

ESSAI D'INTERPRÉTATION MORPHOLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE DE LA PENTE CONTINENTALE A L'OUEST DE LA PÉNINSULE IBÉRIQUE

par L. BERTHOIS, R. BRENOT et P. AILLOUD

Les sondages intéressant l'ouest de la péninsule ibérique ont eu pour but d'étendre jusqu'au cap Saint-Vincent (Portugal) la reconnaissance morphologique de la pente continentale commencée en 1956 à partir du banc Porcupine (ouest de l'Irlande).

Les travaux ont été entrepris au cours des passages des navires océanographiques de l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes : le « Président-Théodore-Tissier », puis la « Thalassa », lorsque ces bâtiments se rendaient en Mer Méditerranée ou dans les régions situées au sud du détroit de Gibraltar.

Ces premiers résultats ont été ensuite complétés au cours de différentes campagnes de recherches pour la pêche, au large des côtes portugaises.

Cette discontinuité dans les opérations, échelonnées sur plusieurs années, a fait que toute la partie navigation et sondages a été exécutée par le Ct R. BRENOT. La cartographie proprement dite a été exécutée par L. BERTHOIS. Nous avons cherché à établir des corrélations entre la morphologie de la pente continentale et les principaux alignements structuraux du continent ; P. AILLOUD a assumé cette partie du travail.

Navigation et sondages.

Sauf quelques rares exceptions, les reconnaissances bathymétriques n'ont pas été poursuivies par des fonds inférieurs à 100 mètres.

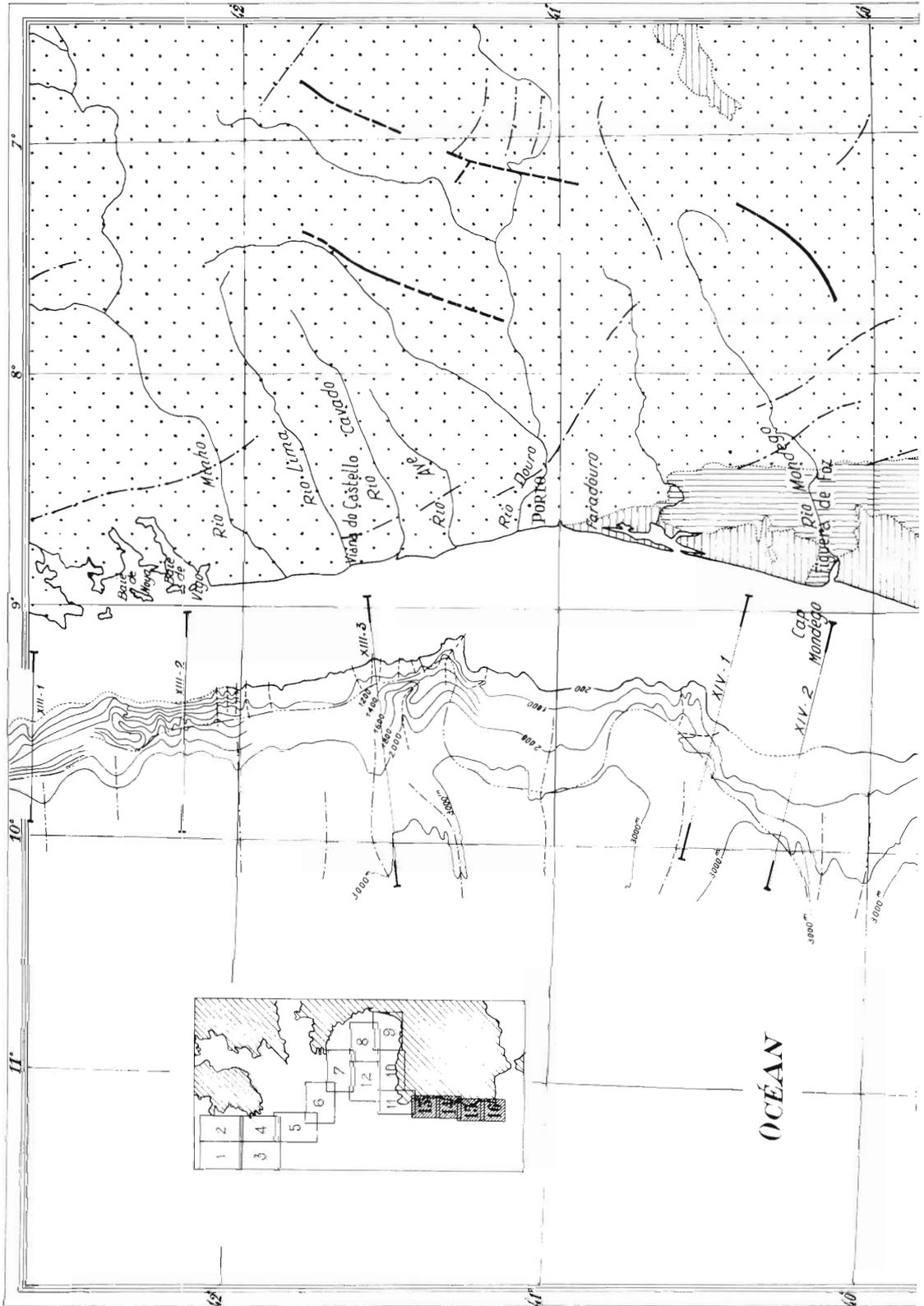
Toute la partie du plateau continental située entre la côte et l'isobathe de 100 m a été représentée en utilisant les excellentes cartes marines portugaises dont les échelles sont voisines de 1/150 000. Elles portent un très grand nombre de sondes dont nous avons utilisé les plus caractéristiques au cours des réductions d'échelle destinées à compléter nos cartes ; ont été également utilisées des sondes de cartes du Service hydrographique français dans la zone nord de notre travail, en bordure de la côte espagnole.

