taner (1987). The Quebradillas Limestone (Miocene-Pliocene), northern Puerto Rico, and tectonics of the northeastern Caribbean Margin. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **99**, 427-439.
- Nemec M.C. (1980). A two-phase model for the tectonic evolution of the Caribbean. *9th Caribbean Geol. Conf. trans., Santo Domingo*, 23-34.
- Officer C.B., J.I. Ewing, R.S. Edwards, H.R. Johnson (1957). Geophysical investigations in the Eastern Caribbean : Venezuelan Basin, Antilles Island Arc, and Puerto Rico Trench. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **68**, 359-378.
- Officer C.B., J.I. Ewing, J.F. Hennion, D.G. Harkrider, D.E. Miller (1959). Geophysical investigations in the Eastern Caribbean : Summary of 1955 and 1956 cruises. *Physics and Chemistry of the Earth*, L.H. Ahrens et al. (eds.), **3**, London, Pergamon Press, 17-109.
- Pindell J.L., S.C. Cande, W.C. Pitman III, D.B. Rowley, J.F. Dewey, J. Labrecque, W. Haxby (1988). A plate-kinematic framework for models of Caribbean evolution. *Tectonophysics*, **155**, 121-138.
- Pinet B., D. Lajat, P. Le Quellec, P. Bouysse (1985). Structure of Aves Ridge and Grenada Basin from multichannel seismic data, *Géodynamique des Caraïbes, Symposium Paris*, Technip (ed.), 53-64.
- Ravenne C., C.E. de Broin, F. Aubertin (1982). Structure et histoire de la région Salomon-Nouvelle Irlande. In : Contribution à l'Etude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique. *Trav. Doc. O.R.S.T.O.M.*, **147**, 327-341.
- Ross M.I., C.R. Scotese (1988). A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region, *Tectonophysics*, **155**, 139-168.
- Ryan H.F. and D.W. Scholl (1989). The evolution of forearc structures along an oblique convergent margin, central Aleutian Arc, *Tectonics*, **8**, 497-516.
- Saunders J.B., N.T. Edgar, T.W. Donnelly, W.W. Hay (1973). Cruise synthesis. *Initial Reports of the D.S.D.P.*, **15**, N.T. Edgar, J.B. Saunders et al., editors, Washington, U.S. Government Printing Office, 1077-1111.
- Schell B.A., A.C. Tarr (1978). Plate tectonic of the Northeastern Caribbean Sea regions, *Geol. en Mijnbouw*, **57**, 2, 319-324.
- Sen G., R. Hickey-Vargas, D.G. Waggoner, F. Maurrasse (1988). Geochemistry of basalts from the Dumisseau Formation, southern Haïti : Implications for the origin of the Caribbean Sea crust, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **87**, 423-437.
- Senoglu A.M.C., N. Gorur, F. Saroglu (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape : Turkey as a case study. In : Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, K.T. Biddle and N. Christie-Blick (eds.), *Soc. Econ. Paleont., spec. publ.*, **37**, 227-254.
- Shurbet G.L., J.L. Worzel (1957). Gravity anomalies and structure of the West Indies - Part III. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **68**, 263-266.
- Shurbet G.L., J.L. Worzel, M. Ewing (1956). Gravity measurements in the Virgin Islands. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **67**, 1529-1536.
- Smoot N.C. (1983). Ogasawara Plateau : Multi-beam sonar bathymetry and possible tectonic implications. *J. Geol.*, **91**, 591-598.
- Stein S., C. De Mets, R.G. Gordon, J. Borodholt, D. Argus, J.F. Engeln, P. Lundren, C. Stein, D.A. Wiens, D.F. Woods (1988). A test of alternative Caribbean Plate relative motion models. *J. geophys. Res.*, **93**, B4, 3041-3050.
- Sykes L.R., W.R. Mc Cann, A.L. Kafka (1982). Motion of Caribbean plate during last 7 million years and implications for earlier Cenozoic movements. *J. geophys. Res.*, **87**, B13 10656-10676.
- Trumbull J.V.A., P. Wilde, T.E. Chase, W.R. Normark, C.P. Miller, B.A. Seekins, J.D. Young (1981). Oceanographic Data off Puerto Rico and the Virgin Islands. *LBL Publ.* **360**, Scale 1/781/786.
- Van den Bergh B. (1983). Evolution sédimentaire et structurale depuis le Paléocène du secteur «Massif de la Selle» (Haïti) - «Baoruco» (République Dominicaine) - «Nord de la Ride de Beata» dans l'orogène Nord-Caraïbe (Hispaniola-Grandes Antilles). *Thèse 3^e cycle, Université Paris VI*, 205 pp.

- Van Fossen M.C., J.E.T. Channell** (1988). paleomagnetism of Late Cretaceous and Eocene Limestones and chalks from Haïti : Tectonic interpretations. *Tectonics*, 7, 3, 601-612.
- Vila J.M., P. Andreieff, H. Bellon, A. Mascle** (1986). Tectonique de collage de long d'un accident décrochant, ante-Oligocène, Est-Ouest, dans les Iles Vierges Septentrionales (Antilles). *C. R. Acad. Sci.*, II, 302, 141-144.
- Vila J.M., M. Pubellier, C. Jean-Poix, H. Feinberg, J. Butterlin, D. Boisson, H. Amilcar, H.C. Almicar** (1988). Définition de la limite entre les blocs méridional et septentrional d'Hispaniola : découverte d'un témoin de la nappe de Macaya dans l'anticlinal de Pierre Payen (Centre d'Haïti, chaîne des Matheux, Grandes Antilles); implications géodynamiques. *C. R. Acad. Sci.*, II, 307, 603-608.
- Weaver J.D., A.L. Smith, G.A. Seiglie** (1975). Geology and tectonics of Mona Passage. *Eos*, 56, 451-452.
- Whetten J.T.** (1966). Geology of St Croix, Virgin Islands. In : Caribbean Geological Investigations, H.H. Hess (ed.), *Geol. Soc. Am. Mem.*, 98, 177-239.
- Wilcox R.E., T.P. Harding, D.R. Seely** (1973). Basic Wrench Tectonics. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 57, 1, 74-96.
-