

ESSAI D'INTERPRETATION MORPHOLOGIQUE ET TECTONIQUE DES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES EXÉCUTÉS DANS LA PARTIE SUD-EST DU GOLFE DE GASCogne

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

Les cartes des levés bathymétriques effectués sur les abords du plateau continental entre l'ouest de l'Irlande et le cap Finistère (Espagne) ont été publiées par l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes.

Ces levés bathymétriques ont été complétés au cours des années 1961-1963 à chaque fois que les navires de l'Institut des Pêches maritimes (« Président Théodore Tissier », puis « Thalassa ») ont eu l'occasion de parcourir la zone étudiée, au cours de leurs campagnes d'hydrologie ou de prospection pour la pêche.

Mais il était devenu nécessaire de coordonner et surtout de compléter les données recueillies, par une campagne plus spécialement consacrée à la bathymétrie, c'est ce qui a été fait en juin 1964.

Au cours de cette dernière campagne de sondages exécutés à l'aide d'un sondeur Atlas-Echolot 601, les routes du navire ont été immédiatement tracées sur les cartes d'une façon définitive en combinant les renseignements obtenus à l'aide des chaînes Decca 1 et 8, du radar sur la côte espagnole et de l'estime au loch entre les deux zones de navigation où les appareils électroniques pouvaient être utilisés.

Le dépouillement des bandes d'enregistrement du sondeur a été fait à mesure de leur déroulement, les côtes étant relevées à tous les changements de pente importants. Le dessin sur la carte « minute de travail » était exécuté dès l'achèvement du contrôle de la navigation et du report des points successifs de la route du navire, déterminés à la passerelle toutes les 30 minutes.

L'exécution de ce travail d'équipe, auquel les officiers de la passerelle : MM. NICOLAS, CREACH et LE MAT, ont apporté le plus grand soin, nous a permis de fixer, en un temps relativement court, les lignes essentielles d'une morphologie sous-marine dont certains aspects étaient assez inattendus et nécessitaient de ce fait, un contrôle immédiat qui eût été impossible, sans une exécution complète du travail au cours des sondages.

Ceci ne signifie nullement que nous considérons la bathymétrie actuellement fixée comme définitive et intangible dans ses détails, mais nous pensons qu'il est superflu d'envisager des cartes à plus grande échelle tant que la précision de la navigation ne sera pas nettement améliorée par la mise en service, sur la côte espagnole, d'une chaîne de repérage du type « Decca Navigator ».

En conséquence, puisque nous sommes momentanément limités à des échelles cartographiques voisines de 1/300 000, il ne peut être envisagé que la représentation des traits saillants de la morphologie sous-marine, en négligeant ou schématisant les accidents locaux peu importants.

La carte générale (fig. 1) groupe les levés bathymétriques des feuilles n° 8, 9, 10 et 12, complétés jusqu'à la zone abyssale depuis l'édition de 1960-1961. Une interprétation préliminaire de ces cartes bathymétriques a été présentée par J. FURNESTIN, Président du Comité atlantique, au Conseil international pour l'Exploration de la Mer réuni à Copenhague (Charlottenlund) (Procès-verbal de septembre-octobre 1964).

Les levés originaux exécutés à des échelles voisines de 1/300 000 ont été réduits puis transformés pour permettre l'assemblage, suivant une projection conique, d'une topographie sous-marine exécutée en projection de Mercator ; P. AILLOUD nous a apporté sa collaboration pour l'interprétation géologique.

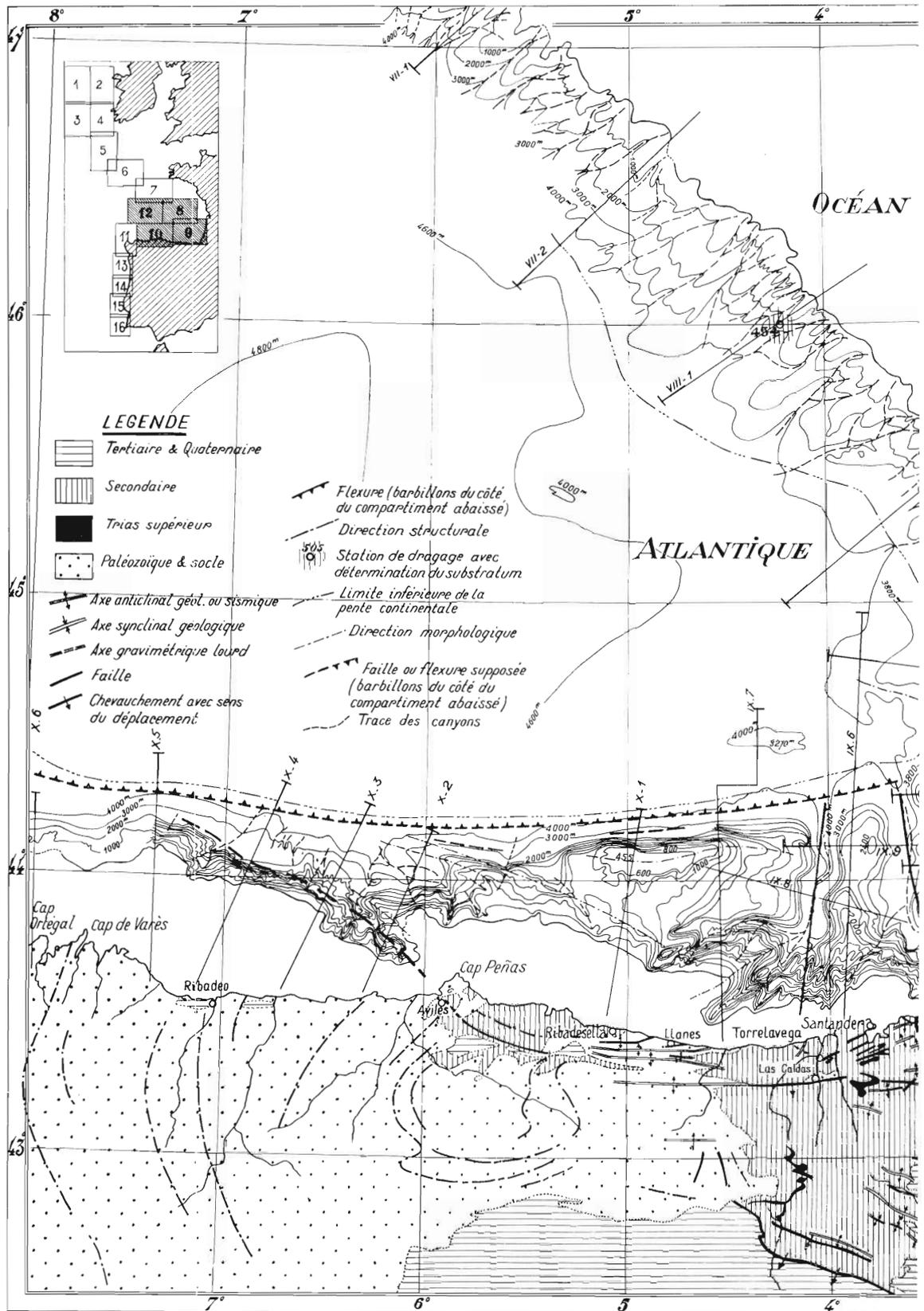
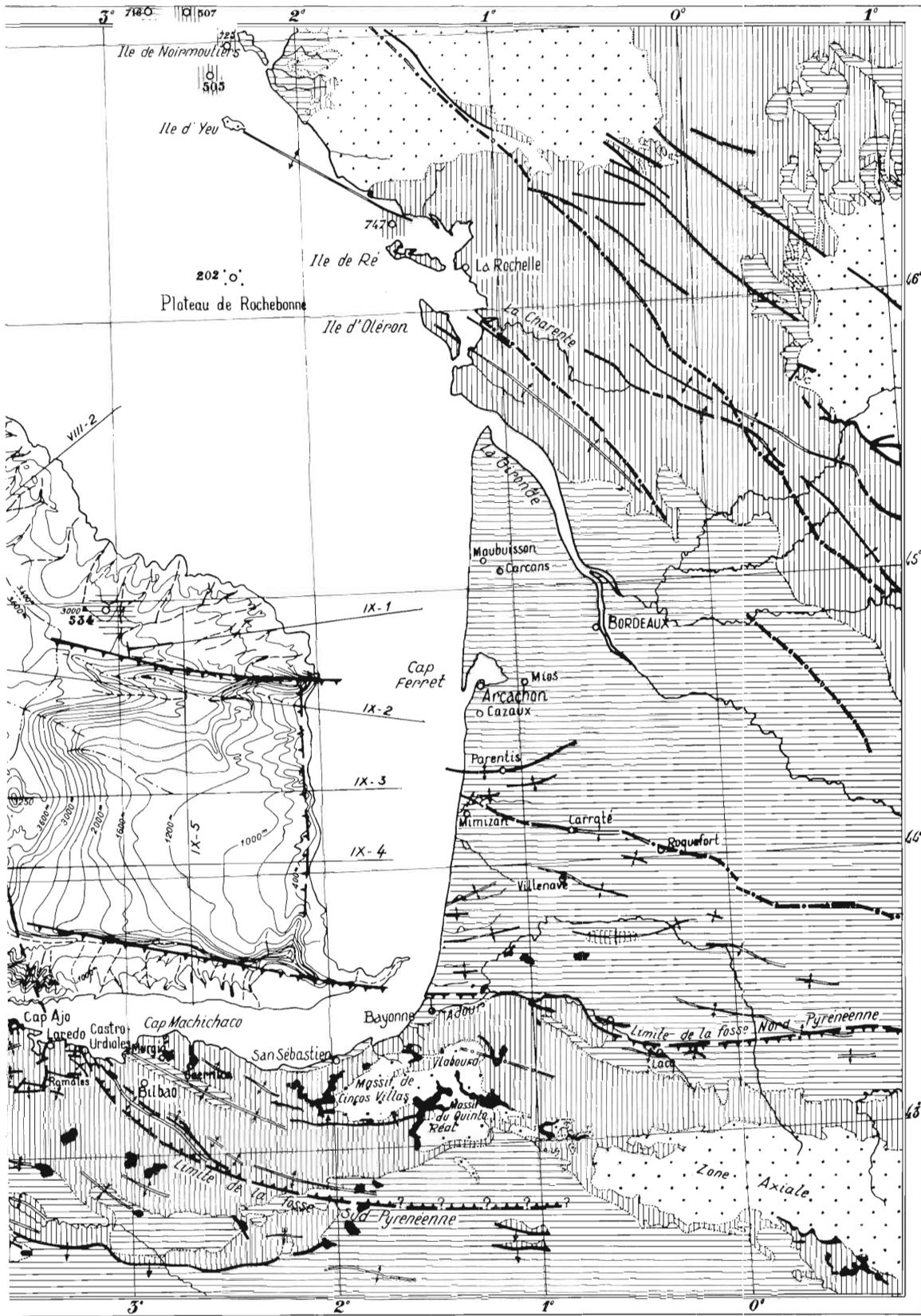


FIG. 1 — Carte générale des levés bathymétriques et assemblage.



en projection conique, avec la carte géologique du continent.

