

1985

Modelé et faciès de type contourite à la surface d'une ride sédimentaire édifiée par des courants issus de la veine d'eau méditerranéenne (ride du Faro, Golfe de Cadix)

par JEAN-CLAUDE FAUGÈRES *, MICHEL FRAPPA *, ÉLIANE GONTHIER *, AMAURY DE RESSEGUIER *
et D. A. V. STOW **

Mots clés. — Ride sédimentaire, Contourite, Photographies sous-marines, Écho-faciès, Veine d'eau méditerranéenne, Dépôts récents.

Résumé. — L'étude du modelé et des sédiments superficiels de la ride du Faro [Mougenot et Vanney, 1982] a été effectuée à partir de profils sismiques 3,5 kHz, de 17 prélèvements (carottier par gravité) et de photographies sous-marines (5 stations). Elle montre le rôle des courants de fond, issus de la veine d'eau méditerranéenne sur la dynamique sédimentaire et le caractère de contourite des dépôts actuels et récents :

— figures de courants témoins d'écoulements de direction Est-Ouest, plus actifs sur le fond d'une vallée qui longe au Nord la ride que sur la ride elle-même ;

— sédiments très bioturbés, hétérogènes par leur granulométrie (des silts sableux aux silts argileux) mais homogènes par la nature du matériel biogène (30 à 40 %) et terrigène (60 à 70 %) ;

— distribution de paramètres granulométriques ou lithologiques selon des gradients parallèles à la marge et à la direction des courants ;

— absence d'indice de dépôts turbiditiques.

L'accumulation des dépôts s'effectue préférentiellement au sommet et sur le versant nord de la ride. La distribution des sédiments est perturbée à l'extrémité ouest de la ride par la présence d'un canyon, ainsi que par l'arrivée d'un courant dans une vallée de direction oblique à celle de la ride.

Physiography and contourite characteristics on the surface of a drift built by Mediterranean bottom currents (Faro drift, Cadix Gulf)

Abstract. — Seismic profiles (3,5 kHz), 17 gravity core and submarine photographs (5 stations) were used to study relief and surface facies of the Faro drift [Mougenot *et al.*, 1982]. This drift which extends from East to West on a 50 km area is located on one of the marginal plateaus (or « planaltos ») intersecting the southern western Iberian continental slope. These « Planalto » are overflowed by Mediterranean bottom currents.

The drift is morphologically dissymmetrical ; its northern side is sharp and separated from the continental slope by a valley whereas its southern side is smooth and joins up progressively the planalto. However, the two sides become symmetrical towards the western edge which meets the Faro canyon.

The most active bottom currents are located in the northern valley ; they become more intense from East to West, upstream to downstream, in the direction of the Faro canyon. The less active currents are located on the drift itself ; their activity decreases from East to West and varies in intensity.

Sediments of the drift vary greatly in texture (silty sand to silty clayey muds) and structure. Structural variations are mainly due to an intense bioturbation the effects of which are evident both on the bottom surface and in the core sediments. Conversely, the nature of components is very homogeneous with terrigenous material as well with biogenic material. The distribution of parameters (grain-size, carbonate and clay rate) shows gradients parallel to the margin and bottom current direction. All these features suggest that sediments are contourites. No gravity current indicators nor any significant hemipelagic sediments were observed. Maximum sediment accumulation occurs on the top and northern slope of the ridge, thus accounting for the slope asymmetry.

The sediment dynamic at the North Western edge of the drift changes by the arrival of a very active bottom current issued from a SE-NW southern valley ; this current converges with the northern valley currents in the direction of the Faro canyon. This hydrodynamic environment explains both the symmetry observed in this part of the drift and the anomalous distribution of sedimentary parameters.

La marge septentrionale du Golfe de Cadix présente une morphologie irrégulière marquée par des replats séparés par des pentes très abruptes et des incisions profondes, orientées parallèlement ou perpendiculairement aux isobathes [Vannev et Mougenot, 1981]. Elle est parcourue par des courants liés à la veine d'eau méditerranéenne et canalisés par les vallées de direction Est-Ouest [Heezen et Johnson, 1969 ; Mélières *et al.*, 1970 ; Mélières, 1974 ; Madelain, 1970 ; Ambar *et al.*, 1976]. Les plateaux supportent des accumulations sédimentaires parfois importantes, interprétées à partir de profils sismiques comme de véritables rides de contourites édifiées par les courants de fond [Giesel et Seibold, 1968 ; Mougenot et Vanney, 1982].

Le but de cette communication est de présenter les caractères du modelé et des sédiments superficiels d'une de ces rides, et leur évolution en fonction de l'environnement hydrodynamique. La ride choisie est située sur le plateau

du Faro et a été étudiée lors de la mission Faegas IV [Faugères *et al.*, 1984].

LA RIDE DU FARO (fig. 1).

Cette ride est allongée selon une direction ENE-WSW sur environ 50 km avec une largeur variant de 10 à 25 km ; sa profondeur, de 500 m à l'Est, augmente vers l'Ouest (700 m) où elle s'achève au niveau du canyon du Faro. Au Nord, elle est bordée par une vallée au tracé courbe

* Univ. de Bordeaux I, Dépt. de géologie et océanographie, avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex.

** Grant Institute of Geology, Univ. of Edinburgh, Westmain Road, Edinburgh EH9 3JW, U.K.

Note présentée à la séance du 5 au 7 décembre 1983, déposée le 24 février 1984 ; manuscrit définitif reçu le 13 juillet 1984.

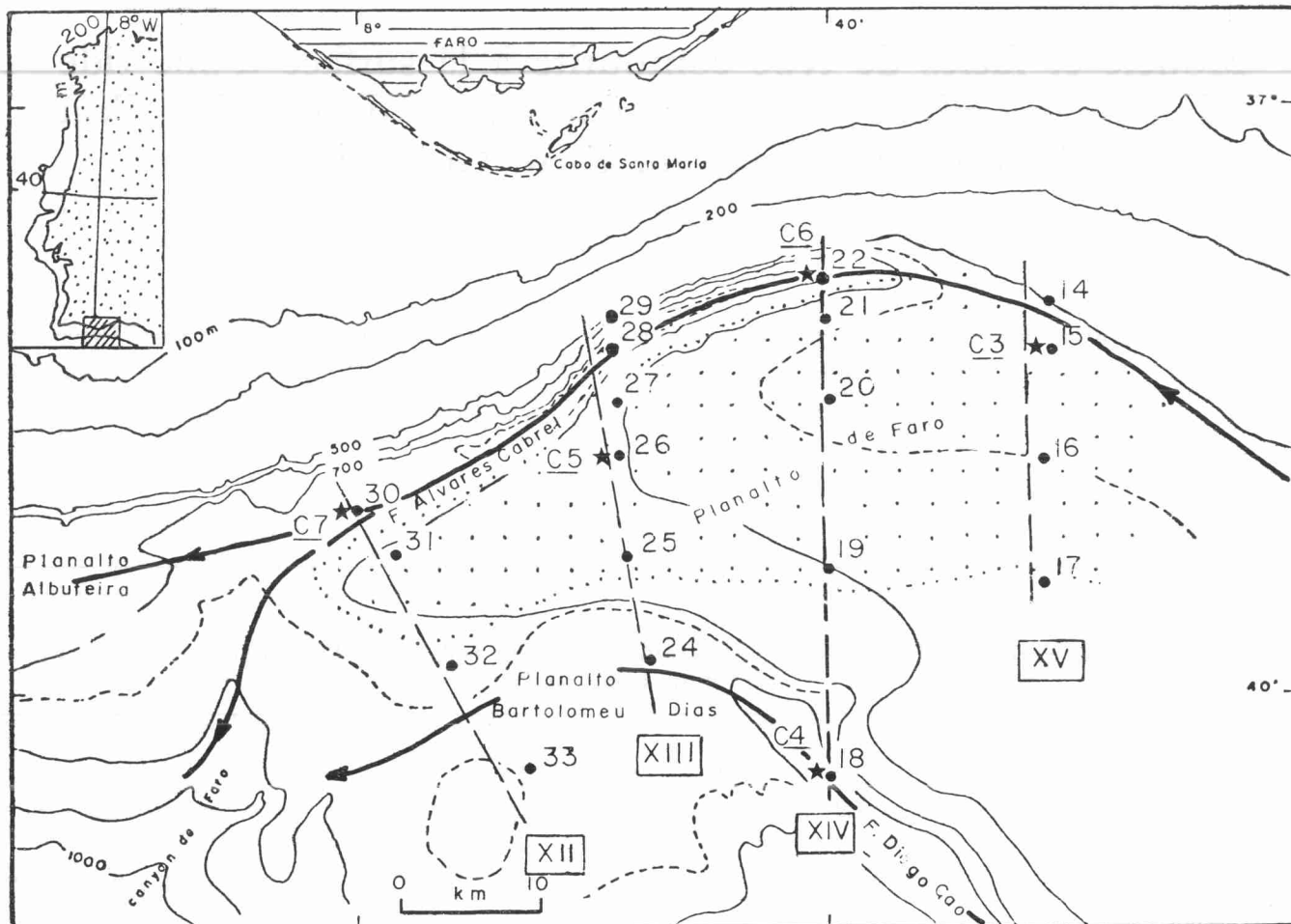


FIG. 1. — Localisation géographique de la Ride du Faro (larges pointillés) et des écoulements de la veine d'eau méditerranéenne : situation des profils sismiques 3,5 kHz (XII à XV), des stations photos (C3 à C7) et des prélèvements (14 à 33).