Les sondages ont été exécutés en suivant deux méthodes un peu différentes.

1) Par grandes lignes orientées sensiblement nord-sud, approximativement parallèles et espacées de 5 à 6 milles. Un retour vers la terre effectué périodiquement a permis un repérage au radar sur les principaux caps et un contrôle de la route estimée. Cette méthode était seule utilisable pour le repérage des lignes de sonde du large, dont la distance à la côte hispano-portugaise est comprise entre 40 et 60 milles.

2) La méthode de sondage suivant un tracé en « créneaux » a été utilisée dans une zone atteignant au plus 35 à 40 milles de la côte. Les distances d'ouverture et d'inter-crêneaux ont été d'environ 5 milles. Les mesures au radar ont été poursuivies pendant un temps suffisant pour permettre une bonne correction de « l'estime » aussi bien pendant la période d'approche de la côte que durant celle où le navire s'en éloignait.

Les routes parcourues à l'estime ont ensuite été révisées en fonction des points radar qui ont été obtenus.



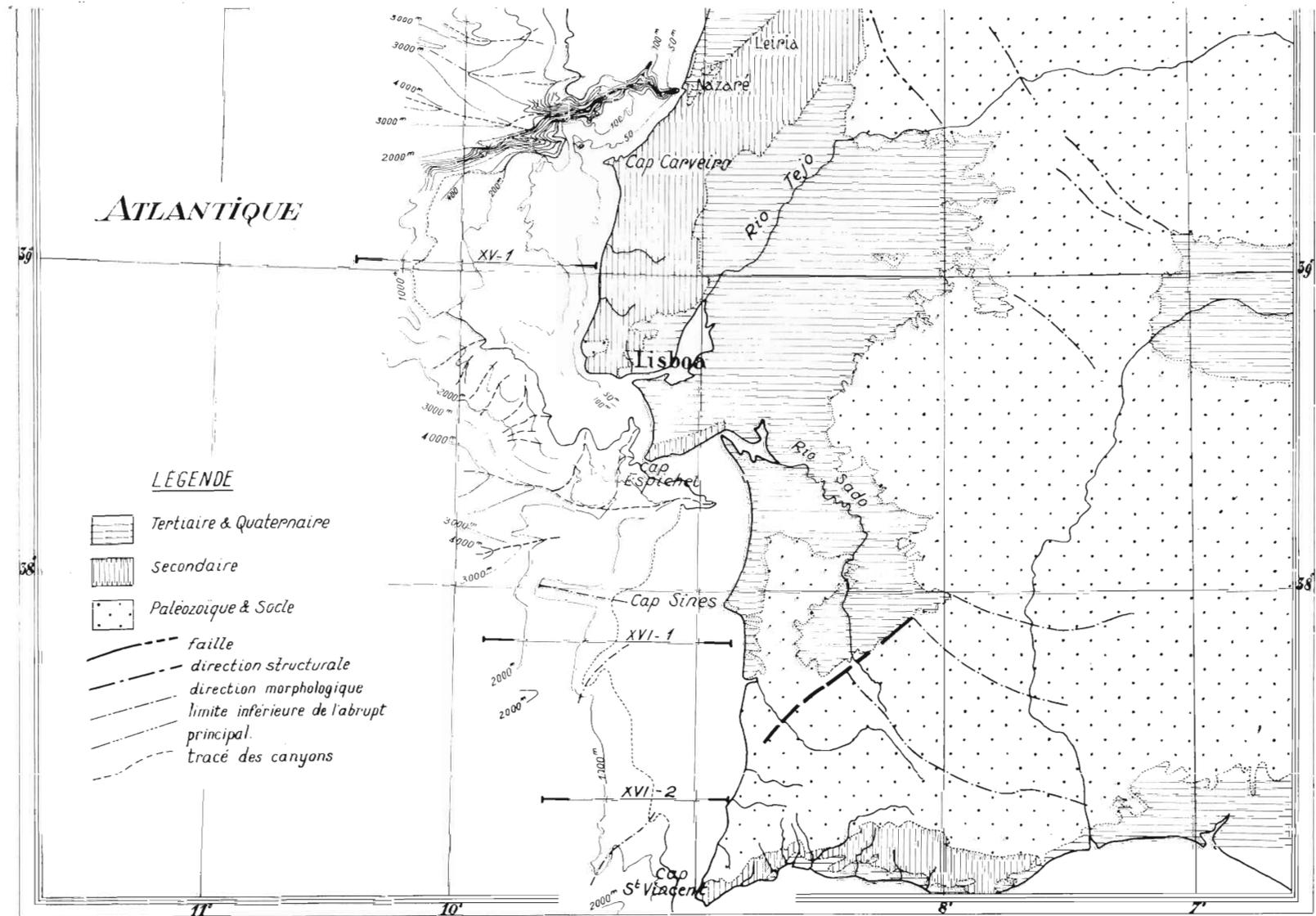


FIG. 1. — Carte de la pente continentale à l'ouest de la péninsule ibérique (en projection conique permettant l'assemblage avec la carte géologique du continent).

Dans le dépouillement des bandes de sondage et leur report ultérieur sur les cartes, nous avons pris en considération tous les changements de pente, sauf lorsque le manque de place rendait impossible l'inscription de toutes les cotes de sonde. Dans ce dernier cas, on a seulement reporté les cotes les plus caractéristiques de la morphologie.

Description morphologique et essai d'interprétation géologique.

Observation préliminaire. La représentation des levés bathymétriques et des lignes structurales de la géologie continentale dans un même ensemble cartographique a nécessité, en plus de l'inévitable accord des échelles, une transformation de la projection de Mercator des cartes marines en projection conique, pour permettre un raccordement satisfaisant avec la carte terrestre.