Description morphologique et interprétation géologique.

L'analyse du précontinent du golfe de Gascogne permet de distinguer 3 ensembles (fig. 2) :
le précontinent au nord du bassin d'Arcachon : ensemble I ;
le précontinent entre le bassin d'Arcachon et le gouf de Cap-Breton : ensemble II ;
le précontinent du domaine asturico-cantabrique et galicien : ensemble III.

Chacun de ces ensembles possède des caractéristiques propres, notamment la forme particulière des profils transversaux et la direction des alignements morphologiques, qui se déduisent du premier examen de la carte bathymétrique.

On constate, en outre, que les caractères morphologiques de ces ensembles sont respectivement l'expression des alignements structuraux des grandes unités géologiques du continent.

De plus, il paraît possible d'attribuer, par analogie, le rôle de failles ou flexures aux canyons principaux qui limitent ces ensembles, prolongeant des accidents de même type trouvés ou supposés sur le continent.

Dans la province nord (ensemble I), il existe un parallélisme étroit entre les lignes structurales vendéennes et bretonnes, et l'arcature du rebord de la pente continentale.

Cette disposition suggère logiquement que l'ensemble du plateau continental de cette province appartient au domaine breton et que les lignes structurales prédominantes sont de direction varisque.

La province médiane (ensemble II) entre le parallèle du bassin d'Arcachon et le gouf de Cap-Breton, est caractérisée par l'absence de pente continentale abrupte au-delà de l'isobathe de 200 m mais, par un approfondissement progressif jusqu'à la plaine abyssale.

Cette morphologie très particulière sera étudiée en détail plus loin.

Dans le domaine asturico-cantabrique qui constitue l'ensemble III de nombreux problèmes seront à examiner du fait de l'existence, sur le pré-continent, d'un relief très tourmenté par des hauts-fonds et des canyons profondément creusés, ainsi que par l'interférence, sur le continent, d'alignements structuraux d'âge et de directions différents.

Les unités morphologiques dans le golfe de Gascogne

Les descriptions morphologiques ne seront reprises que dans la mesure où les levés bathymétriques postérieurs à 1961 auront modifié les descriptions données dans un travail antérieur (L. BERTHOIS et R. BRENOT, 1962).

Première unité morphologique, zone comprise entre 47°40 et 45°10 de Lat. N (cette zone n'est représentée sur la carte générale qu'à partir de la latitude 47°08 mais elle figure en entier sur le schéma interprétatif) (ensemble I de la figure 2).

Le plateau continental, large de 65 à 85 milles est régulièrement incliné vers le large. Il ne montre pas d'anomalies morphologiques importantes, un seul haut-fond est à signaler à 45°33 Lat. N, 2°45 Long. O.

La limite inférieure du plateau située à la cote 200 m, accuse une direction générale NO-SE qui se poursuit au nord, au moins jusqu'à 49° de Lat. N ; dans le détail, cette direction est légèrement arquée, le maximum de concavité se localise à 47°20 de Lat. N. La branche nord est orientée à 290°, la branche sud à 315°.

La pente continentale est visible sur une largeur d'environ 30 milles. Le raccord avec la plaine abyssale, profonde de 4 600 m n'est entièrement connu que dans la moitié sud de cette province (feuille n° 8 des levés bathymétriques de l'I.S.T.P.M.), mais le levé de la feuille n° 7 située au nord est suffisamment avancé pour qu'il soit possible de savoir, dès à présent, que la rupture de pente profonde suit, en général, une direction parallèle à celle de la limite inférieure du plateau continental.

La pente continentale est creusée de nombreux canyons orientés généralement selon la ligne de plus grande pente. les levés récents ont permis de les reconnaître jusqu'à leur raccordement avec la plaine abyssale mais ils n'ont pas sensiblement modifié leur morphologie générale décrite antérieurement (*loc. cit.* 1962).

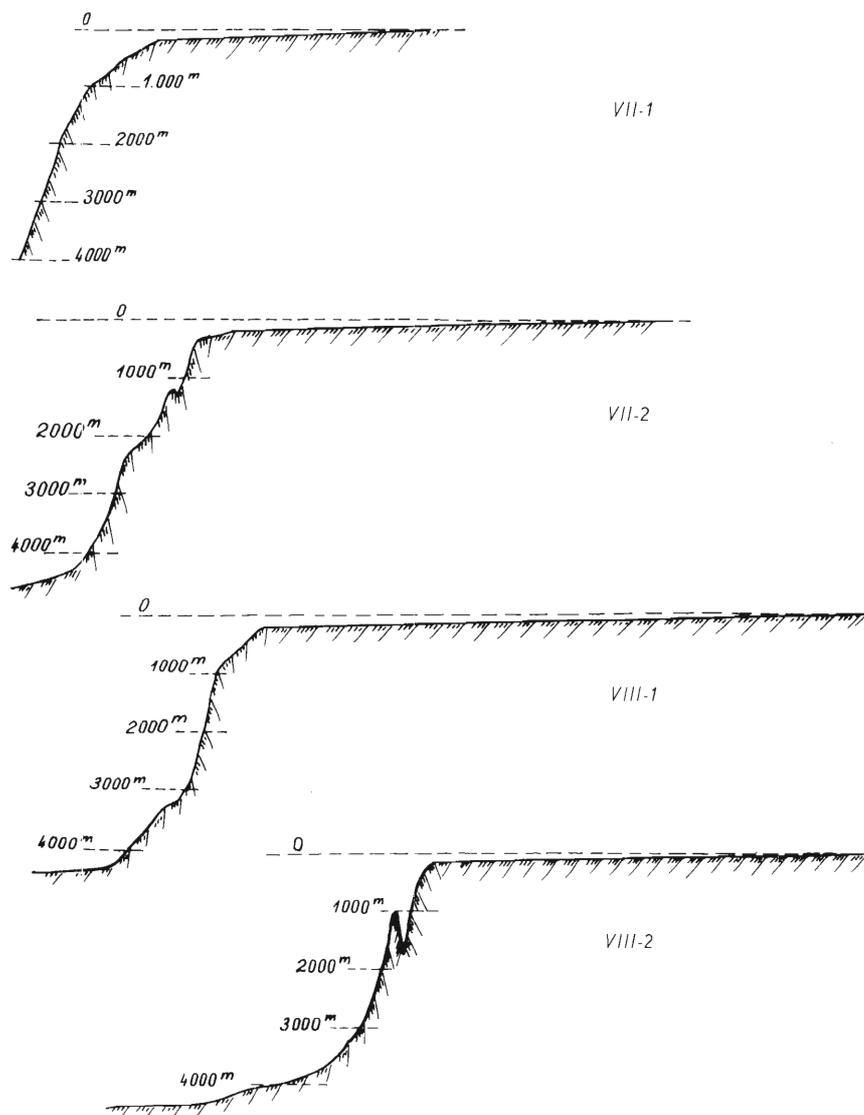


FIG. 3. — Profils de la pente continentale. Leurs positions sont indiquées sur la carte générale (fig. 1) ; le nombre en chiffres romains correspond à celui de la feuille du levé bathymétrique.

On note également la présence d'accidents morphologiques situés entre 1 000 et 1 500 m de profondeur (fig. 3, profils VII-2 et VIII-2). Le raccord avec la plaine abyssale correspond, dans la moitié sud du secteur, à une limite franche, orientée sensiblement comme le rebord supérieur de la pente.

Interprétation géologique.

Dans le secteur considéré, seule la disposition de la pente continentale est susceptible de fournir des informations pour l'interprétation géologique, à condition d'envisager pour la partie inférieure de cette pente la probabilité d'un recouvrement du « bed-rock » par des sédiments meubles, tels que la morphologie ne soit plus représentative.

L'observation des 3 000 m supérieurs de la pente continentale, et plus spécialement de son rebord supérieur et de sa terrasse, permet de reconnaître des directions analogues à celles de la côte, mais surtout superposables aux alignements structuraux (plis, failles, anomalies gravimétriques) qui prévalent depuis la Bretagne jusqu'à la Vendée.

On est ainsi amené à penser que l'ensemble du domaine précontinental appartient encore au bâti hercynien et que, par conséquent, les directions et le style tectonique du plateau continental peuvent être définis par analogie avec l'organisation structurale des domaines breton et vendéen.

Aucun renseignement relatif à la nature lithologique du substratum ne peut être déduit de la morphologie, en particulier il apparaît impossible de situer le contact entre le socle et les formations secondaires et tertiaires. Cependant, les sédiments recueillis aux stations 454 (profondeur : 1 200-1 500 m) et 534 (profondeur : 2 770-1 680 m) par J. FURNESTIN en 1937, paraissent montrer que ces dépôts sédimentaires s'étendent largement sur le plateau et même sur la pente continentale.

Ces données géologiques générales ne permettent pas d'en déduire si les canyons qui entaillent la pente continentale résultent de fractures transversales ou proviennent de l'érosion sub-aérienne, mais il convient de signaler qu'ils peuvent être les cicatrices de fractures affectant tout ou partie du plateau continental.

Il est donc nécessaire de recourir à d'autres considérations.

1) Nous remarquerons tout d'abord que la morphologie est encore fortement marquée à l'isobathe de 4 000 m, ce qui exclut un creusement sub-aérien à la faveur d'un abaissement du niveau marin. Le creusement sub-aérien ne pourrait être envisagé qu'à la condition d'avoir été suivi d'une énorme flexure du précontinent suivant la conception de J. BOURCART (1958).

2) La planimétrie des canyons sous-marins, avec l'existence de vallées adjacentes, ne fournit aucun argument en faveur de l'une ou l'autre des deux hypothèses en présence.

On sait en effet que de très nombreux cours d'eau continentaux ont été établis et creusés leurs vallées à la faveur d'un champ de fractures dans lequel ils ont débarrassé les zones meubles ou broyées. Il est donc normal que les tracés planimétriques des canyons sous-marins et des vallées sub-aériennes soient identiques.