FIG. 1. — Location of the Faro Drift (large stipple) and Mediterranean bottom currents : situation of seismic profiles (XII to XV), cores (14 to 33) and camera stations (C3 to C7).

(la fosse Alvarez Cabral) ; la dénivellation entre le fond et la crête de la ride varie entre 50 et 160 m. Au Sud, la ride passe à un plateau limité par une vallée très encaissée, la fosse Diogo Cao (250 m). Orientée SE-NW, cette vallée s'élargit rapidement vers le NW, sur le plateau Bartolomeu Dias. Les deux vallées canalisent les écoulements d'Est en Ouest de l'eau méditerranéenne en deux courants principaux qui encadrent la ride et convergent vers le canyon du Faro : des vitesses de 40 à 80 cm/s ont été mesurées dans la vallée sud [Madelain, 1970 ; Mélières *et al.*, 1970].

MÉTHODOLOGIE.

L'étude du modelé a été effectuée à partir de profils sismiques 3,5 kHz (longitudinaux et transversaux) : dans le présent travail, quatre profils nord-sud seront principalement retenus, numérotés de XV à XII sur la figure 1. Elle s'appuie également sur de nombreuses photographies sous-marines prises en cinq stations différentes (fig. 1).

Pour l'étude des sédiments, des prélèvements superficiels ont été effectués à l'aide d'un carottier pilote à partir de 17 stations alignées selon quatre radiales correspondant aux quatre profils précités (fig. 1 et tabl. I). Les résultats des analyses sédimentologiques portent sur les sédiments les plus superficiels. Dans tous les cas et malgré l'abondance des faunes remaniées, l'analyse de la microfaune pélagique a permis de montrer que ces sédiments étaient récents et pouvaient être rapportés le plus souvent à l'Holocène supérieur (tabl. I). Enfin, lorsque le prélèvement le permettait, l'épaisseur du faciès superficiel a été prise en compte ainsi que les caractères du sédiment sous-jacent (fig. 2).

PRÉCISIONS SUR LA MORPHOLOGIE GÉNÉRALE DE LA RIDE.

L'analyse des profils 3,5 kHz (fig. 3a et b) précise la morphologie générale de la ride dont une seule coupe — oblique par rapport à celle-ci — avait été jusqu'alors publiée [Vannoy et Mougenot, 1981] ; elle permet de suivre son évolution longitudinale et le passage aux domaines

Stations		Photographies	Coordonnées	Profond (m)	CaCO ₃ %	Médiane µm	Argile %	Silt %	Sable %	Faciès silto-sableux épaisseur en cm	Age
Vallée Nord	KCP 8214		36°53'37 - 7°30'88	448	35	26	12	71	17	Présent : ép. ?	Holocène indifférencié
	8222	C6	36°54'37 - 7°39'27	635	25	7	18	77	5	Présent : ép. ?	Holocène supérieur
	8230	C7	36°46'31 - 8°00'86	735	60	140	2	30	68	Présent : ép. ?	Holocène supérieur
Flanc N	8215	C3	36°52'17 - 7°30'01	498	50	63	6	51	43	Présent : ép. ?	Holocène indifférencié
	8221		36°53'29 - 7°39'	580	35	31	8	63	29	Présent : 30 cm	Holocène indifférencié
	8227		36°51'00 - 7°49'00	619	30	9	20	75	5	Absent	Holocène indifférencié
RIDE DU FARO Sommet	8216		36°50'00 - 7°30'60	510	45	80	10	27	63	Présent : 5 cm	Holocène indifférencié
	8220		36°50'90 - 7°38'14	520	35	35	8	60	32	Présent : 25 cm	Holocène supérieur
	8226	C5	36°47'50 - 7°48'80	585	35	7,6	18	79	3	Absent	Holocène supérieur
	8231		36°45'20 - 7°57'20	675	25	5	34	62	4	Absent	Holocène supérieur
Flanc S	8217		36°43'43 - 7°30'78	555	30	25	5	70	26	Présent : 10 cm	Holocène supérieur
	8219		36°44'27 - 7°39'97	580	35	10	23	66	11	Absent	Holocène supérieur
	8225		36°44'50 - 7°48'60	645	30	4,6	33	63	4	Absent	Holocène supérieur
Vallée Sud	8218	C4	36°37'28 - 7°39'75	850	55	20	6	61	33	Présent : ép. ?	Holocène indifférencié
Plateau Bortolomeu Dias	8224		36°40'12 - 7°49'81	765	40	35	17	50	33	Présent : > 10 cm	Holocène supérieur
	8232		36°41'10 - 7°55'80	725	35	23	23	65	12	Absent	Holocène supérieur
	8233		36°37'80 - 7°52'70	745	35	25	20	65	15	Absent	Holocène supérieur

TABL. I. — Localisation des prélèvements et stations photos : caractères lithologiques et âge des faciès superficiels étudiés (ép. ? = épaisseur de ces faciès non déterminée).

TABLE I. — Location of cores and camera stations : lithologic data and age of the superficial sediments (ép. ? : unknown thickness).

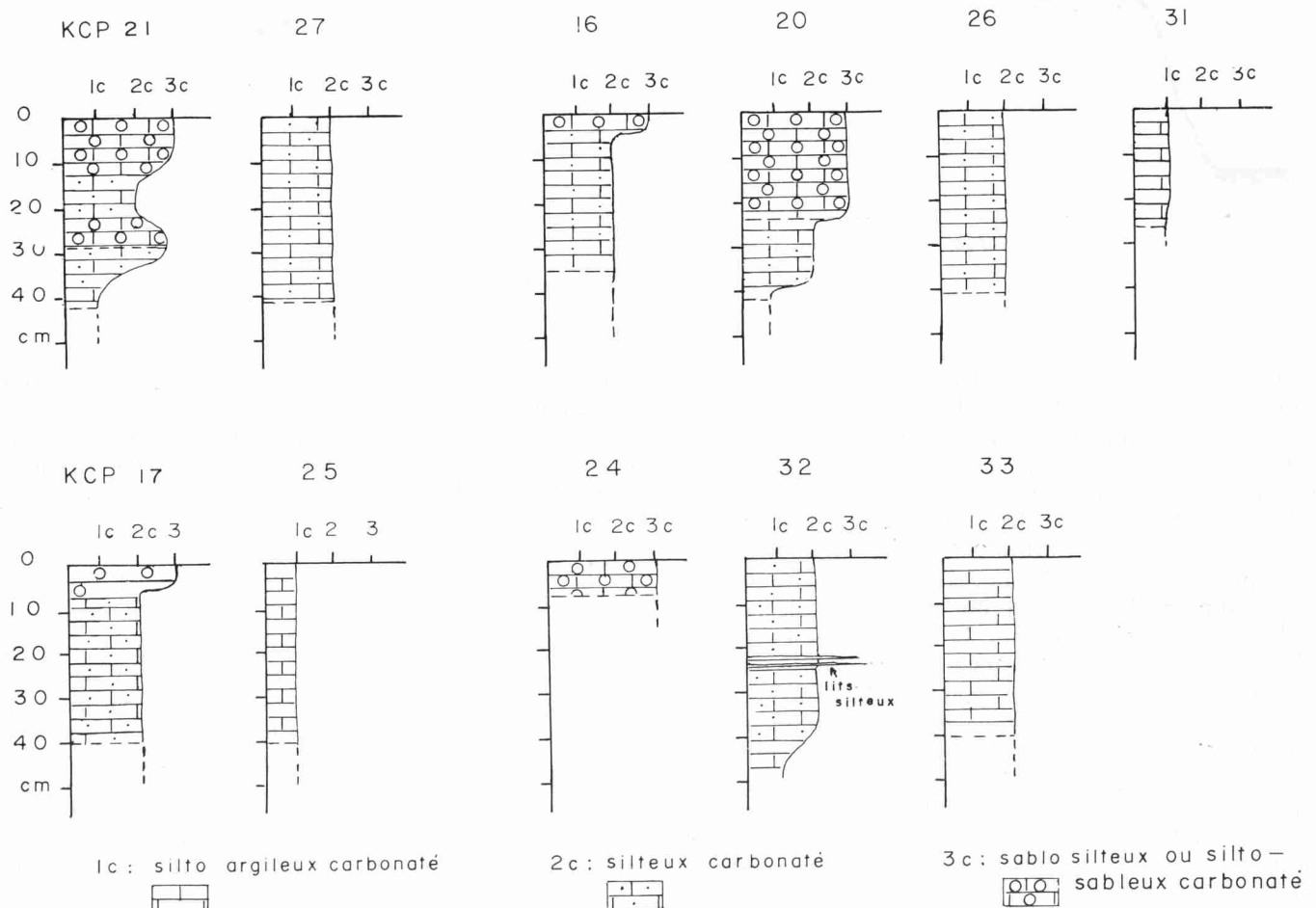


FIG. 2. — Lithologie des sédiments.