En ce qui concerne la géologie des abords de la côte hispano-portugaise, les renseignements qui ont pu être réunis sont assez fragmentaires. Les cartes géologiques d'ensemble sont anciennes et incomplètes. Le service géologique du Portugal a entrepris, depuis une dizaine d'années, la publication d'une carte géologique détaillée qui est un modèle du genre ; malheureusement cette carte est encore incomplète et ne couvre pas toute la région qui nous intéresse.

Enfin, les difficultés de détermination de la position du navire le long de ces côtes où il n'existe pas de moyen suffisant de repérage radio-électrique de type Decca ou Loran, ont souvent empêché d'étendre la zone de sondage jusqu'à la plaine abyssale du large.

En conséquence, les résultats que l'on pourra tirer de cette étude resteront forcément assez limités et parfois hypothétiques mais ce travail doit être considéré comme une nouvelle étape dans la connaissance du talus continental et c'est à ce titre qu'il nous a paru indispensable de faire le point de ce qui pouvait être définitivement acquis et de ce qui restait à acquérir encore, en utilisant des hypothèses de travail destinées à orienter de futures recherches.

Quatre unités morphologiques seront distinguées :

- 1) du cap Finisterre à la latitude nord $41^{\circ}20'$ (feuilles n° 11 et 13 des cartes bathymétriques de l'I.S.T.P.M.) ;
- 2) de la latitude nord $41^{\circ}20'$ à celle de $39^{\circ}40'$, au canyon de Nazaré (feuille n° 14) ;
- 3) de la latitude nord $39^{\circ}40'$ à celle de $38^{\circ}20'$, ou du canyon du Nazaré au canyon du Rio Sado (feuille n° 15) ;
- 4) de la latitude nord $38^{\circ}20'$ à celle de 37° , ou du canyon du Sado au cap Saint-Vincent (feuilles n° 15 et 16 des cartes bathymétriques de l'I.S.T.P.M.).

Le cartouche de la carte générale (fig. 1) montre la situation de ces cartes bathymétriques aux échelles moyennes suivantes :

| | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| feuille n° | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| échelle | 1/272 100 | 1/231 500 | 1/236 600 | 1/242 100 | 1/247 000 |

Première unité morphologique, du cap Finisterre à la latitude $41^{\circ}20' N$.

a) Morphologie.

La limite du plateau continental s'établit entre les profondeurs de 400 m au nord et 200 m au sud, selon une direction NNO-SSE sensiblement parallèle à la côte. Cette limite est échancrée de quelques canyons, au nord de la latitude $42^{\circ}20' N$, puis elle devient parfaitement rectiligne en se dirigeant vers le sud.

A ce plateau succède, vers le large, un abrupt de 2 000 à 3 000 m (fig. 2, coupe XIII-1). Le raccord de cet abrupt avec la plaine abyssale n'est pas compris dans la zone explorée par nos sondages, mais l'examen des cartes marines américaines permet de situer très loin vers le large la terminaison de la pente continentale qui atteint les abords du banc de Galice par 12° de longitude ouest.

Sur cette carte figure un replat de 2,5 milles de largeur à la profondeur de 1 000 m, parallèle à l'escarpement du talus et à la côte. Toutefois, les caractéristiques de cette anomalie bathymétrique

devront être confirmées puisqu'un peu plus au sud les sondages du « Président-Théodore-Tissier » et de la « Thalassa » ont seulement mis en évidence une rupture de pente entre 1 000 et 1 400 m de profondeur (fig. 2, coupe XIII-2).

Dans toute la zone nord de la carte bathymétrique n° 13, c'est-à-dire entre 42°30' et 41°30' de latitude, la côte espagnole est échancrée de deux vastes baies : la baie de Noya et la baie de Vigo séparées par les monts de Barbanza ; puis vers le sud se trouve le Minho formant la frontière entre l'Espagne et le Portugal. Le long de la côte portugaise, les principales embouchures de cours d'eau sont celles du Rio Lima (près de Viana do Castelo) et du Rio Cavado.