3) Il n'y a aucune corrélation entre le réseau hydrographique actuel et la position des canyons sous-marins et, d'autre part il n'y a aucune commune mesure entre le nombre des canyons sous-marins de la pente continentale et le nombre de cours d'eau entaillant le rivage actuel entre la rivière de Vilaine et le bassin d'Arcachon. Cette remarque a déjà été faite par A. CAILLEUX (1958) dans une note qui commentait les résultats de notre travail préliminaire sur les canyons sous-marins du golfe de Gascogne.

4) Enfin, nous rappellerons que nous avons décrit (*loc. cit.* 1962) des profils de talwegs de vallées, certains présentaient la courbure classique des vallées fluviales, mais d'autres offraient des pentes différentes et parfois une courbure convexe dans certaines régions du profil.

5) On a supposé que le creusement des canyons sous-marins pouvait être provoqué par des séries d'éboulements en provenance de la partie haute des canyons, c'est-à-dire de la zone de raccordement avec le plateau continental, ou près de ce raccordement.

Mais, pour que de tels éboulements puissent se produire, il est indispensable qu'il se crée d'abord une dénivellation importante constituant le talus continental. Le glissement ne peut pas prendre naissance en terrain horizontal ou aussi faiblement incliné que la plaine abyssale. On peut admettre que cet épisode tectonique ait été progressif et largement échelonné dans le temps, si bien qu'au cours des différents stades de l'affaissement, qui peut s'être produit par fractures successives, les ébranlements crustaux auraient provoqué des effondrements ayant donné naissance aux canyons sous-marins.

Mais, nous pensons, que l'ensemble du phénomène dans lequel, il ne paraît pas encore possible de faire la discrimination entre ce qui est attribuable à la tectonique pure d'une part, et aux glissements conséquents d'autre part, doit, dans l'état actuel de nos connaissances être groupé dans les phénomènes tectoniques.

En dernière analyse, nous adopterons l'hypothèse de l'origine tectonique première des canyons de ce secteur, parce qu'elle nous paraît s'accorder, de façon cohérente, avec leur direction générale qui est celle des plissements varisques. Nous n'excluons pas cependant la possibilité d'une occupation au moins partielle par des cours d'eau qui se seraient étendus sur la plateforme continentale. Des galets de schiste rouge dragués dans une tête de canyon, au large de la côte bretonne, renforcent cette interprétation (L. BERTHOIS et Y. LE CALVEZ, 1959).

Toutefois, c'est seulement par une étude géophysique que pourrait être définitivement infirmée ou confirmée cette hypothèse provisoire.

Deuxième unité morphologique (ensemble II, fig. 2).

a) Morphologie.

La région du gouf du cap Ferret (44°50-44°40 Lat. N) se trouve à la jonction des feuilles 8 et 9 des cartes bathymétriques de l'I.S.T.P.M. La continuation des sondages jusqu'à l'isobathe de 4 000 m n'a apporté aucune modification importante à la morphologie générale qui reste conforme, dans ses grandes lignes, à la description que nous en avons donnée dans un travail antérieur (L. BERTHOIS et R. BRENOT, 1962) (fig. 4, coupes IX-1, IX-2, IX-3, IX-4, IX-5).

Cet ensemble est caractérisé par :

- des unités morphologiques plus complexes que dans le schéma classique, et que nous désignerons par ordre successif : le plateau continental (de 0 à 180 m en moyenne),
 - un abrupt supérieur peu développé, orienté N-S,
 - une plateforme de large dimension,
 - un abrupt inférieur profond ;
- une direction NO-SE des anomalies morphologiques ;
- un relief généralement peu accusé.

La limite septentrionale de ce domaine correspond à une zone de transition où s'effectue progressivement le passage à unité précédemment étudiée ; la limite méridionale est matérialisée par le gouf de Cap-Breton et son prolongement occidental.

Trois sous-zones présentant des caractères particuliers peuvent être distinguées du nord au sud.

1) *Entre 45°10 et 44°40 Lat. N (profil IX-1).* Le rebord du plateau continental, situé à la cote moyenne 150 m a une forme arquée. La pente continentale, encore semblable à celle de la zone I, est interrompue par une terrasse étroite entre 1 000 et 1 600 m. On note la présence de nombreux canyons, toujours parallèles à la ligne de plus grande pente.

2) *Entre 44°40 et 44°15 Lat. N (profils IX-2, IX-3).* La limite septentrionale de cette unité est nettement marquée par un profond canyon (gouf du cap Ferret) qui s'amorce dans le plateau continental et s'étend jusqu'à la plaine abyssale. Le passage à l'unité méridionale est progressif. Dans cet ensemble, l'abrupt supérieur orienté franchement N-S, perd de son amplitude du nord (2 000 m) vers le sud (1 000 m) au profit de la plateforme qui s'élargit et s'élève dans la même direction. Cette plateforme est limitée vers le large par un abrupt qui descend jusqu'à 4 000 m. Deux proéminences sensiblement parallèles, orientées ONO-ESE, affectent la plateforme et l'abrupt inférieur ; leur prolongement dans l'abrupt supérieur est plus douteux. Une proéminence dénommée haut-fond 3 250 m est à signaler à la limite de la plaine abyssale ; elle s'élève entre des fonds de 3 600 m à l'est et 4 000 m à l'ouest.

3) *Entre 44°15 et 43°40 Lat. N (profil IX-4).* La dénivelée de l'abrupt supérieur est de 600 m seulement, la plateforme concave vers le bas, descend en pente douce et régulière jusqu'à 3 600 m.

Le grand canyon sous-marin, dit gouf de Cap-Breton, qui limite au sud l'ensemble II, est l'un des premiers connus dans le monde ; il avait été cartographié par le Commandant BEAUGÉ de l'I.S.T.P.M. jusqu'au méridien 2 °ouest Gr. (L. BEAUGÉ, 1937).

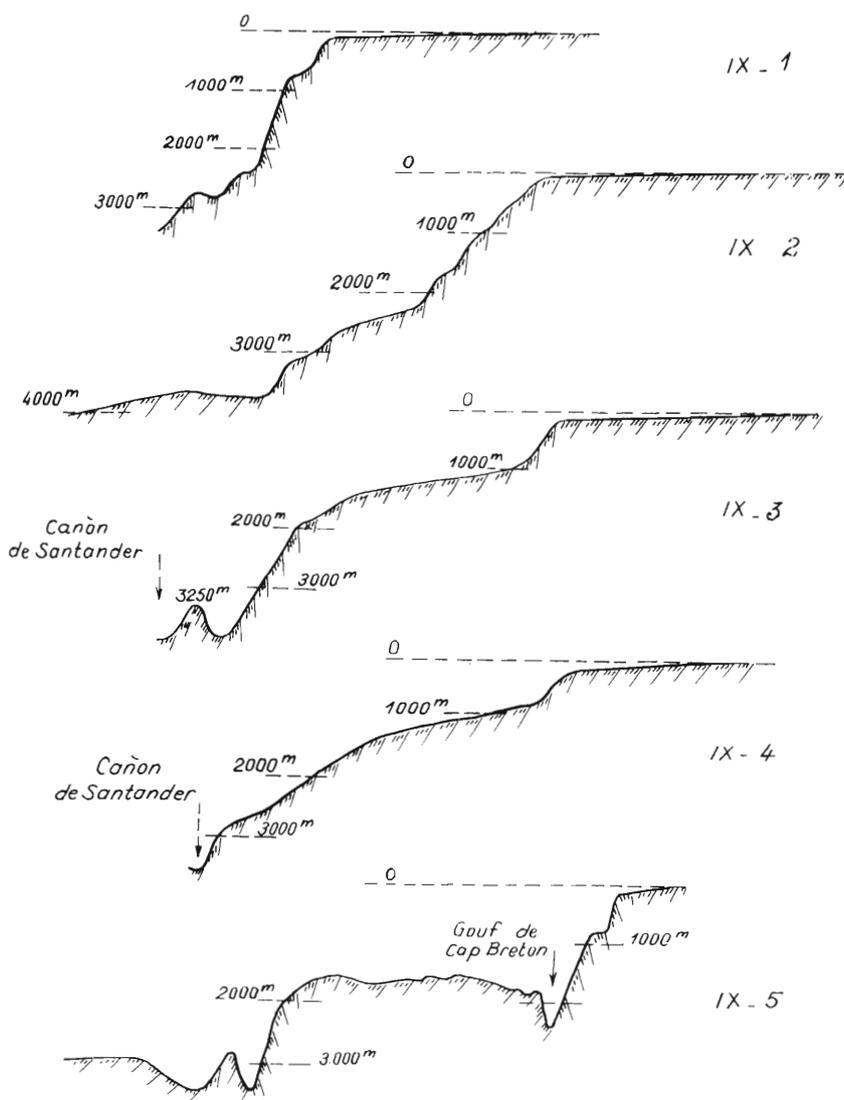


FIG. 4. — Profils de la pente continentale (cf. fig. 3).

Sur les cartes que nous avons précédemment publiées (édition de 1960-1961) il est représenté jusqu'aux environs de l'isobathe de 3 400 m. En atteignant cette profondeur, le canyon a toujours sensiblement la même direction est-ouest et se maintient donc, en direction générale, parallèlement à la côte espagnole.

Mais les sondages exécutés en 1964 ont montré qu'à la longitude de 3°38 ouest Gr. cette direction change brusquement et le canyon se dirige du sud vers le nord, jusqu'à la plaine abyssale qui est atteinte vers l'isobathe de 4 000 m. C'est cette branche sud-nord du gouf de Cap-Breton que nous avons désignée dans les pages suivantes sous le nom de « canyon de Santander ».

Le débouché du gouf de Cap-Breton sur la grande plaine abyssale est agrémenté d'une digitation finale de la vallée à la profondeur de 3 600 m, au milieu de celle-ci surgit en effet la proéminence culminant 3 250 m mentionnée plus haut. La présence de cet îlot, dont l'orientation générale paraît être voisine de celle du grand môle limitant à l'ouest le canyon de Cap-Breton, divise son débouché sur la plaine abyssale en deux branches divergentes d'environ 50°.

b) Interprétation géologique.

Le problème essentiel de l'interprétation de ce secteur est lié à la signification des anomalies morphologiques par rapport au schéma classé d'un précontinent. Elles peuvent donner lieu à deux hypothèses différentes.

Dans une première hypothèse, l'abrupt supérieur sera considéré comme l'équivalent de la pente continentale, terminaison théorique du continent. L'anormale réduction de cette pente résulterait d'un comblement en piémont de l'escarpement par une puissante accumulation de sédiments meubles. Ce phénomène est connu dans le golfe du Mexique, en face du delta du Mississipi (fig. 5A).