FIG. 2. — Core lithology.

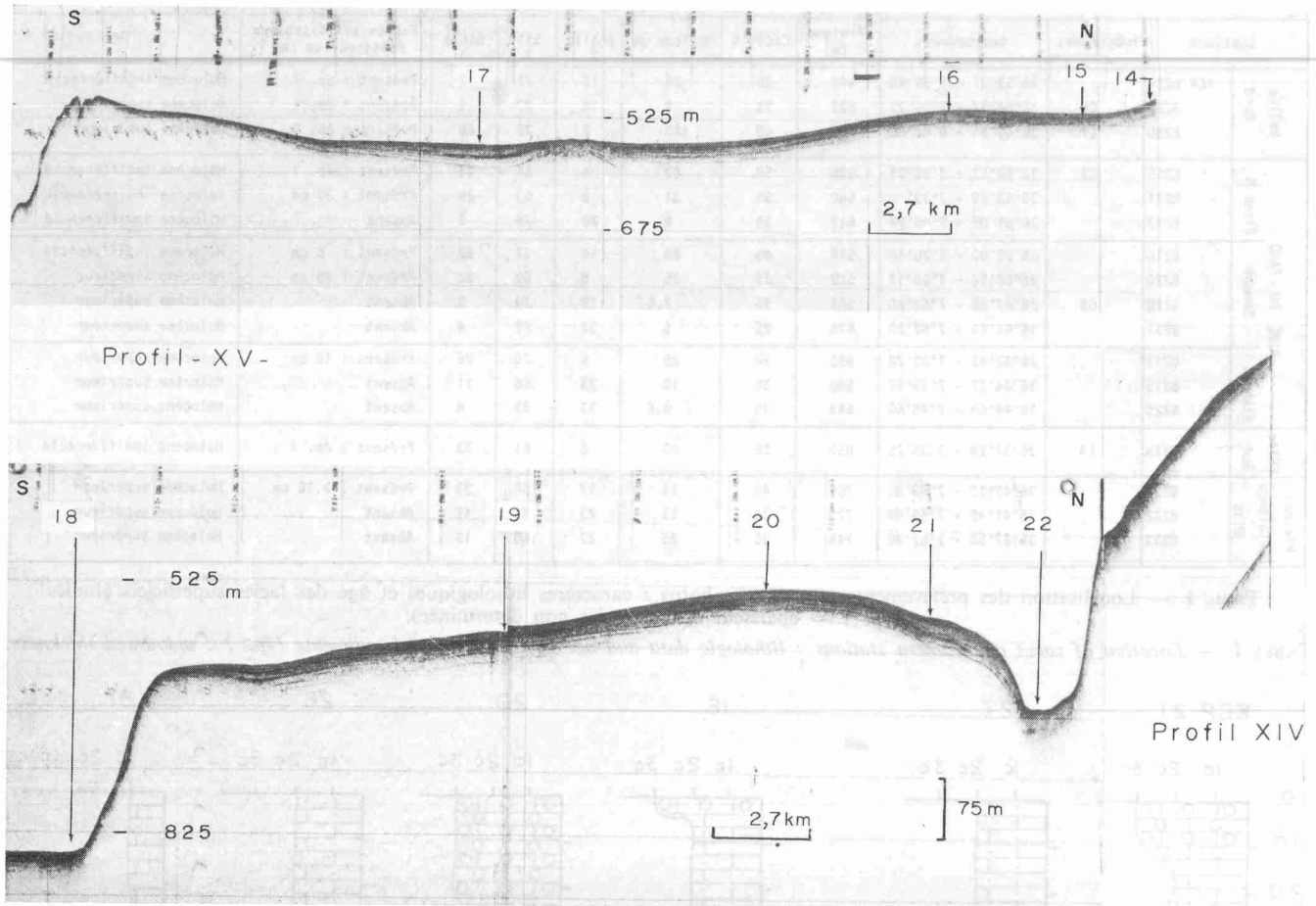


FIG. 3. — a) Profils sismiques 3,5 kHz : n° XV et XIV (cf. fig. 1).

FIG. 3. — a) 3,5 kHz echogram profiles : profiles n° XV and XIV.

morphologiques qui l'entourent, fournissant ainsi des informations sur le contexte hydrodynamique.

— Au niveau du profil XV (partie amont), la ride est tout juste esquissée : dénivellation très faible (5 m) avec la vallée nord qui n'est pas véritablement individualisée, amincissement rapide des dépôts du flanc sud qui passent à un plateau large, accidenté par un haut-fond.

— Au niveau du profil XIV, la ride est mieux marquée dans la topographie, car elle domine le fond de la vallée nord, très encaissée (140 m). Le flanc sud-est en pente faible, passe très progressivement au plateau.

— Au niveau du profil XIII, la ride est bien individualisée avec une dénivellation encore plus importante et une rupture de pente nette entre son flanc sud et le plateau méridional.

— Au niveau du profil XII, à son extrémité ouest, elle reste nettement marquée dans la topographie, mais elle est d'amplitude et d'extension plus modeste avec un profil symétrique ; sur les profils précédents, la ride est très nettement dissymétrique.

Cette évolution de la morphologie montre que, pour l'essentiel, la ride est liée à la vallée nord et isolée de la

vallée sud par un plateau sans accumulation particulière de sédiments. Dans sa terminaison occidentale, les modifications morphologiques suggèrent un contexte hydrodynamique différent qui pourrait être dû à la présence du courant de fond méridional et du canyon du Faro.

MODELÉ ET FACIÈS DE LA VALLÉE NORD (FOSSE ALVARES CABRAL).

Sur les profils 3,5 kHz, le fond de la vallée est caractérisé par un échofaciès épais, sombre, sans miroirs nets ; seuls quelques réflecteurs flous et discontinus sont parfois visibles à la partie inférieure de l'écho (fig. 3a et b). Ces caractères sont typiques des chenaux de pente et glaciaires continentaux, à fonds sableux et parcourus par des courants érosifs [Damuth, 1980 ; Jacobi, 1982]. Le versant nord est très érodé alors qu'au Sud, la vallée est limitée par les accumulations de sédiments du flanc septentrional de la Ride.

Sur les photographies du fond (C6 et C7, fig. 1 et tabl. I), les sédiments ont un aspect hétérogène avec des particules sableuses et plus grossières, dispersées ou concentrées sur