Malgré la présence de ces embouchures, le talus du plateau continental ne présente aucune indentation notable : l'isobathe de 200 m est quasi parallèle à la côte et celle de 2 000 m esquisse de vastes baies à morphologie très atténuée.

En face du Rio Ave qui est un très petit cours d'eau dont l'embouchure se trouve à 41°32', s'amorce une vallée sous-marine très évasée, elle débute par une pente assez abrupte entre les isobathes de 200 m et de 1 000 m et se poursuit jusqu'à 3 600 m par une baie sous-marine largement ouverte et à versants très adoucis, n'ayant qu'une lointaine parenté avec un canyon classique.

La description morphologique qui vient d'être exposée ne permet l'établissement d'aucune corrélation entre le réseau hydrographique actuel et l'emplacement des indentations du plateau continental ou du talus qui le borde vers le large (fig. 2, coupe XIII-3).

b) Interprétation géologique.

La direction de la crête de la pente continentale, ainsi que la direction générale des isobathes et, par voie de conséquence, du replat topographique accidentant cette pente, sont parallèles à la côte hispano-portugaise et aux alignements structuraux asturiens (fig. 1).

On peut encore, mais avec quelques réserves, établir une corrélation entre la direction générale de la pente continentale et la direction de la faille ou flexure bordière du bassin secondaire du Portugal, qui est, dans le secteur considéré, légèrement oblique par rapport à la direction asturienne. Notons pour terminer que cette direction est masquée, au nord d'Aveiro, sous les formations récentes.

Deuxième unité morphologique, de la latitude nord 41°20' à celle de 39°40'.

a) Morphologie (fig. 2, coupes XIV-1 et XIV-2).

En face de l'embouchure du Douro qui est située à 41°09', il n'existe aucun canyon sous-marin, malgré l'importance de ce cours d'eau du Portugal septentrional. Bien au contraire, on observe en face du fleuve un élargissement du plateau continental et un adoucissement de la pente du talus sur lesquels nous reviendrons.

Il existe, en bordure de la côte portugaise, entre 40°52' (Faradouro) et 40°27' de latitude nord (Lagoa de Mira), une vaste région déprimée au centre de laquelle se trouve la ville d'Aveiro. Dans cette lagune aboutissent des cours d'eau de faible ou moyenne importance, parmi lesquels le Rio Vouga possède le bassin versant le plus étendu, bien qu'il soit assez restreint.

Dans la zone dont le littoral vient d'être décrit, des modifications importantes interviennent dans les dispositions, la forme et l'orientation du plateau continental et de la pente qui lui succède vers le large.

La limite inférieure du plateau continental (isobathe 200 m) est orientée N-S, la crête de la pente continentale est décalée vers le large par deux ressauts de 6,5 et 8 milles situés respectivement à 41°20' et à 40°32' de latitude nord.

La pente continentale offre des aspects variés et l'on observe en premier lieu la disparition du parallélisme entre ses limites supérieure (isobathe de 200 m) et inférieure (isobathes de 2 000 et 3 000 m).

Dans le secteur compris entre les deux « redans », la rupture de pente inférieure, qui s'établit aux environs de la profondeur de 3 200 m, est de forme arquée à convexité tournée vers l'ouest. La pente du talus est relativement faible (10 % en moyenne) ; elle est sensiblement régulière, à l'exception d'une légère rupture de pente à 800 m dont l'orientation est N-S.

Au sud du cap Mondego débouche le Rio Mondego, par 40°08' N (aux abords de la ville de Figuera de Foz). Il n'existe aucun canyon sous-marin en face de cet important cours d'eau dont le bassin versant s'étend jusqu'à la partie méridionale du grand massif éruptif du nord du Portugal. On observe seulement un bassin largement ouvert vers les grands fonds océaniques entre 40°30' et 40°12' de latitude nord.