Dans une deuxième hypothèse l'ensemble des unités morphologiques limitées par l'abrupt inférieur appartiendrait encore au domaine continental ; la plateforme serait un compartiment affaissé ou basculé du plateau continental. Le plateau du Blacke au NE de la Floride est de ce type (fig. 5B).

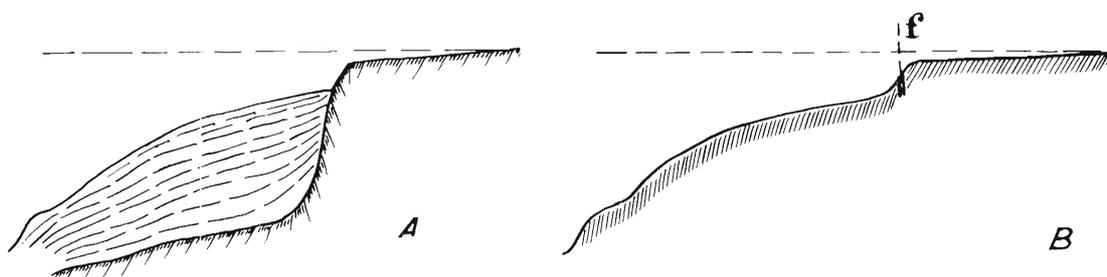


FIG. 5. — Deux hypothèses pour expliquer certaines anomalies morphologiques : A comblement en piémont ; B affaissement d'un compartiment du plateau continental.

Au stade actuel de nos connaissances la deuxième hypothèse est plus satisfaisante; elle s'appuie sur des arguments qui tendent à relier géologiquement la plateforme au domaine actuellement émergé d'Aquitaine.

1) Le précontinent d'Aquitaine, tel qu'il est défini ici, est relié aux précontinents armoricain (ensemble I) et cantabrique (ensemble III) par l'intermédiaire d'accidents majeurs de type failles ou flexures qui semblent bien trouver leur équivalent sur le continent.

Au nord, le canyon principal, dit gouf du cap Ferret, se poursuit virtuellement dans le secteur Cazaux-Arcachon qui se singularise par l'existence d'un profond et étroit sillon subsident au Crétacé supérieur. La région considérée correspond en outre à un abaissement important du socle : le Paléozoïque, situé à 1 900 m environ dans le secteur Carcans-Maubuisson, à 3 302 m à Hourquet 1, serait à une profondeur supérieure à 4 600 m dans le secteur Guagnet-Arcachon (fig. 6). On peut penser en conséquence que ce canyon est le témoin d'une dislocation profonde, affectant le socle, qui a déterminé un « graben » au Crétacé supérieur et a été susceptible de rejouer à des époques ultérieures et peut-être même récentes ; cette éventualité sera envisagée plus loin. Il est possible en conséquence de limiter là, le domaine aquitain *s. l.*

Au sud, le gouf de Cap-Breton s'aligne avec une bonne approximation sur la flexure nord-pyrénéenne séparant la plateforme, au nord, de la fosse de flysch qui s'individualise dès le Cénomanién. On est donc amené, là encore, à considérer le gouf de Cap-Breton comme le prolongement de la flexure du continent, tout en conservant l'idée que des mouvements ultérieurs affectant essentiellement le précontinent ont pu favoriser la remise en jeu d'un tel accident.

ISOPAQUES DU CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

*Les nombres en chiffres penchés & soulignés
indiquent la cote du toit du paléozoïque.*

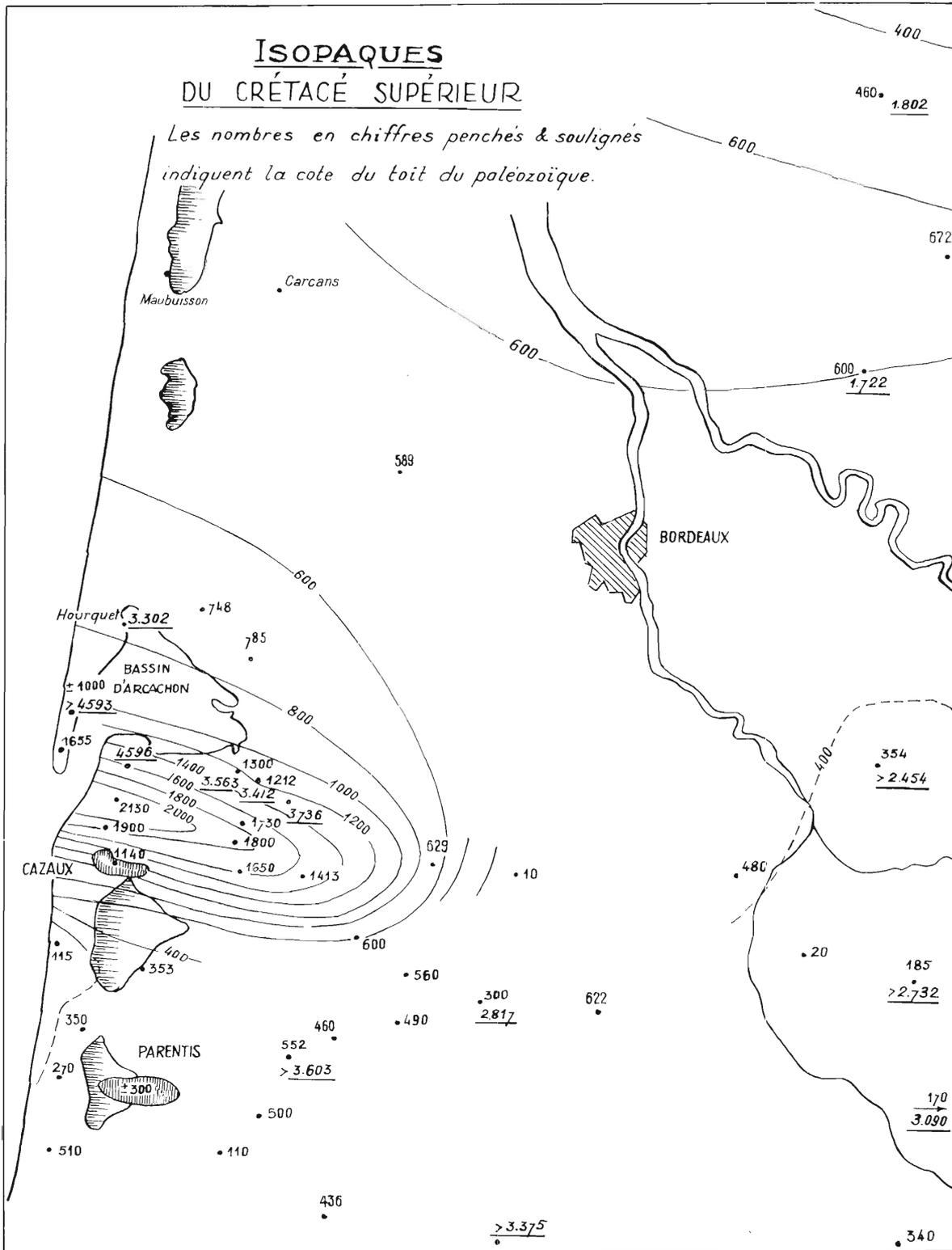


FIGURE 6.

2) Les alignements morphologiques du précontinent ont des directions ONO-ESE analogues à celles qui prévalent dans le bassin d'Aquitaine. On peut même hypothétiquement rattacher le haut-fond méridional au môle ancien de Carraté-Villenave ou plus explicitement à l'axe lourd gravimétrique Mimizan-Roquefort.

3) L'abrupt supérieur peut être assimilé à un accident de type faille ou flexure qui serait à l'origine du mouvement de bascule de la plate-forme. De tels accidents, d'origine probablement profonde, sont connus ou supposés sur le continent. Citons dans les Pyrénées le décrochement du Gave de Pau, dans le pays basque espagnol la flexure du Rio Oria qui limite le massif des Cinco Villas et s'aligne curieusement au nord sur l'anomalie morphologique considérée, les diapirs de Murgia et l'anticlinal diapirique de la ria Guernica seraient encore la conséquence de la surélévation d'un axe transversal du bâti hercynien (RAT, 1958). Dans le domaine cantabrique occidental un accident de ce type a également été mis en évidence, dont il sera question plus loin.

4) Dans le domaine asturico-cantabrique la pente continentale peut logiquement se prolonger par l'abrupt inférieur du bloc d'Aquitaine pour se relier en s'incurvant naturellement à la pente continentale du domaine vendéen-breton.

5) Cette hypothèse présente l'avantage, comme nous le verrons, de relier logiquement entre elles les différentes provinces géologiques du précontinent.

Troisième unité morphologique (ensemble III, fig. 2), zone comprise entre le méridien de Bayonne et le méridien du cap Ortégal et s'étendant jusqu'au cap Finisterre.

a) Morphologie (fig. 7, profils IX-6, IX-7, IX-8 et X-1 à X-6).

Les caractères dominants de cet ensemble sont :

1. Une morphologie complexe du fait de l'existence de hauts fonds importants et de canyons profonds échançant la marge continentale selon des directions variées.

2. Une pente continentale abrupte et régulière.

3. Un passage brutal de la pente continentale à la plaine abyssale à la cote 4 600 m selon une direction E-O rectiligne.

Trois sous-zones morphologiques peuvent être distinguées.

1) *Du méridien de Bayonne au méridien du cap Ajo* (profil IX-5). Cette bande étroite, limitée au nord par le gouf de Cap-Breton, comprend un plateau continental d'étendue variable (5 à 50 km), orienté E-O, presque rectiligne ; l'abrupt profond qui lui succède (rebord sud du gouf de Cap-Breton) est entaillé par de nombreux canyons orientés NNE-SSO.

2) *Du méridien du cap Ajo au méridien de Ribadeo* (profils IX-6, IX-7, X-1, X-2, X-3, X-4). Le précontinent est échancré de 3 profonds canyons que nous dénommerons d'est en ouest :

canyon de Santander qui prolonge le gouf de Cap-Breton selon une direction N-S, de 3 200 à 4 000 m

canyon de Torrelavega, parallèle au canyon de Santander, il est entaillé comme ce dernier dans une gorge profonde entre 3 000 et 4 000 m puis se divise en plusieurs branches en direction de la côte entre Torrelavega et Llanes (la branche occidentale sera dénommée canyon de Llanes),

canyon d'Aviles, moins profond que les précédents, sa branche supérieure NO-SE s'étend de 200 m à 2 000 m, sa branche inférieure N-S de 2 000 à 4 600 m.