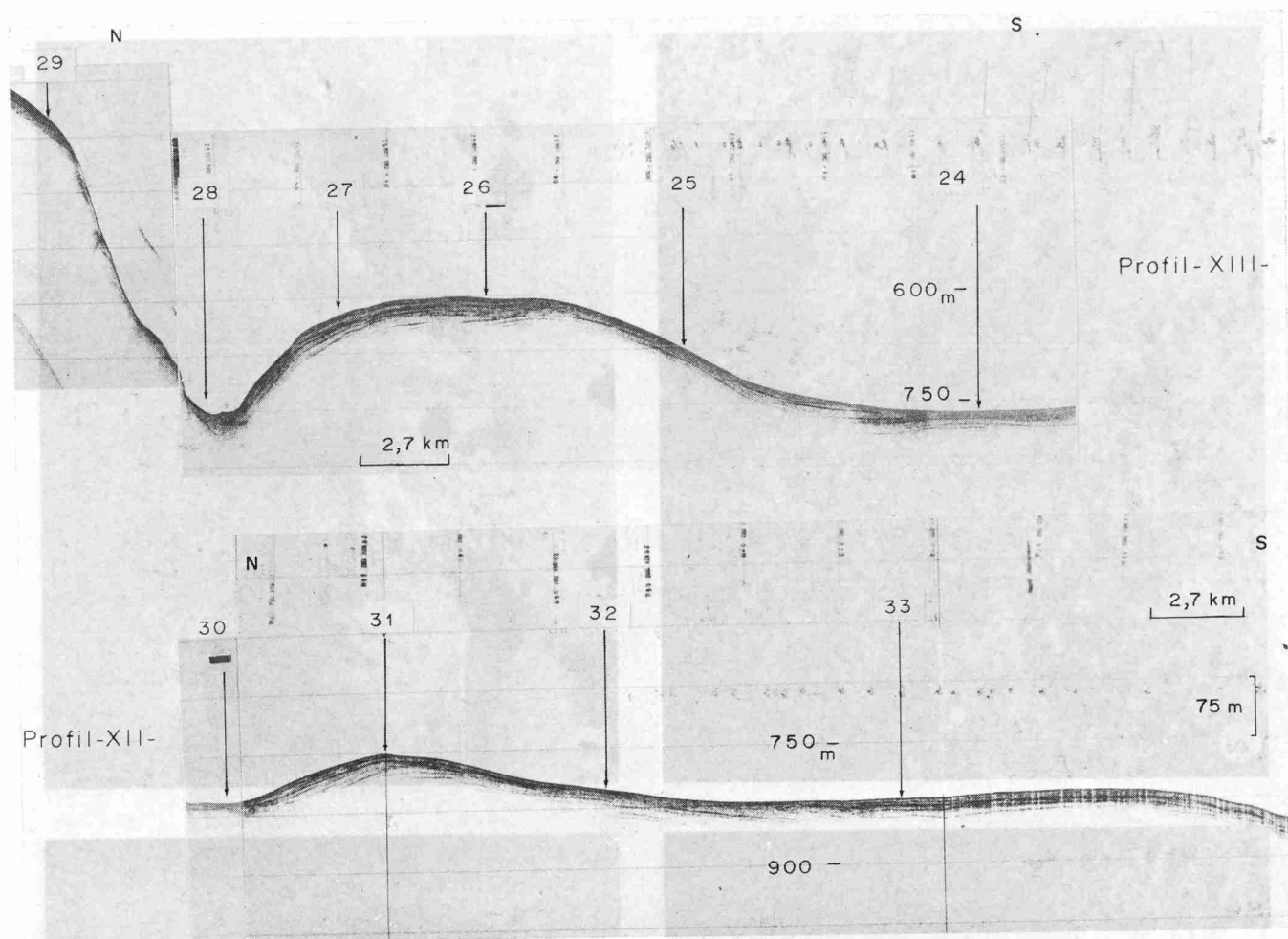


FIG. 3. — b) Profils sismiques 3,5 kHz : n° XIII et XII (cf. fig. 1).

FIG. 3. — b) 3,5 kHz echogram profiles : profiles n° XIII and XII.

des vases fines. De nombreuses figures alignées, de traînage ou d'affouillement, témoignent d'un courant de fond dirigé vers l'WSW. Ces figures sont particulièrement bien développées dans la partie aval où les particules grossières sont plus abondantes (ph. 1). Par contre, les fonds de la station amont présentent de nombreux organismes (Crabes, Échinodermes, Coralliaires, Lamellibranches,...) et les traces d'une bioturbation active (ph. 2 et 3).

Les sédiments superficiels (tabl. I et II) sont compacts en particulier au niveau du prélèvement KC 8222 (très faible pénétration des carottiers). L'analyse granulométrique confirme leur variabilité avec un matériel allant des silts argileux aux sables silteux. Tantôt le matériel biogène est prédominant (Foraminifères pélagiques, Foraminifères benthiques, Lamellibranches, Gastéropodes, Coraux, Bryozoaires), d'autant plus abondant et plus fragmenté que le matériel est plus sableux ; tantôt ce sont les éléments terrigènes et/ou authigènes (quartz, micas, illite, glauconie, pyrite) qui prédominent.

Conclusions. De l'ensemble des données précédentes il apparaît que, dans la vallée nord, l'activité des courants

de fond s'accroît d'amont en aval. A l'amont, le matériel sableux ne constitue que de minces placages discontinus sans formation de rides ; ces placages souvent disposés à proximité de terriers pourraient résulter de l'action combinée de la bioturbation et de courants de faible intensité, transportant les seules particules fines (ph. 4). A l'aval au contraire, les nombreuses marques dynamiques témoignent de la plus forte intensité des courants. La glauconie proviendrait de l'érosion du plateau continental et du talus voisins où elle est présente dans les sédiments superficiels [Monteiro *et al.*, 1981] et où nous l'avons observée à la faveur du prélèvement KC 8229 (fig. 1). Elle serait transportée au sein d'écoulements gravitaires (glissements en masse visibles sur le profil sismique 3,5 kHz), dont le matériel serait ensuite étalé par les courants de fonds.

MODELÉ ET FACIÈS DE LA RIDE.

Sur l'essentiel de la surface de la ride, l'échofaciès est caractérisé par la présence de miroirs réguliers assez bien individualisés. Ces miroirs ne présentent pas d'ondulations

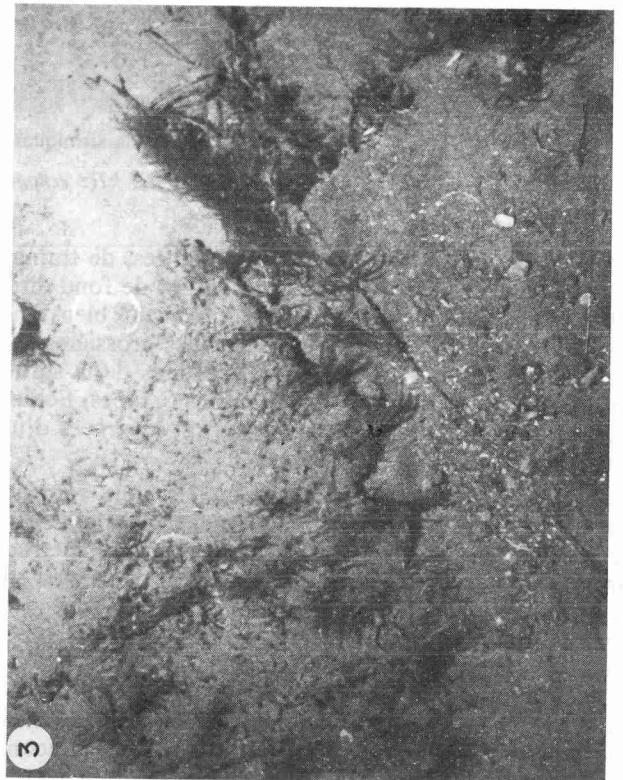
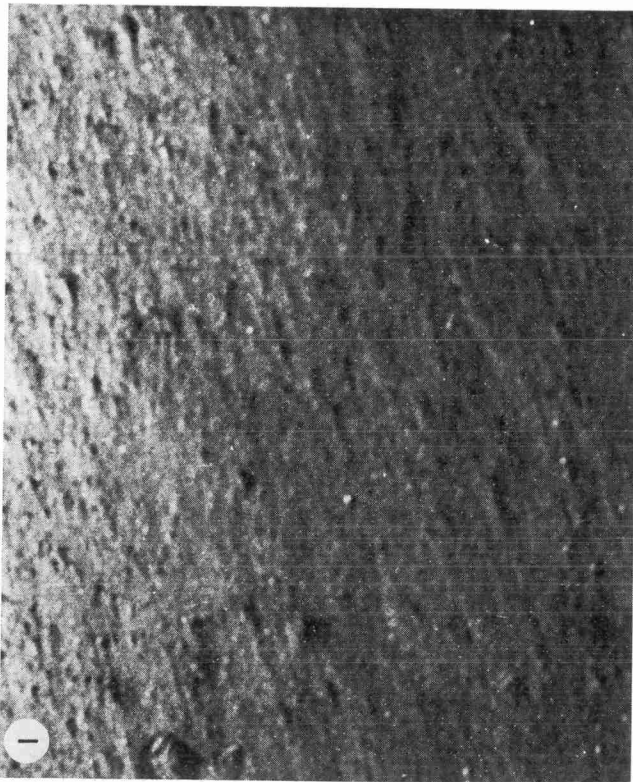


PLANCHE I. — (Légende page ci-contre).

KCP	%		Observations à la binoculaire :		TERRIGÈNE %				BIOGÈNE %		
	> 150 µ	150-63 µ	terrigène + authigène	biogène	Quartz, micas minéraux lourds	oxydes de fer	glauconie	pyrite ou monosulfures	Foraminifères planctoniques	benthiques	bioclasts
8230	48	20	10	58	5		5		23	10	25
8215	37	6	2	40	tr	tr	tr		12	8	20
8221	4	25	13	16	11	2			10	5	1
8227	1	4	1	4	< 0,5	tr	< 0,5		4	1	tr
8216	28,5	34,5	15	48	13	2			35	5	8
8220	4,5	27,5	22	10	21	tr	tr		8	1	1
8226	1,5	1,5	tr	3	tr		tr		2	1	tr
8231	2	2	tr	4	tr		tr		3	1	tr
8217	15	10	tr	25	tr				18	4	3
8219	3	8	tr	11	tr				10	tr	tr
8225	2	2	tr	4	tr	tr	tr	tr	3	1	tr
8218	24	9	3	30	2	tr	tr ?	1			
8224	12	20	8	24	6	2		tr	20	3	1
8232	4	8	tr	12	tr	tr			10	2	tr
8233	2	13	7	8	7	tr			5	2	1
8229	23	36	34	25	25	tr	9		9	6	10

TABLE II. — Composants de la fraction sableuse des sédiments de surface.