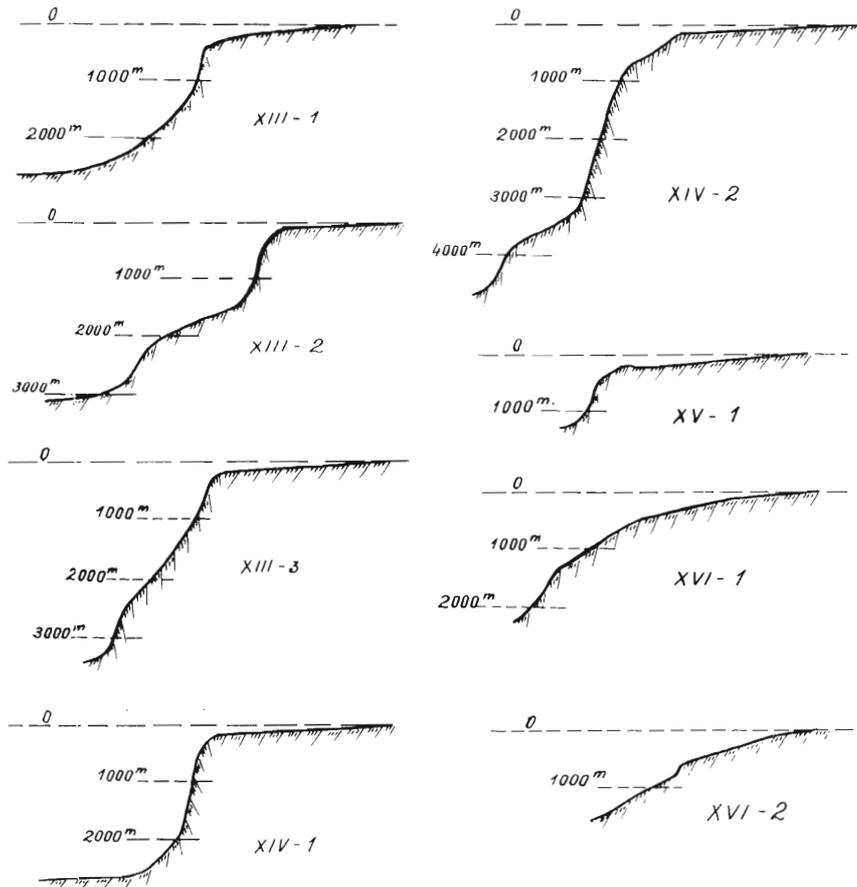


FIG. 2. — Coupes transversales de la pente continentale (le nombre en chiffres romains correspond à celui de la feuille du levé bathymétrique).

Par contre, on remarque, comme en face du Douro, un espacement très marqué des isobathes de 200 et 1 000 m et un espacement encore plus marqué des isobathes de 1 000 et 2 000 m ; enfin la limite ouest de l'isobathe de 3 000 m, qui n'a pas été définie par nos sondages, semble très éloignée vers le large. C'est donc, en définitive, un large promontoire sous-marin en pente douce qui est situé devant cette embouchure.

b) Interprétation géologique.

La direction de la crête de la pente continentale, parallèle à la direction des alignements structuraux asturiens a été suivie sans interruption entre 40°50' et 41°20' de latitude nord.

Cette direction sensiblement N-S apparaît encore au droit de la lagune d'Aveiro (Faradouro).

Notons encore que l'orientation NE-SO qui paraît être la direction générale du redan situé à 40°32' N correspond à celle des alignements structuraux tertiaires.

Mais la régularité relative de la pente continentale est interrompue en deux endroits : entre 41°20' et 40°50' ainsi qu'entre 40°20' et 39°50' de latitude nord.