Deux unités morphologiques peuvent être distinguées.

a) Région comprise entre le canyon de Santander et le canyon de Torrelavega (profil IX-6). Le plateau continental étroit se développe parallèlement à la côte. Au-delà d'un abrupt localisé entre 200 m et 1 600 m, de forme irrégulière, s'amorce une longue plateforme, horizontale à 2 500 m en moyenne, dénommée « plateforme 2 500 m » qui s'étend sur 50 km ; un talus lui succède avec une pente moyenne de 5,5 %.

b) Région comprise entre le canyon de Torrelavega et le méridien de Ribadeo. Le plateau continental s'élargit entre le canyon de Llanes et le canyon d'Aviles, pour atteindre une valeur moyenne de 30 km il est séparé d'une plateforme allongée E-O (plateforme 450 m) par un talus de 500 m

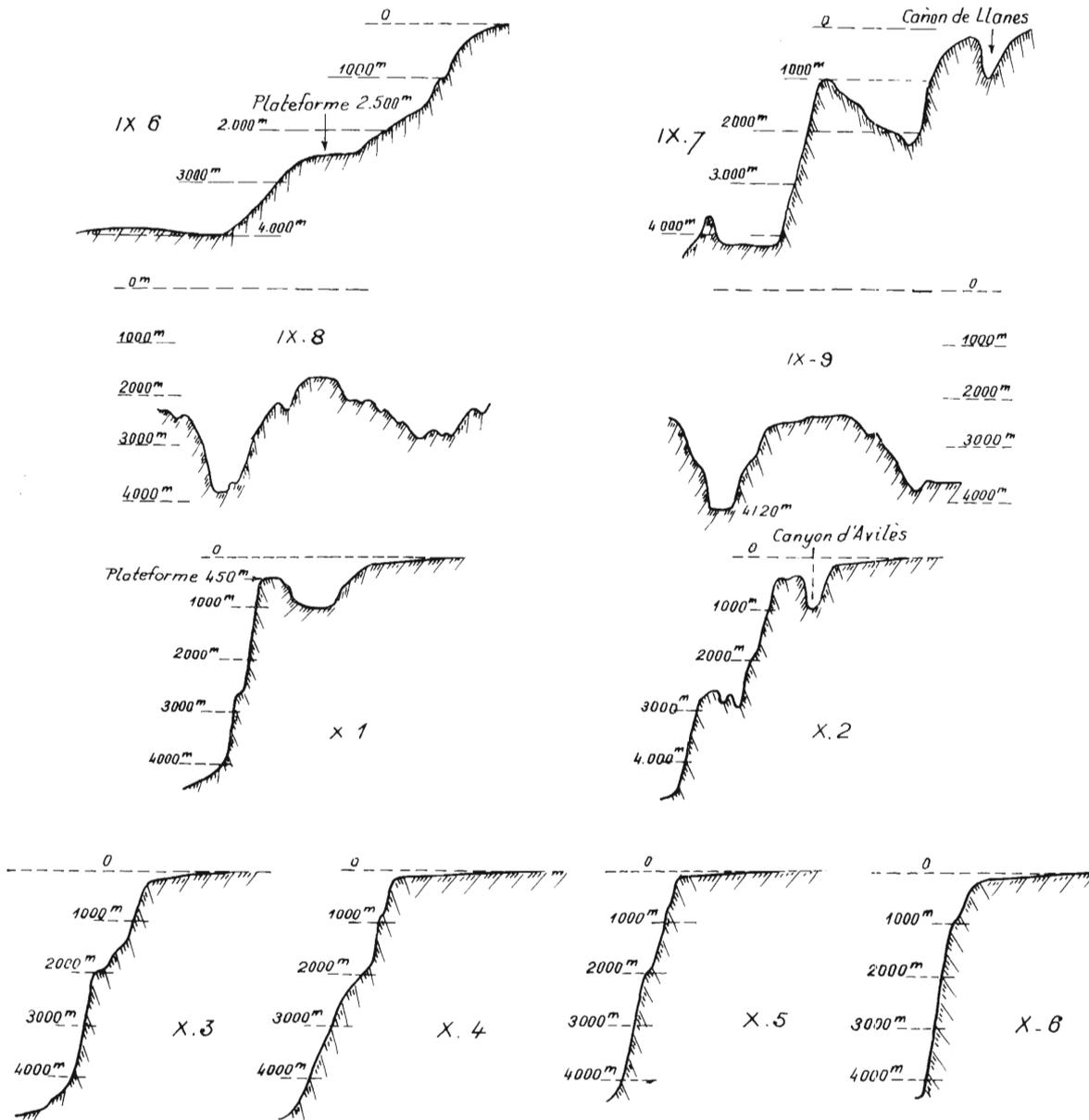


FIG. 7. — Profils de la pente continentale (cf. fig. 3).

orienté ONO-ESE qui se prolonge vers le NO jusqu'à la plaine abyssale (profils X-1, X-2). La pente du talus continental est très forte (20 à 40 %) ; des terrasses s'observent sur ce talus à 2 600 m (entre 4°40 et 5° Long. O) et à 3 000 m (entre 5°40 et 6° Long. O).

Entre le canyon d'Aviles et le méridien de Ribadeo, le talus continental est échancré de canyons

parallèles à la ligne de plus grande pente. Il existe également sur le talus des terrasses à 1 900 m (entre 6°20 et 7° Long. O) et à 3 000 m (entre 6°30 et 6°40 Long O).

3) *Du méridien de Ribadeo au méridien du cap Finisterre* (profils X-5, X-6). Le plateau continental s'approfondit considérablement vers l'ouest. Le rebord de ce plateau est presque rectiligne et ne suit pas les inflexions de la côte. La pente continentale est régulière ; on note toutefois l'existence à 8° Long. O d'un promontoire orienté NNE-SSO.

b) Interprétation géologique.

1) Signification de la pente continentale. Problème de la limite du précontinent.

Dans le chapitre descriptif précédent, les termes de plateau continental, pente continentale, plaine abyssale, ont servi à définir des unités morphologiques élémentaires. Ces distinctions sont parfaitement établies à l'ouest du méridien de Ribadeo, mais elles peuvent être sujettes à discussion à l'est du même méridien où interviennent des complications.

Toutefois, si l'on fait abstraction des anomalies apportées par le tracé des canyons transversaux, il semble possible de prolonger vers l'est, la pente continentale par l'abrupt principal de ce secteur mal défini morphologiquement, et plus loin par l'abrupt inférieur du précontinent aquitain, conformément à la deuxième hypothèse qui avait été formulée pour ce domaine.

En vertu du principe de correspondance entre les unités morphologiques et les unités géo-tectoniques, le précontinent s'étendrait donc au moins jusqu'à l'abrupt principal.

La ligne de discontinuité représentée par le raccord entre la pente continentale et la plaine abyssale suggère l'existence à ce niveau d'un accident profond constitué d'un ou de plusieurs systèmes de fractures parallèles dont les terrasses qui affectent l'abrupt pourraient être des témoins ayant subsisté.

L'orientation particulière de cette fracture, indépendante des directions asturiennes ou pyrénéennes permet d'envisager qu'elle s'est produite postérieurement à la dernière orogénèse ; elle pourrait donc limiter, non pas le précontinent du domaine abyssal mais deux compartiments du précontinent, le compartiment septentrional s'étant effondré.

2) Evolution vers le large des éléments structuraux du continent.

a) Domaine cantabrique oriental. Les trois grandes unités structurales de cette province à caractère pyrénéen (anticlinal nord de Biscaye, synclinorium de Biscaye, zone anticlinale de Bilbao) disparaissent en mer, vers le N O sans laisser de traces dans la morphologie du précontinent, à l'ouest de canyon de Santander.

Tandis que la forme de la côte est influencée par la structure, l'arc de la côte basque épouse la courbure de la couverture pyrénéenne, le rebord du plateau continental est rectiligne jusqu'au méridien de Laredo.

Cette absence d'anomalie peut confirmer l'ennoyage définitif, au droit du canyon de Santander, du massif pyrénéen dont le dernier témoin, le massif des Cinco Villas, se poursuit en ride de fond sous l'anticlinal nord de Biscaye ; elle peut aussi s'expliquer par une action, prépondérante sur la morphologie, de l'accident du gouf de Cap-Breton.

b) Domaine cantabrique occidental. Entre Laredo et le massif des Asturies, la couverture secondaire est peu épaisse, elle est soumise à l'influence du bâti asturien. Le parallélisme étroit entre la côte et le rebord du plateau continental suggère une extension de ce domaine cantabrique nord-occidental au moins sur toute l'étendue de ce plateau.

Les ravinements qui affectent l'abrupt supérieur peuvent difficilement être considérés comme directement représentatifs de la structure. Leur parallélisme avec les indentations du rebord sud du gouf de Cap-Breton laisse planer un doute sur l'origine purement géologique du phénomène.

Par contre, la forte pente de cet abrupt, la fréquence des ravinements, opposés à l'allure massive de la terrasse qui lui succède, suggèrent une différence importante entre les deux domaines considérés. Tenant compte de ce facteur et de l'épaisseur des terrains post-Paléozoïques mesurée ou estimée dans le secteur de Santander, on peut supposer que le domaine cantabrique occidental est

limité à l'abrupt supérieur et que la plateforme 2 500 m appartient à un ensemble géologique différent qui paraît être constitué essentiellement de terrains anciens plus résistants (socle ou Paléozoïque).

c) Domaine asturien. Entre Llanes et Ribadesella, les « sierras planas » septentrionales, anticlinaux à noyaux siluriens, disparaissent en mer vers le NE. On est tenté de voir le prolongement de cet ensemble, déterminant sur le continent des reliefs importants, dans le promontoire que limite le canyon de Llanes et son affluent septentrional. Toutefois, si l'on tient compte de la direction selon laquelle s'ennoie le massif des Asturies à l'est, on est amené à inclure, en partie, ce promontoire dans le domaine cantabrique occidental. Il n'en reste pas moins que ces sierras ou leur couverture secondaire ont marqué la morphologie du précontinent au moins jusqu'au canyon de Torrelavega.

Dans le bassin secondaire d'Oviedo, qui se développe à l'ouest de Ribadesella, les plis s'orientent vers le NE. Des alignements morphologiques identiques se retrouvent dans le secteur compris entre le plateau continental et la plateforme 450 m qui paraît elle-même accuser une direction identique. Il est encore plus frappant de constater que la branche supérieure du canyon d'Aviles et la terrasse qui lui succède au NO sont alignées sur un accident majeur mis en évidence par ALMELA et RIOS (1962). Ces auteurs attribuent une origine profonde à cet accident en raison de son incidence sur l'histoire géologique du bassin. Il apparaît en effet que cette fracture délimite un domaine méridional instable qui a été fortement affecté par les différentes phases tectoniques pré-orogéniques (émersion au Jurassique, affaissement au Crétacé), et par l'orogénèse pyrénéenne qui y a déterminé des plissements violents. Par opposition, le secteur nord a conservé, dès les mouvements post-triasiques, un caractère de plateforme rigide, qui au cours de l'orogénèse pyrénéenne s'est déformé en plis à grands rayons de courbure, et se trouve actuellement légèrement incliné vers le large.