TABLE II. — *Components of the superficial sediment sand fraction.*

ou d'hyperboles régulières, souvent observées lorsqu'un courant profond édifie des dunes hydrauliques ou des rides sur le fond [Mélières, 1974 ; Damuth, 1980 ; Jacobi, 1982]. D'Est en Ouest, l'échofaciès s'éclaircit et présente des réflecteurs plus nets, ce qui traduit une évolution des faciès de surface qui deviennent progressivement plus fins et moins compactés. L'épaisseur maximum entre les miroirs superficiels s'observe au sommet et sur le flanc nord de la ride. Vers le Nord, les miroirs deviennent rapidement flous, discontinus ou irréguliers, traduisant des glissements de sédiments vers le fond de la vallée nord (profils XIV

et XIII, fig. 3a et b). Vers le Sud, les épaisseurs diminuent soit progressivement au niveau des profils XV et XIV, soit beaucoup plus rapidement au niveau des profils XIII et XII, où les réflecteurs se biseautent dans un secteur à échofaciès sombre, comparable à celui de la vallée nord et témoin du passage d'un courant.

Deux stations photographiques ont été effectuées (C3 et C5, fig. 1 et tabl. I). Le fond est constitué par de la vase fine sur laquelle reposent des éléments biogènes plus grossiers, peu nombreux ; la vase est très fortement bioturbée avec,

PLANCHE I.

- 1 : Vallée Nord (C7). Fond hétérogène montrant des indices très nets de l'action d'un courant : alignements dus à des nombreuses « queues de comètes » (1 cm = 5 cm).
- 2 : Vallée Nord (C6). Détail d'un secteur très fortement bioturbé où l'on peut reconnaître de nombreux débris coquilliers. Les petits monticules résultant de l'activité organique sont déformés et étirés par un courant (1 cm = 5 cm).
- 3 : Vallée Nord (C6). Accumulation de débris coquilliers en plages décimétriques à proximité d'une colonie de crinoïdes, présence de crabes (1 cm = 5 cm).
- 4 : Sommet de la Ride (C5). Détail du fond montrant des terriers (très probablement de crabes) et les monticules centimétriques de vase accumulée lors du creusement du terrier ; absence de traces de courant (1 cm = 3 cm).

PLATE I.

- 1 : Northern valley (station C7). Heterogeneous substratum with distinct current lineation shown by regular alignment of coarse gravel material (1 cm = 5 cm).
- 2 : Northern valley (station C6). Detail of highly bioturbated seafloor with scattered shell fragments and other coarse debris over mud. Mounds resulting from bioturbation have been elongated by current activity (1 cm = 5 cm).
- 3 : Northern valley (station C6). Detail of seafloor showing patchy accumulation of coarse shell debris over mud. Small colony of crinoids (?) and crabs (1 cm = 5 cm).
- 4 : Drift top (station C5). Detail of seafloor showing burrows, probably created by crabs, and small centimetre-sized mounds formed during excavation of the burrow ; no evidence of current activity (1 cm = 3 cm).

en particulier, de nombreux terriers de crabes (ph. 4 et 5). A l'extrémité orientale de la ride (C3), les débris coquilliers sont abondants et des figures d'affouillement par des courants (ENE-WSW) sont visibles (ph. 5). De telles figures sont absentes à la station aval (C5) où les particules biogènes sont moins abondantes ; par contre, des « fantômes » de rides orientées NE-SW, et liées à un courant SE-NW, sont encore visibles (ph. 6).

Les faciès varient des silts argileux aux silts sableux, avec de 30 à 50 % de carbonates. Ce sont des faciès hétérogènes qui se présentent soit avec des lentilles de matériel silto-sableux dans une vase argileuse, soit avec des lentilles argilo-silteuses dans un sédiment plus grossier (structures de bioturbation et/ou d'origine dynamique). Ces faciès ont des épaisseurs variables reportées sur la figure 2, chaque fois que le prélèvement permettait de les apprécier.

Le matériel carbonaté, dont l'abondance croît avec la granularité, présente une prédominance des Foraminifères planctoniques sur les organismes benthiques (Lamellibranches, Échinodermes, Foraminifères, Bryozoaires, Ostracodes, Gastéropodes). La fraction terrigène sableuse est constituée principalement par des quartz et des micas, les argiles comportant de l'illite avec des traces de chlorite, kaolinite et smectite. Les éléments authigènes sont rares et essentiellement pyriteux, la glauconie n'ayant pas été observée (tabl. II).

D'Est en Ouest, on observe une diminution du taux de carbonate ainsi que de la médiane des sédiments (tant pour le matériel biogène que terrigène) : la réduction de la fraction sableuse s'accompagne d'une nette augmentation des argiles à l'extrémité sud-ouest de la ride (fig. 4, 5 et 6 et tabl. I). Cette évolution longitudinale est mieux marquée sur le flanc nord que sur le sommet, ou le versant sud de la ride.

Si l'on compare l'évolution latérale des données, radiale par radiale, on s'aperçoit que le taux de carbonate est à

peu près constant à l'exception de la radiale XV située la plus à l'Est et où les stations 15 et 16 montrent des valeurs plus élevées, liées à une plus grande abondance des organismes dans les fractions sableuses. Les sédiments les plus grossiers sont observés sur la crête et le flanc nord, où ils présentent les épaisseurs les plus fortes (fig. 2, 5 et 6).

Conclusion. Les dépôts superficiels de la ride du Faro présentent une grande variabilité horizontale tant de leur granulométrie que des proportions relatives de leurs différents composants. Ce caractère exclut que ces dépôts relèvent essentiellement d'une sédimentation uniforme de type pélagique ou hémipélagique. Lorsque la base du faciès superficiel a été recoupée, on n'observe ni la disposition séquentielle, ni le granoclassement ou les structures sédimentaires d'origine dynamique liées à une mise en place par courant de turbidité [Bouma, 1962]. L'absence d'une telle dynamique est confirmée par la grande uniformité de la nature des composants dont la glauconie, témoin d'apports par écoulements de gravité, est absente. Par contre, la prédominance de la fraction silto-sableuse, suggérant un vannage des sédiments, et l'existence de gradients longitudinaux par rapport à la ride, impliquent l'action de courants de fond du type courant de contour. L'ensemble de tous ces caractères conduit à interpréter les dépôts superficiels de la ride comme des contourites [Stow, 1982].

L'activité de ces courants (fig. 7) est perçue directement par observation du fond, ou indirectement par la distribution de paramètres granulométriques, comme la médiane dont la valeur peut être considérée comme proportionnelle à l'intensité des courants. Ainsi, on s'aperçoit que, sur la ride, cette intensité est plus forte sur la crête et sur le flanc nord où s'observent les plus fortes épaisseurs du faciès silto-sableux ; elle décroît progressivement d'Est en Ouest. Toutefois, elle demeure trop faible pour entraîner la totalité des argiles (entre 5 et 30 %) et la formation en surface de

PLANCHE II.

- 5 : Sommet de la Ride (C3). Fond recouvert d'une vase hétérogène à monticules centimétriques et nombreux débris coquilliers. Des alignements en « queues de comète » soulignent la présence d'un léger courant de direction ENE-WSW (1 cm = 6 cm).
- 6 : Sommet de la Ride (C5). Présence de « fantômes » de rides orientées NE-SW sous une fine couverture de vase bioturbée et probablement formées par un courant SE-NW provenant de la vallée Sud et dont l'intensité a fortement diminué (1 cm = 15 cm).
- 7 : Vallée Sud (C4). Sur une ride d'amplitude décimétrique se superpose un système de rides linguoïdes centimétriques d'orientation parallèle (1 cm = 10 cm).
- 8 : Vallée Sud (C4). Fond présentant un système de rides rectilignes dissymétriques, d'amplitude centimétrique et orientées N-S (1 cm = 17 cm).
- 9 : Vallée Sud (C4). Rides longitudinales orientées SE-NW, transgressant sur le système des rides linguoïdes (1 cm = 15 cm) ; les deux types de ride sont formés par un courant de même sens.

PLATE II.