Dans ces deux zones, la pente est fortement adoucie et l'abrupt du talus est complètement masqué. Ces anomalies ne nous semblent pas liées à une origine tectonique. Il nous paraît qu'une interprétation plus simple, et sans doute préférable, peut être trouvée dans la formation de deux deltas sous-marins, l'un édifié par le Douro, l'autre par le Mondego. Les apports de ces cours d'eau masqueraient l'ancien escarpement d'origine tectonique. La morphologie des talus de ce que nous considérons, provisoirement, comme des deltas sous-marins, nous paraît être un argument supplémentaire en faveur de cette hypothèse.

Troisième unité morphologique, de la latitude nord 39°40 à celle de 38°20, ou du canyon de Nazaré au canyon du Sado.

a) Morphologie (fig. 2, coupe XV-1).

Le ruisseau de Nazaré dont l'embouchure est située entre le Rio Mondego et le cap Carveiro voit se développer un énorme canyon sous-marin connu depuis fort longtemps dans sa partie voisine du littoral. La morphologie de ce canyon de Nazaré est fort abrupte jusqu'à l'isobathe de 2 000 m. Il présente, par 9°36 de longitude ouest Gr., un resserrement marqué, mais ensuite, la vallée s'élargit considérablement jusqu'aux fonds de 4 000 m où le relief est encore bien marqué.

Au nord du versant septentrional du canyon de Nazaré, il existe une étroite échancrure qui semble atteindre 3 500 m (39°43' N) ; toutefois cet accident topographique, signalé par une seule ligne de sondage, doit être adopté avec quelques réserves.

Une autre baie profonde et largement ouverte s'étend de 39°47' à 39°57' de latitude nord, mais elle s'amortit vers l'est avant d'atteindre l'isobathe de 1 000 m.

Nous mentionnerons, pour terminer, qu'il existe une petite vallée sous-marine à la latitude des îles Berlingues ; elle rejoint le grand canyon de Nazaré. Il n'existe aucun cours d'eau important entre le cap Carveiro et le cap da Roca. Au sud du cap Carveiro (39°22' N) les isobathes de 200 m et de 1 000 m s'éloignent de la côte portugaise. Au cap da Roca (38°46' N) correspond, à 38°51' N, un cap sous-marin nettement marqué par l'inflexion vers l'ouest de l'isobathe de 2 000 m.

A l'embouchure du Tage (38°41' N) ne répond aucune indentation marquée des isobathes. Nous y reviendrons un peu plus loin en étudiant le canyon du Sado.

Entre l'embouchure du Tage et le cap Espichel, le niveau des couches géologiques se relève progressivement vers le sud, c'est-à-dire de Quinta Nova (altitude 35 m) jusqu'aux énormes falaises jurassiques qui s'étendent du cap Espichel à Setubal pour former les splendides contreforts de la « serra » d'Arrabida dominant l'embouchure du Sado de plusieurs centaines de mètres (489 m à Formosinho). L'embouchure du Sado, qui draine toute la région comprise entre Evora et Santiago de Cacem, vient buter au nord contre la grande barrière constituée par la serra d'Arrabida.

Au sud de cette embouchure, par 38°16' N, s'amorce le grand canyon du Sado qui s'élargit rapidement par 9°20 de longitude ouest où une vallée affluente remonte vers le nord en direction du Tage. Dans les grandes profondeurs, le canyon du Sado prend une extension considérable, il s'étend alors de 37°57 à 38°35 de latitude nord aux environs de l'isobathe de 3 000 m.

En résumé, les canyons de Nazaré au nord et du Sado au sud, limitent un plateau continental profond, faiblement incliné jusqu'à la profondeur d'environ 400 m ; il en résulte qu'entre 39°20 et 38°50 de latitude nord, l'amorce de la pente continentale a seule été explorée au cours des sondages.

b) Interprétation géologique.

Le peu de données que nous possédons actuellement sur cette partie du précontinent ne permet pas d'entreprendre une interprétation complète. On peut cependant observer que le canyon de Nazaré prolonge la limite nord de la dorsale mésozoïque. En outre, l'extension vers l'ouest de l'isobathe de 100 m sur le plateau continental paraît être une extension du massif éruptif de Cintra.