En conséquence, on peut logiquement penser que ce bassin nord d'Oviedo se prolonge en mer, au moins dans les limites du plateau continental. Pour des raisons identiques à celles qui ont été exposées pour le domaine cantabrique occidental, on est conduit à interpréter la plateforme 450 m comme une unité lithologique différente, appartenant au même ensemble que la plateforme 2 500 m.

d) Domaine galicien. Les directions hercyniennes SSO-NNE de la bordure du continent paraissent se prolonger dans les rares anomalies qui affectent la pente continentale. Si l'on admet que le massif galicien se prolonge identiquement à lui-même sur le plateau continental, il n'est pas exclu que ces séries hercyniennes soient localement recouvertes de sédiments tertiaires.

3) *Interprétation des canyons de Santander et de Torrelavega.*

Des anomalies morphologiques d'une telle ampleur paraissent bien avoir une origine tectonique. La direction d'accidents de ce type, bien qu'indépendante des directions structurales générales, n'est pas aberrante; dans le domaine cantabrique occidental l'existence de rides de fond, ou de flexures transversales, a pu être déduite des observations paléogéographiques ou tectoniques générales.

Si l'on recherche un prolongement continental de la « faille de Santander » on est amené à le situer dans le secteur Laredo-Castro-Urdiales qui présente, stratigraphiquement et tectoniquement, des caractères particuliers de zone de transition entre les domaines cantabriques occidental et oriental.

A la lumière des données stratigraphiques actuelles (RAT, 1958; 1960) la région de Castro-Urdiales paraît située à la limite d'un domaine occidental stable et d'un domaine oriental subsident. Cette fosse sud-pyrénéenne paraît s'individualiser déjà au Wealdien, mais c'est au Crétacé supérieur et à l'Eocène qu'elle se développe avec son maximum d'ampleur et qu'elle s'oriente selon la direction pyrénéenne SE-NO, le rebord méridional de ce sillon se déplaçant peut-être légèrement vers l'est.

Des considérations tectoniques basées sur l'orientation des unités structurales NO-SE à l'est, E-O à l'ouest, ainsi que sur le sens de leurs déversements (NE à l'est, S à l'ouest) conduisent encore à localiser dans le même secteur la limite des deux domaines. Si l'on cherche à expliquer cette action différentielle de l'orogénèse post-lutétienne, on peut invoquer la variation des caractéristiques mécaniques du matériel superficiel, lesquelles sont fonction de sa nature lithologique et de sa puissance, ces paramètres étant d'ailleurs directement liés à l'histoire paléogéographique du bassin. On peut également mettre en cause la variation d'énergie de l'onde orogénique. Mais si ces facteurs ont effectivement joué sur l'intensité des déformations, il ne semble pas qu'ils puissent être responsables de l'opposition de sens des déversements. L'ensemble du phénomène résulterait plutôt d'un déplace-

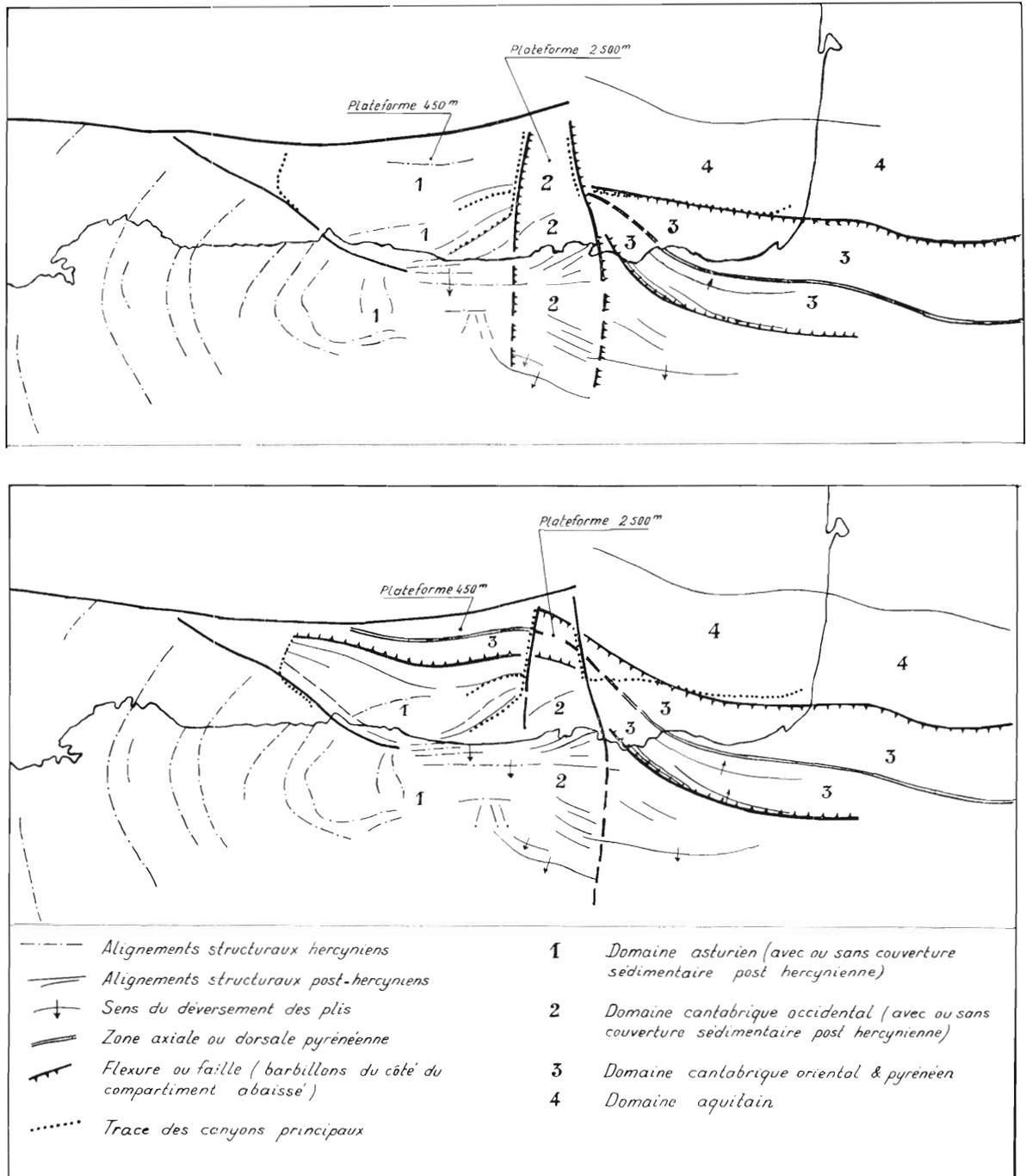


Fig. 8 et 9. — Deux hypothèses pour l'interprétation de l'ensemble du précontinent asturico-cantabrique (fig. 8 en haut, fig. 9 en bas).

ment relatif de blocs du bâti hercynien au niveau de fractures transverses. De fait, RAT avait déjà mis en évidence une rupture du socle dans ce qu'il a appelé le « coin soulevé de Ramales ». La branche N-S de cet accident, qui passe par Laredo, semble être une manifestation de ces fractures transverses.

Ces différentes considérations permettent donc de supposer que le secteur Laredo-Castro-Urdiales correspond à une zone de faiblesse et de mobilité de l'écorce, sur laquelle se sont installées, à des époques différentes, des flexures et des fractures profondes, déterminantes dans l'histoire géologique du bassin.

Le prolongement méridional de cette fracture est hypothétique. Elle peut s'amortir rapidement ou éventuellement se prolonger vers le sud pour s'aligner sur la bordure du massif de la Demanda à l'ouest de Burgos. Les études en cours de P. FEUILLÉE permettront peut-être de lever l'indétermination.

Il est beaucoup plus difficile de retrouver un prolongement continental de la faille de Torrelavega. L'envoyage du massif asturien paraît progressif, le matériel superficiel étant modelé sur les plis de fond du Paléozoïque, au moins jusqu'au méridien de Santander, le Carbonifère affleurant même sur l'axe de Las Caldas au sud de Torrelavega. Cette disposition est naturellement le reflet de la tectonique tertiaire qui s'est manifestée ici sous la forme de poussées tangentielles vers le sud. Elle peut masquer une ligne tectonique transverse qui aura contribué à la mise en place du bassin cantabrique et à son évolution au Crétacé inférieur. On constate en effet la présence d'alignements N-S dans la limite orientale du massif asturien, ainsi que dans la direction des unités structurales du coin SE de ce massif, et même dans la disposition du réseau hydrographique.

4) *Vues d'ensemble du domaine asturico-cantabrique.*

a) *Hypothèses générales sur l'organisation structurale du précontinent.* Les interprétations partielles, secteur par secteur, visaient à rechercher les prolongements en mer des lignes structurales du continent, et inversement elles avaient également pour objet de définir l'extension sur le plateau continental des bassins sédimentaires.

Il convient maintenant, sur la base de ces données et aussi à partir d'hypothèses plus générales, d'intégrer ces secteurs dans le cadre d'une interprétation de l'ensemble du précontinent asturico-cantabrique ce qui revient, principalement, à discuter le problème de l'évolution des Pyrénées et de ses relations avec le massif asturien. Cette interprétation permettra d'envisager l'évolution des bassins sédimentaires post-hercyniens en fonction des hypothèses avancées sur l'organisation géotectonique du précontinent.

Considérant, dans *une première hypothèse* (fig. 8), les accidents transverses (failles de Santander et de Torrelavega) comme des traits structuraux déterminants de l'organisation paléostructurale du continent, on peut admettre que ces fractures délimitent des compartiments du socle qui se seront affaissés successivement d'ouest en est, individualisant les domaines asturien-cantabrique occidental-cantabrique oriental (partie ouest).

En appliquant ce même schéma d'ensemble au précontinent, on constate qu'une disposition analogue peut être retrouvée dans les plateformes 450-2 500-3 250 (?) m. Ces plateformes représenteraient donc l'équivalent, voire le prolongement du bâti asturien.

Deux conséquences importantes se déduisent de cette hypothèse.