- 5 : *Drift top (station C3). Bottom comprises heterogeneous mud with scattered shell fragments and small centimetre-sized mounds due to bioturbation ; probable lineation indicates weak ENE-WSW current activity (1 cm = 6 cm).*
- 6 : *Drift top (station C5). Ghosts of ripples oriented NE-SW indicate former current activity now covered by a thin veneer of bioturbated mud (1 cm = 15 cm).*
- 7 : *Southern valley (station C4). Valley floor showing a megaripple (amplitude about 10 cm) overrun by a system of smaller scale linguoid ripples with parallel orientation (1 cm = 10 cm).*
- 8 : *Southern valley (station C4). Valley floor with asymmetric rectilinear ripples ; amplitude of the order of a few centimeters ; orientation N-S (1 cm = 17 cm).*
- 9 : *Southern valley (station C4). Valley floor with system of longitudinal ripples or lineation oriented SE-NW (1 cm = 15 cm). This system appears to be transgressing a system of linguoid ripples that shows the same current direction.*

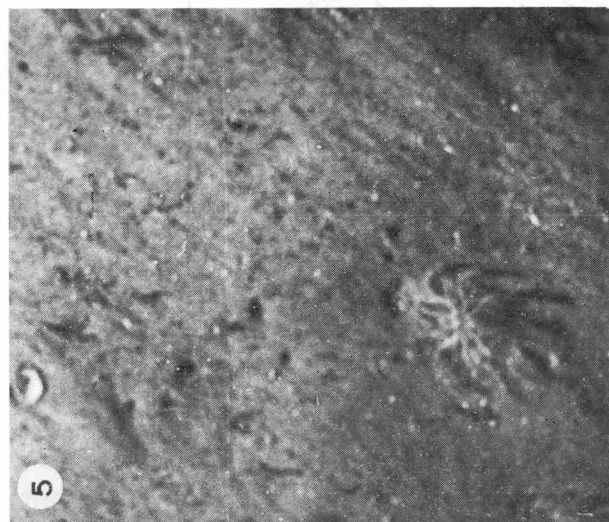
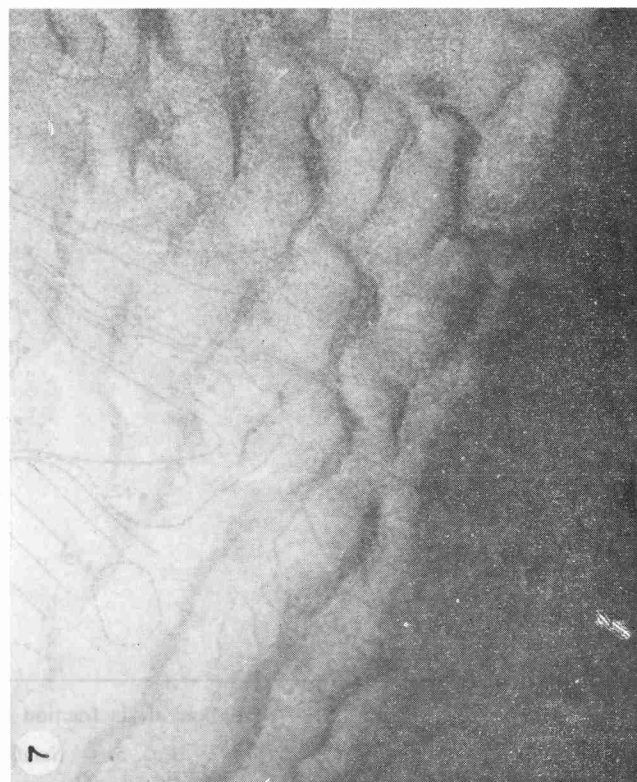
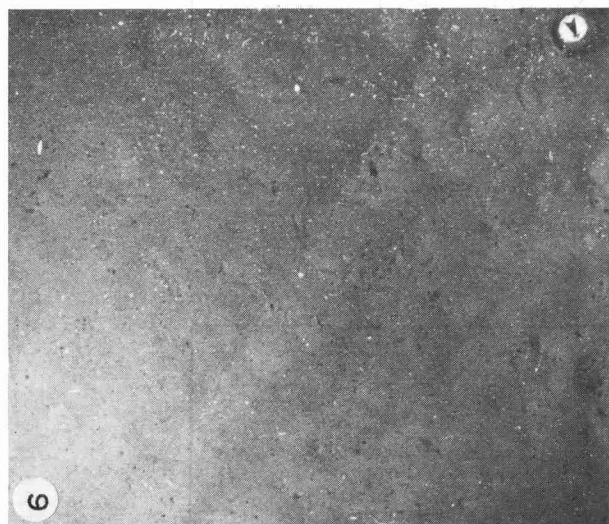
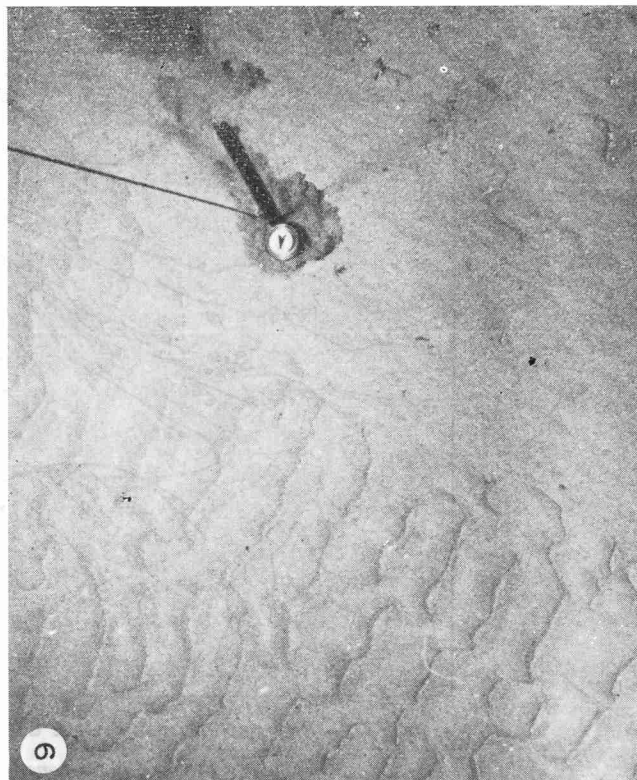
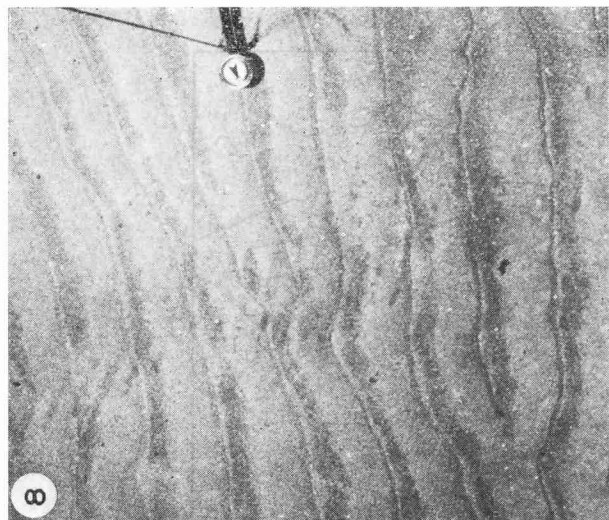


PLANCHE II. — (Légende page ci-contre).

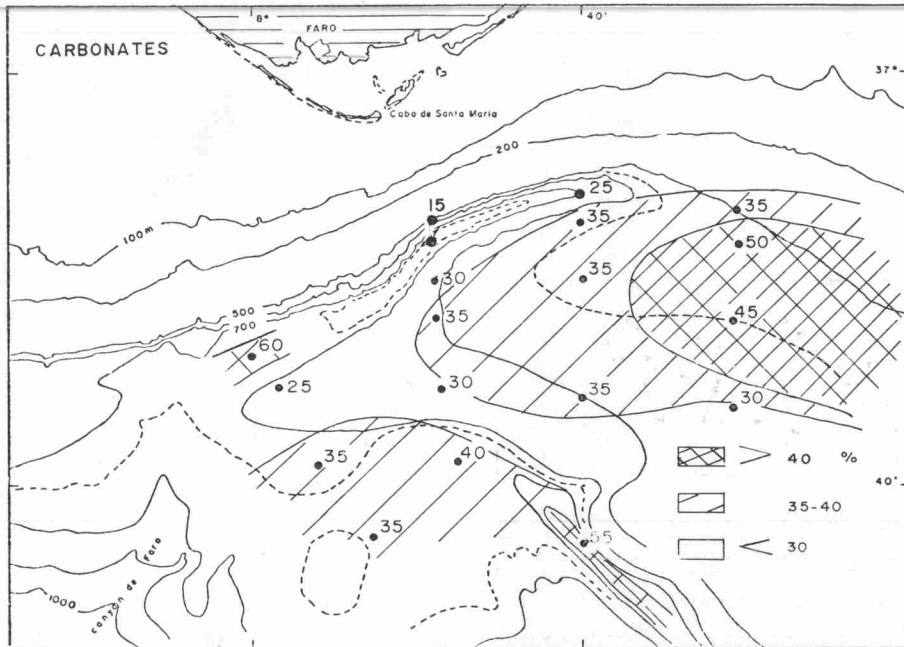


FIG. 4. — Variations du pourcentage des carbonates dans les sédiments superficiels.