Par contre, les éléments dont nous disposons actuellement ne permettent pas d'identifier sur le précontinent, le prolongement de la faille du Tage.

Enfin, la direction sensiblement est-ouest du grand canyon du Sado ne peut être reliée qu'hypothétiquement au champ de fractures du cap Espichel.

Quatrième unité morphologique, de la latitude nord 38°20 à celle de 37°, ou du canyon du Sado au cap Saint-Vincent.

a) Morphologie (fig. 2, coupes XVI-1 et XVI-2).

Entre l'embouchure du Sado et le cap Sines, n'existent que de très petits cours d'eau n'ayant, en général, qu'une communication périodique et assez précaire avec l'Océan.

A la latitude du cap Sines (37°58' N) l'isobathe de 200 m ne subit aucune inflexion mais, par contre, l'isobathe de 1 000 m cerne un promontoire qui avance vers l'ouest sur plus de 12 milles, et atteint une profondeur de 500 m seulement. On peut se demander si la venue éruptive du cap Sines n'a pas un prolongement sous-marin.

Entre le cap Sines et le cap Saint-Vincent, le seul cours d'eau ayant une certaine importance est le Rio Mira qui rejoint l'Océan près de Villa Nova de Milfontes ; aucun canyon sous-marin n'existe au large de son embouchure.

Du cap Saint-Vincent à la pointe de Sagrès s'étendent ensuite, vers Lagos, les grands affleurements jurassiques qui créent une certaine parenté entre cette région et celle du cap Espichel. Il n'existe pas de canyon sous-marin au large du cap Saint-Vincent mais une zone à morphologie perturbée dans laquelle s'amorcent des vallons mal définis et de petits hauts-fonds sous-marins dont les contours fort complexes ne sont que partiellement reconnus par nos levés complétant la carte marine portugaise. Nous noterons plus particulièrement :

- a) haut-fond de 140 m, coordonnées : lat. N : 37°14, long. O Gr. : 9°13,
- b) haut-fond de 196 m, coordonnées : lat. N : 37°12, long. O Gr. : 9°17,
- c) haut-fond de 410 m, coordonnées : lat. N : 37°09, long. O Gr. : 9°22.

b) Interprétation géologique.

En résumé, le plateau continental est exceptionnellement profond dans le secteur où il s'étend en pente peu accusée jusqu'à la profondeur moyenne de 600 m, quelques hauts-fonds troublent cette morphologie.

Les très grandes difficultés rencontrées dans cette zone pour fixer la position exacte du navire n'ont pas permis d'étendre d'une façon continue, nos investigations jusqu'aux fonds de 2 000 m.

Il en résulte une incertitude préjudiciable dans la détermination des directions des accidents morphologiques c'est pourquoi nous mentionnerons seulement qu'au large du cap Saint-Vincent s'amorce un canyon dont la direction NE-SO peut être en corrélation avec la direction identique de la structure continentale.

Résumé et conclusions.

Malgré ses imperfections et ses lacunes, cette mise au point des résultats actuellement acquis a montré que :

- 1) il n'existe aucune corrélation entre le réseau hydrographique actuel et la répartition des canyons sous-marins ;
- 2) la direction de la pente continentale paraît en grande partie, et sur une grande longueur des première et deuxième unités morphologiques, parallèle aux alignements structuraux asturiens du continent et sans doute également à la faille ou flexure bordière du bassin secondaire du Portugal ;
- 3) le canyon de Nazaré prolonge la limite nord de la dorsale mésozoïque du Portugal ;
- 4) la morphologie originelle du talus continental est interrompue et masquée par deux deltas sous-marins qui auraient été édifiés par le Douro et le Rio Mondego (ou leurs ancêtres lointains) mais ces accidents modifient localement une morphologie dont les grands traits restent indissolublement liés à la tectonique.