Les hauts-fonds 450-2 500 m limiteraient vers le large des bassins post-hercyniens, de type plateforme, présentant des caractères identiques ou peu différents des bassins du continent qu'ils prolongent. On peut interpréter en particulier le haut-fond 450 m comme le témoin d'un môle, ou massif ancien, partiellement érodé ou effondré au niveau d'une fracture, l'abrupt qui limite le plateau continental actuel serait la trace de cet accident. Poursuivant le raisonnement, on peut penser que ce massif aurait fourni les sédiments détritiques du bassin interne qu'il limite. La détermination de l'origine des sédiments détritiques du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur sur le continent permettrait de contrôler en partie la validité de cette hypothèse.

Le massif pyrénéen et ses bassins marginaux se termineraient alors contre la faille de Santander, qui délimiterait ainsi un domaine asturien *s. l.* du domaine pyrénéen. Cette hypothèse est en accord avec l'abaissement axial de la dorsale pyrénéenne qui s'observe sur le continent, elle va cependant à l'encontre de l'idée que l'on peut se faire de l'évolution d'un géosynclinal pour autant qu'on puisse assimiler les Pyrénées à un tel type de structure.

Ces dernières considérations nous ont amenés à envisager *une autre hypothèse* (fig. 9), fondamentalement différente de la précédente, qui a l'avantage de tenir compte, dans l'interprétation structurale, de l'ensemble des alignements morphologiques du précontinent et fait intervenir les acci-

dents transverses en tant que décrochements horizontaux (*horizontalverschiebung*) au sens de PAVONI (1961).

Si l'on tente de relier entre eux les différents alignements morphologiques, de telle manière qu'ils soient conformes aux directions tectoniques générales du continent et de leurs prolongements directs en mer, on est frappé par l'harmonie du mouvement d'ensemble qui en résulte et aussi par l'orientation générale NO-SE typiquement pyrénéenne de ce contexte morpho-tectonique.

Poussant plus loin l'interprétation, les hauts-fonds 450 et 2 500 m seront considérés comme des dorsales prolongeant la zone axiale des Pyrénées.

Cet axe pyrénéen ainsi défini décrit une profonde virgation entre les méridiens de Bayonne et Santander ; il passe par un point d'inflexion au droit du canyon de Santander et se prolonge au-delà du canyon de Torrelavega sous la forme d'un nouveau feston, mais de bien moindre amplitude, jusqu'en bordure de la plaine abyssale. Sur cet axe viennent se mouler et se serrer (?) les plis nord du faisceau qui s'ouvre en éventail à partir du massif asturien.

Dans ce schéma, le canyon de Santander se trouve en position tectonique privilégiée ; conformément aux hypothèses de PAVONI on peut penser que l'organisation structurale actuelle résulterait d'une translation vers le sud, du bloc compris entre les méridiens de Bayonne et de Santander, le mouvement s'étant accompagné d'un décrochement tangentiel au niveau de la faille de Santander.

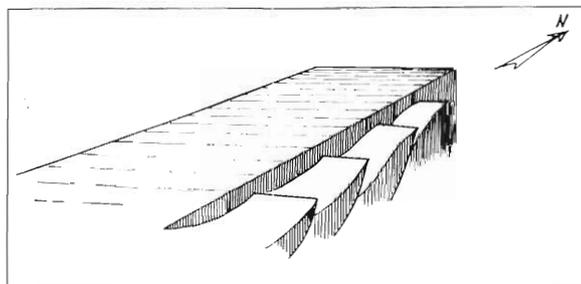


FIG. 10. — Schéma montrant la manifestation d'accidents profonds : la faille de Gorbea au sud de Bilbao.

Ce déplacement du substratum serait alors à l'origine de sous-charriages ayant déterminé des déversements nord dans le domaine cantabrique oriental. Pour expliquer l'amortissement de ce phénomène au sud on peut admettre que des accidents de deuxième ordre, parallèles à l'axe des plis du secteur considéré et peut-être responsables de ces sous-charriages, auront limité le déplacement vers le sud du substratum et, par suite, l'extension du décrochement horizontal de Santander auquel ils se relieraient. La faille de Gorbea au sud de Bilbao serait la manifestation de ce type d'accidents profonds (fig. 10).

Cette hypothèse générale sur le précontinent permet de concevoir l'existence possible,

au-delà des bassins épicontinentaux du domaine asturico-cantabrique, d'une fosse équivalente du sillon sud-pyrénéen, limitée elle-même vers le large par la dorsale pyrénéenne.

b) Hypothèse sur l'origine et la genèse des canyons. On a admis, au début de cette étude que les principaux canyons avaient une origine tectonique ancienne. De fait, il a été possible de situer, dans le prolongement continental de ces anomalies, des accidents de type faille ou flexure, connus ou supposés, ce qui tend à confirmer cette première interprétation.

Cependant plusieurs remarques, qui peuvent être dégagées de cette étude, sont en contradiction avec l'application stricte de cette notion trop rigide et conduisent à la nuancer.

1) Si nous considérons les canyons comme des accidents anciens affectant le socle, qui ont joué aux mêmes époques et dans les mêmes conditions que sur le continent, il faut expliquer pourquoi et comment leur fraîcheur originelle a été conservée sur le pré-continent.

Un exemple précis nous est fourni par le gouf de Cap-Breton : si cette dislocation a présidé, au même titre que la flexure nord-pyrénéenne, à la mise en place de la fosse marginale des Pyrénées, il reste à expliquer pourquoi, sur le précontinent, cette dépression n'a pas été ultérieurement comblée dans sa totalité.

Il se pose ainsi une question d'équilibre, dans la répartition des dépôts sédimentaires, à laquelle il est impossible de répondre actuellement de manière satisfaisante.

2) La faille de Santander qui constitue la branche terminale, orientée sud-nord, du gouf de Cap-Breton paraît bien se poursuivre sur le continent, mais par contre le prolongement continental de la faille de Torrelavega est plus douteux.

3) L'hypothèse d'un prolongement des Pyrénées au nord du massif asturico-cantabrique est en désaccord avec le tracé de la flexure nord-pyrénéenne si cette flexure est alignée entièrement sur le tracé du gouf de Cap-Breton.

4) Morphologiquement, les canyons de Santander et de Torrelavega rappellent davantage des fossés d'effondrement que de simples failles de décrochement.

C'est en tenant compte de ces considérations qu'il nous paraît nécessaire d'adopter une interprétation plus nuancée et de considérer les canyons du golfe de Gascogne comme des fractures récentes ouvertes préférentiellement sur la trace d'accidents anciens du socle.

Ces accidents pourraient alors être limités à la marge continentale en voie d'affaissement. Cette hypothèse s'appliquerait d'ailleurs à l'ensemble du golfe de Gascogne, elle s'accorde avec l'hypothèse souvent admise d'un basculement du plateau continental d'Aquitaine.

Conclusion

L'étude d'ensemble du précontinent du golfe de Gascogne a permis de formuler un certain nombre d'hypothèses sur la nature des unités morphologiques élémentaires, sur l'origine et le rôle des anomalies, sur la constitution et l'organisation géologiques de l'ensemble, compte tenu des données stratigraphiques et tectoniques générales.

Ces hypothèses conduisent en particulier à envisager deux interprétations pour le secteur méridional, ce qui revient à concevoir de deux manières différentes l'évolution de la chaîne des Pyrénées et de ses fosses marginales par rapport aux bassins de bordure et aux massifs hercyniens.

Dans une première interprétation, les provinces successives seraient limitées par des fractures ou des flexures du socle ; la province pyrénéenne correspondant à l'axe de symétrie de l'ensemble se limiterait au confluent du canyon de Santander et du gouf de Cap-Breton, la province d'Aquitaine se prolongerait jusqu'en bordure du domaine cantabrique occidental (fig. 8).

Une deuxième interprétation a été proposée, qui tient compte de l'ensemble des alignements morphologiques et fait intervenir les accidents transverses en tant que décrochements horizontaux. Elle conduit à prolonger l'axe pyrénéen jusqu'en bordure du précontinent asturico-cantabrique (fig. 9).

Ces interprétations mettent en évidence une relation entre les provinces géologiques du continent et la morphologie du plateau continental. Elles supposent une influence des mouvements dans la structuration du plateau continental. Il semble, en particulier, que les principaux canyons, même s'ils ont une origine tectonique récente, sont localisés sur des zones de fractures anciennes.

Cette étude conduit à envisager une évolution de la marge continentale du golfe de Gascogne et plus spécialement du plateau continental d'Aquitaine ; elle pose le problème de la limite du précontinent.

*

**

Programme de recherches complémentaires

Les interprétations qui sont proposées dans la conclusion précédente renferment forcément un certain nombre d'hypothèses qui pourraient être contrôlées par de nouvelles observations.

C'est pourquoi il nous a paru nécessaire de terminer cette étude par un exposé succinct des recherches à entreprendre. On peut en effet considérer ce travail comme une étude de préconnaissance dans laquelle l'analyse morphologique a tenté de placer le plateau continental et ses abords dans un ensemble morphologique et géotectonique général, ensuite elle a cherché à reconnaître et localiser sur ce plateau le prolongement et l'évolution des grands traits structuraux du continent, l'organisation des ensembles régionaux et des bassins sédimentaires qu'ils comportent.

Une telle étude, n'ayant pour base que des données bathymétriques, conduit obligatoirement à admettre un certain nombre d'hypothèses qui sont ensuite confrontées avec les connaissances géologiques acquises sur le continent.

Malgré ses imperfections, cette méthode d'investigation répond, pour le géologue ou le sédimentologue qui étudiera le plateau continental, au besoin d'obtenir un ensemble ordonné et cohérent d'hypothèses qui pourront être méthodiquement contrôlées par des recherches complémentaires que nous allons définir en examinant à nouveau les résultats obtenus.

L'analyse morphologique a permis de distinguer trois grands ensembles (fig. 2) :

- 1° le précontinent au nord du Bassin d'Arcachon (ensemble I) ;
- 2° le précontinent entre le bassin d'Arcachon et le gouf de Cap-Breton (ensemble II) ;
- 3° le précontinent du domaine asturico-cantabrique (ensemble III).

Nous avons constaté, par comparaison avec les données géologiques du continent, que les caractères morphologiques de ces ensembles reflètent l'expression des alignements structuraux des grandes unités géologiques du continent. Nous avons attribué, par analogie, le rôle de failles ou flexures aux canyons principaux qui limitent ces ensembles, prolongeant des accidents de même type connus sur le continent.

1) Dans la province septentrionale, il existe un parallélisme étroit entre les lignes structurales vendéennes et bretonnes et l'arcature du rebord de la pente continentale.

Ceci nous a logiquement conduit à penser que l'ensemble du plateau continental de cette province appartient au domaine breton et que les lignes structurales dominantes sont de direction varisque. Une étude sismique pourrait mettre en évidence les grands axes structuraux et permettrait de vérifier cette interprétation.