FIG. 4. — Carbonate percentage variations.

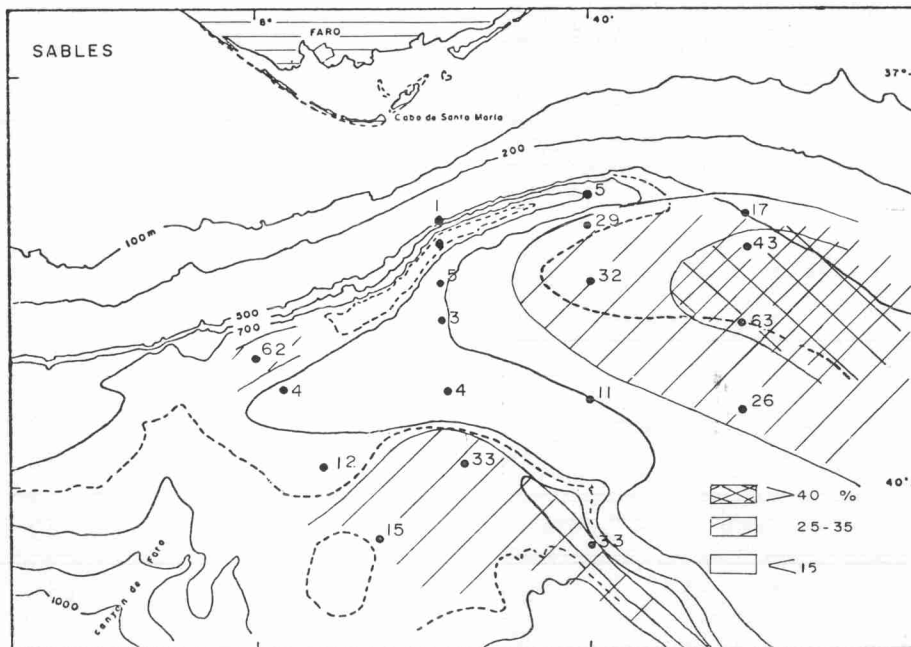


FIG. 5. — Variations de la fraction sableuse dans les sédiments superficiels.

FIG. 5. — Sand fraction variations.

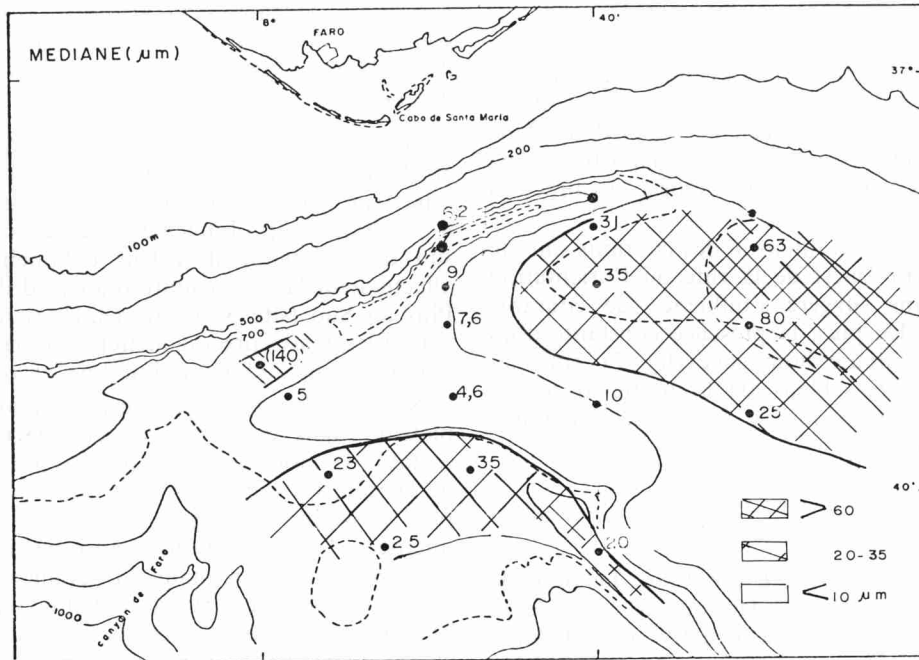


FIG. 6. — Variations de la médiane des sédiments superficiels.

FIG. 6. — Median diameter variations.

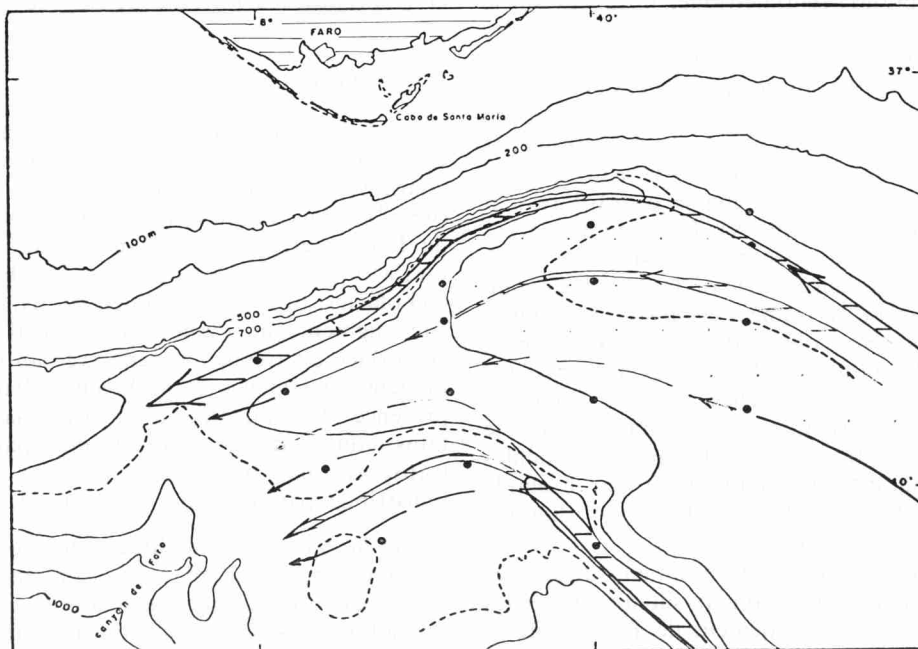


FIG. 7. — Reconstitution des principaux écoulements et de leur intensité (la largeur des flèches est proportionnelle à l'intensité des courants).

FIG. 7. — Reconstruction of the mean flows and of their intensity (width of arrows is proportional with intensity of currents).

figures du type « ridins », rides ou dunes hydrauliques. Au total, ces conditions hydrodynamiques permettent le développement de nombreux organismes sur le fond responsables du caractère très bioturbé des sédiments.

La persistance d'une fraction sableuse non négligeable à la station 17 suggère qu'une branche encore active de la veine d'eau méditerranéenne est présente au pied du flanc sud de la ride : peut-être canalisée par le haut-fond déjà évoqué (fig. 3a), elle s'écoulerait vers l'Ouest en direction de la fosse Diogo Cao.

Des variations récentes de l'intensité des courants ont été enregistrées sur la partie ouest de la ride où l'orientation des fantômes de ridins suggère l'influence de courants issus de la vallée sud. De plus, la présence constante d'un niveau de vase argilo-silteuse homogène (fig. 2), sous les sédiments superficiels silto-sableux de la partie amont et moyenne de la ride, montre qu'il y a eu récemment une intensification des courants.

MODELÉ ET FACIÈS AU SUD DE LA RIDE.

a) *La vallée méridionale (Fosse Diogo Cao)*. Le fond de la vallée présente un échofaciès identique à celui de la vallée nord et typique des chenaux actifs (profil XIV, fig. 3a). Des photographies sous-marines prises à la station C4 montrent un fond sableux affecté par plusieurs systèmes de rides : 1) des rides d'amplitude décimétrique, allongées NE-SW, présentant des accumulations de débris coquilliers dans les creux inter-rides (« bottom set ») (ph. 7) ; 2) des rides linguoïdes, d'amplitude centimétrique, installées sur le flanc long (« stoss-side ») des grandes rides et disposées soit parallèlement, soit de façon légèrement oblique à la crête de celles-ci (ph. 7 et 9) ; 3) des rides rectilignes dissymétriques, d'amplitude centimétrique et d'orientation proche de Nord-Sud (ph. 8) ; 4) des rides longitudinales d'orientation SE-NW : elles semblent constituées de matériel plus fin, portant des traces d'affouillement, et transgressent le système des rides linguoïdes (ph. 9). On notera que ces fonds sont différents de ceux décrits par Mélières *et al.* [1970] plus à l'Est, dans la même vallée où le sable beaucoup moins abondant est disposé en traînées et où sont accumulés de nombreux nodules. Nos observations se rapprochent beaucoup plus de celles faites par les mêmes auteurs dans des vallées situées plus au SE [Clichés 10 et 13, Mélières *et al.*, 1970]. De telles structures sédimentaires ont été citées dans de nombreux travaux sur des zones de défilés parcourus par des courants très actifs [voir par exemple Heezen et Hollister, 1971 — défilé de Drake — ; Stanley et Swift, 1976 — défilé de Gibraltar —].

Le seul prélèvement effectué montre qu'en surface les sédiments sont essentiellement sableux-silteux, biogènes (50 à 60 %) et constitués principalement de Foraminifères planctoniques, la fraction détritique étant formée de quartz, micas et argiles, et les éléments authigènes étant absents. Ce matériel repose sur des argiles anciennes bleues très compactées (Pliocène à Quaternaire ancien) : cette superposition a déjà été observée par Mélières *et al.* [1970].

En conclusion, les courants sont ici intenses (des vitesses de 80 cm/s ont été mesurées), probablement plus rapides

que dans la vallée nord. L'écoulement s'effectue en moyenne du SE vers le NE, parallèlement à l'axe de la vallée. Des variations de l'intensité et de la direction des courants sont bien mises en évidence par la forme et l'orientation des différentes structures dynamiques observées à la surface des dépôts.

b) *Le plateau de Bortolomeu Dias*. Au contact du plateau et de la ride, l'échofaciès déjà évoqué (sombre et sans réflecteur net) suggère la présence d'un courant de fond : il s'agirait du prolongement des écoulements de la vallée sud qui s'étaleraient à leur débouché sur le plateau et affecteraient la sédimentation au pied du versant de la ride. Plus au Sud (site 33 et au-delà), les réflecteurs deviennent nets et les épaisseurs augmentent, formant un écho « drapé », témoin d'une sédimentation fine et régulière.

Nous ne disposons pas de photographies de fond sur ce plateau, mais deux prélèvements (KCP 24 et 32, fig. 1 et tabl. I) montrent que, par rapport aux dépôts voisins de la ride, les sédiments sont plus carbonatés et nettement plus grossiers, témoignant de l'action de courants plus intenses. Les conditions hydrodynamiques doivent être proches de celles régnant au sommet et sur le flanc nord de la ride dans sa partie amont. Le courant issu de la fosse Diogo Cao s'amortit entre la station 24 et les stations 32 et 33, où le matériel est plus fin.

En conclusion, au SW de la ride du Faro se situe une zone à forte activité dynamique, traversée par un écoulement d'abord très intense et canalisé dans la fosse Diogo Cao, puis moins actif et balayant le plateau Bortolomeu Dias et l'extrémité occidentale de la ride (fig. 7).

CONCLUSION.

Sur le plateau du Faro fonctionne actuellement un système complexe d'accumulations sédimentaires édifiées par des courants de fond liés à la veine d'eau méditerranéenne (fig. 7). L'accumulation principale est formée par la ride de Faro. Cette ride est flanquée au Nord par une vallée où l'action des courants profonds est bien visible sur le fond (échofaciès, figures d'affouillement dynamique) ; leur intensité augmente de l'amont vers l'aval ; le matériel déposé en surface est très hétérogène avec un mélange de particules biogènes, terrigènes et authigènes. Parmi ces dernières, la présence de glauconie abondante dans les sédiments du talus continental suggère qu'une partie du matériel est transporté par des écoulements de gravité avant d'être redistribué par les courants de fond.

Sur la ride, l'action directe des courants sur le modelé est moins spectaculaire, avec la présence de figures d'origine dynamique sur sa seule partie amont. Toutefois, cette action se traduit dans la distribution des paramètres lithologiques (granulométrie, taux de carbonates, taux d'argile), faisant apparaître des gradients longitudinaux d'Est en Ouest. Les dépôts superficiels sont des contours silto-sableux à silto-argileuses. Les composants sont de nature identique tout au long de la ride, tant pour le matériel biogène que terrigène. Les éléments authigènes sont rares, et la glauconie issue d'apports gravitaires n'a pas été rencontrée. Enfin,

ces sédiments sont extrêmement bioturbés. La granulométrie des sédiments, la grande variabilité des paramètres lithologiques à l'échelle de la ride excluent le rôle important d'une sédimentation uniforme de type hémipélagique ou pélagique. De même, aucun indice de la présence de courant de turbidité n'a été retrouvé, tant au niveau de la nature des composants que des structures des dépôts. Enfin, l'analyse granulométrique montre que les contourites les plus grossières se rencontrent sur la crête et le flanc nord de la ride où s'observent par ailleurs les accumulations les plus fortes de sédiments. Cette distribution expliquerait la dissymétrie de la ride avec un versant nord à pente forte et progradant dans cette direction.

Au pied du flanc sud de la ride interviennent d'autres écoulements qui modèlent les dépôts de la bordure méridionale du plateau du Faro ainsi que ceux du plateau Bortolomeu Dias. Les plus actifs sont canalisés dans la vallée Diogo Cao où ils développent un système de rides dans des faciès superficiels sableux. Plus à l'Ouest, ils balayent le flanc sud-ouest de la ride et le plateau Bortolomeu Dias. Là, leur action se traduit par un secteur à échofaciès sombre, le caractère plus sableux des sédiments par rapport à ceux du flanc sud-est de la ride et des taux de sédimentation plus réduits. Elle explique la morphologie générale différente de la ride qui présente deux versants symétriques.

Enfin, des variations sont observées dans l'intensité des courants profonds, la période récente apparaissant caractérisée par une accélération de leur activité.

Références

- AMBAR I., HOWE M. R. et ABDULLAH M. I. (1976). — A physical and chemical description of the Mediterranean outflow in the Gulf of Cadix. *Deutsche Hydrogr. Z.*, 29, p. 58-68.
- BOUMA A. H. (1962). — Sedimentology of some flysch deposits. Amsterdam, Elsevier, 168 p.
- DAMUTH J. E. (1980). — Use of high-frequency (3,5-12 kHz) echograms in the study of near bottom sedimentation processes in the deep sea. *Marine Geol.*, 38, p. 51-75.
- FAUGÈRES J. C., STOW D. A. W. et GONTHIER E. (1984). — Contourite drift moulded by deep Mediterranean outflow. *Geology*, vol. 12, p. 296-300.
- GIESEL W. et SEIBOLD E. (1968). — Sedimentechogramme vom Ibero-Marokkanischen Kontinentalrand. In : *Meteor. Forschungsergebnisse*. Berlin, Stuttgart, Gebr. Borntraeger, 1, p. 53-75.
- HEEZEN B. C. et JOHNSON G. L. (1969). — Mediterranean undercurrent and microphysiography west of Gibraltar. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 69, p. 1-95.
- HEEZEN B. C. et HOLLISTER C. D. (1971). — The face of the deep. New York, Oxford University press, 659 p.
- JACOBI R. (1982). — Microphysiographie du Sud-Est de l'Atlantique Nord et ses conséquences pour la distribution des processus près du fond marin et des faciès sédimentaires associés. Actes Coll. Internation. C.N.R.S., Bordeaux, septembre 1981, *Bulletin Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, Bordeaux, 31, p. 31-46.
- MADELAIN F. (1970). — Influence de la topographie du fond sur l'écoulement méditerranéen entre le détroit de Gibraltar et le Cap Saint-Vincent. *Cah. Océanogr.*, XXII, n° 1, janvier 1970, p. 43-61.
- MÉLIERES F. (1974). — Recherches sur la dynamique sédimentaire du Golfe de Cadix (Espagne). Thèse doct., Paris VI, 235 p.
- MÉLIERES F., NESTEROFF W. D. et LANCELOT Y. (1970). — Étude photographique des fonds du Golfe de Cadix. *Cah. Océanogr.*, XXII, n° 1, p. 63-72.
- MONTEIRO J. H., ABRANTES F. G., DIAS J. A. et GASPAS L. (1981). — Upwelling records in recent sediments from southern Portugal : a reconnaissance survey. Coastal upwelling : its sediments record. E. SUSS et J. THIEDE, edit., Plenum Publishing Corporation, part. B, p. 145-162.
- MOUGENOT D. et VANNEY J. (1982). — Les rides de contourites plio-quadernaires de la pente continentale sud-portugaise. Actes Coll. Internation. C.N.R.S., Bordeaux, septembre 1981, *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, Bordeaux, n° 31, p. 131-139.
- STANLEY D. J. et SWIFT D. J. P. (1976). — Marine sediment transport and environmental management. New York, Ed. John Wiley and sons, 592 p.
- STOW D. A. V. (1982). — Courants profonds et leurs dépôts dans le bassin nord-atlantique. Actes Coll. Internation. C.N.R.S., Bordeaux, septembre 1981, *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, Bordeaux, n° 31, p. 151-166.
- VANNEY R. et MOUGENOT D. (1981). — La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes. Analyse géomorphologique. *Mem. Serv. géol. Portugal*, n° 28, 86 p.