2) La province médiane située entre le gouf du cap Ferret et le gouf de Cap-Breton est caractérisée par l'absence de pente continentale au-delà de la courbe bathymétrique de 400 m et par un approfondissement progressif jusqu'à la plaine abyssale.

Nous avons envisagé deux hypothèses :

- a) la pente continentale est masquée par une forte accumulation de sédiments en piémont ;
- b) le plateau continental a été abaissé vers la plaine abyssale, par une faille ou une flexure.

Pour un certain nombre de raisons, qui ont été exposées en détail, nous avons admis la deuxième hypothèse. Mais pour faire un choix définitif entre ces deux hypothèses il serait nécessaire de faire un profil sismique nord-sud et un autre est-ouest, accompagnés d'une campagne de dragage sur le rebord nord du gouf de Cap-Breton.

3) Dans le domaine asturico-cantabrique se posent de nombreux problèmes liés à l'existence sur le précontinent d'un relief très tourmenté (hauts-fonds et canyons très importants) et de l'interférence, sur le continent, d'alignements structuraux de direction et d'âge différents.

Nous avons été conduits, dans l'interprétation géologique, à intégrer dans le précontinent l'ensemble des reliefs que limite l'abrupt principal, sans pour autant considérer nécessairement cet abrupt comme limite effective de la marge continentale ; seuls des arguments géophysiques sont susceptibles de donner la solution définitive de ce problème.

Deux hypothèses ont été proposées.

a) Le bâti asturien s'étend sur l'ensemble du précontinent asturien et cantabrique occidental ; les hauts fonds en sont la manifestation directe. Des fractures crustales transverses abaissent successivement vers l'est des compartiments de ce socle, la faille de Santander limite le domaine pyrénéen.

b) L'axe pyrénéen se prolonge jusqu'en bordure du précontinent asturien, les bassins de type plateforme du continent sont susceptibles d'évoluer vers le large pour constituer l'équivalent de la fosse sud-pyrénéenne.

Il conviendrait en premier lieu de vérifier par des dragages sur les flancs des principaux canyons, la nature lithologique des hauts-fonds, cette investigation serait avantageusement complétée par une campagne de sismique dans le prolongement du bassin d'Oviedo et par des mesures magnéto-métriques sur l'ensemble du secteur considéré.

En résumé, l'étude morphologique à petite échelle d'un plateau et de la pente continentale permet de formuler un certain nombre d'hypothèses géologiques précises dont on conçoit fort bien que la vérification, de réalisation relativement simple, permettrait de définir avec une quasi-certitude les lignes fondamentales de la région considérée.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ALMELA (A.) et RIOS (J.M.), 1962. — Investigación del Hullero bajo los terrenos mesozoicos de la Costa Cantábrica. — Empresa nacional Adaro de investigaciones mineras.
- ABOUIN (J.), 1962. — Propos sur les géosynclinaux. — *Bull. Soc. géol. France*, **3** (7).
- BEAUGÉ (L.), 1937. — Relevés hydrographiques exécutés au cours des quatre premières croisières. — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.*, **10** : 117-231.
- BERTHOIS (L.), 1955. — Contribution à l'étude de la sédimentation et de la géologie sous-marine dans le golfe de Gascogne. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **19** (4) : 501-579.
- BERTHOIS (L.) et BRENOT (R.), 1962. — Bathymétrie du secteur atlantique du banc Porcupine (ouest de l'Irlande) au cap Finisterre (Espagne). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **26** (2) : 219-272.
- 1964. — Bathymétrie du golfe de Gascogne et de la côte du Portugal. I. - Commentaires sur le levé complémentaire des feuilles n° 9 et 10 des abords du plateau continental. II. - Bathymétrie du talus du plateau continental à l'ouest de la péninsule ibérique du cap Finisterre au cap Saint-Vincent. — *Cons. int. Explor. Mer*, P.V. de la Réunion 52°, sept.-oct. 1964 : 77.
- BERTHOIS (L.) et LE CALVEZ (Y.), 1959. — Deuxième contribution à l'étude de la sédimentation dans le golfe de Gascogne. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **23** (3) : 323-377.
- BLACK (M.), HILL (M.) et LAUGHTON (A.), 1964. — Three non-magnetic seamounts off the Iberian coast. — *Quart. J. geol. Soc., Londres*, n° 480 : 477-517.
- BOGDANOFF (A.A.), MOURATOV (M.V.) et KHAIN (V.E.), 1962. — Eléments structuraux de la croûte terrestre. — *Bull. Géogr. Géol. dynam.*, **5** (4) : 263-285.
- BONNARD (E.), DEBOURLE (A.), HLANSCHER (H.), MICHEL (P.), PEREBASKINE (V.), SCHOEFFER (J.), SERONIE-VIVIEN (R.) et VIGNEAUX (M.), 1958. — The Aquitanian basin, southwest France. — Habitat of oil : 1092-1122.
- BOURCART (J.), 1938. — La marge continentale. — *Bull. Soc. géol. France*, **5** (8) : 393-474.
- 1949. — La géographie du fond des mers. — Paris, PAYOT édit., 303 p.
- 1950. — Théorie de la flexure continentale. — C.R. XVI^e Congr. int. Géogr., Lisbonne, 1949 : 168-190.
- 1950. — Le socle continental de Toulon à la frontière espagnole. — Conf. n° 3, C.R.E.O. : 1-10.
- 1952. — Les frontières de l'Océan. — Paris, ALBIN Michel édit., 319 p.
- 1953. — Contribution à la connaissance du socle sous-marin de la France le long de la côte méditerranéenne. — 19^e Congr. int. Géol., Alger 1952, **4** (4) : 25-63.
- 1958. — Problèmes de géologie sous-marine. — Paris, MASSON édit., 125 p.
- 1964. — La connaissance des profondeurs océaniques.
- BOURCART (J.) et MARIE (P.), 1951. — Sur la nature du « Rebord continental » à l'ouest de la Manche. — *C.R. Acad. Sci.*, **232** : 2346-2348.
- BUCHER (W.H.), 1940. — Submarine valleys and related geology problems of the North Atlantic. — *Bull. geol. Soc. Amer.*, **51** : 489-512.
- CAILLEUX (A.), 1958. — Le système hydrographique des canyons sous-marins. — Paris, Publ. Lab. Géol. S.P.C.N.
- CURRAY (Jh. R.) et MOORE (David G.), 1963. — Facies delineation by acoustic reflection : northern gulf of Mexico. — *Sedimentology*, **2** : 130-148.
- FURNESTIN (J.), 1937. — Compte rendu des dragages géologiques de la 4^e croisière du « Président-Théodore-Tissier ». — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.*, **10** (2) : 233-258.
- GORCEIX (H.), 1922. — Le gouf de Cap-Breton. — *La Géographie*.
- GROUSSON (R.), 1957. — Bathymétrie de la côte atlantique du Maroc. — *Bull. Com. Océanogr. Et. côtes*, **9** : 411-412.
- GUILCHER (A.), 1958. — La pente continentale devant l'Europe occidentale de l'Irlande à la Galice. — *Norois*, Poitiers, **5** : 89-91.
- 1963. — Continental shelf and slope (continental margin). — *In The Sea*, John WILEY et Sons édit., vol. II : 281-311.
- HILL (M.N.), 1956. — Notes on the bathymetric chart of the Northeast Atlantic. — *Deep Sea Res.*, **3** : 229-231, carte.
- HILL (M.N.) et KING (W.B.R.), 1953. — Seismic prospecting in the english Channel and its geological interpretation. — *Quart. J. geol. Soc., Londres*, **109** : 1-19.
- JOHNSON (D.W.), 1938. — Origin of submarine canyons. — *J. Geomorph.*, **1** (également Columbia Univ. Press, 1939).
- LACOMBE (H.), 1955. — Le talus continental marocain du large de Rabat. — *Bull. Com. Océanogr. Et. côtes*, **7** : 201-206.
- LAMARE (P.), 1936. — Recherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne. — *Mém. Soc. Géol. France*.
- LLADO (L.), 1951. — I. — Los Rasgos morfológicos y geológicos de la Cordillera cantabro-asturica. II. — Sobre el tipo de Cuenca de sedimentación del Pyreneo. — *Trab. Mem. labo. Geol.*, Oviedo, n° 1-2.
- 1955. — Estudio geológico del reborde meridional de la Cuenca carbonífera de Asturias. — *Monogr. geol.*, Oviedo, III.

- MANGIN (J.P.) et RAT (P.), 1962. — L'évolution post-hercynienne entre Asturies et Aragon. — Livre à la mémoire du Prof. P. FALLOT, tome I.
- MOORE (David G.), 1963. — Geological observations from the bathyscaph « Trieste » near the edge of the continental shelf off San Diego, California. — *Bull. geol. Soc. Amer.*, **5**, 74 : 1057-1062.
- PAVONI (N.), 1961. — Faltung durch Horizontalverschiebung. — *Ecl. Geol. helv.*, 54 : 515-534 (traduction du B.R.G.M., n° 4512).
- PERCONIG (E.), 1962. — Sur la constitution géologique de l'Andalousie occidentale en particulier du bassin du Guadalquivir. — Livre à la mémoire du Prof. P. FALLOT, tome I.
- RAT (P.), 1958. — Les pays crétacés basco-cantabriques. — Thèse, Dijon XVIII, texte et carte géologique au 1/200 000.
- SHEPARD (F.P.), 1934. — Canyons off the New England coast. — *Amer. J. Sci.*, **27** : 24-36.
- 1937. — Daly's submarine canyons hypothesis. — *Amer. J. Sci.*, **5**, vol. 33 : 369-379.
- TEIXERA (C.R.), 1960. — L'évolution du territoire portugais pendant le temps antémésozoïque. — *Bol. Soc. geol. Portugal*, **13** (3) : 230-255.
- ZBYSZEWSKI (G.), 1945. — La notion classique de flexure et celle des déformations marginales. — *Bol. Soc. geol. Portugal*, **4** (3) : 1-16.
- CARTES. — Cartes bathymétriques, au 1/250 000 environ, de l'I.S.T.P.M. par L. BERTHOIS et R. BRENOT, feuilles 5 à 12 (éditées) et 13 à 16 (en préparation).
Carte géologique de France au 1/1 000 000, 4^e édition 1955.
Carte géologique d'Espagne au 1/1 000 000.
Cartes géologiques du Portugal au 1/50 000, feuilles 1C, 9C, 13A, 13C, 26B, 26C, 26D, 30C.
Cartes gravimétriques de la France au 1/320 000 et au 1/500 000.