

article paru, en premier lieu, au :
Bull. Soc. géol. France, (7) XVI (3), pp. 281-294

Le bassin nord-occidental méditerranéen : structure et évolution

par JEAN-PIERRE REHAULT *, JEAN-LOUIS OLIVET ** et JEAN-MARIE AUZENDE **

Sommaire. — Le domaine ligure fait l'objet d'une étude systématique et détaillée de géologie-géophysique marine. Les auteurs présentent une série de documents inédits à l'aide desquels sont définies les grandes directions structurales et tectoniques du bassin. Ils montrent le rôle essentiel joué dans la création du bassin par les directions NE-SW qui le modèlent dans ses grandes lignes et les directions NW-SE, perpendiculaires, qui ont guidé le mouvement de dérive corso-sarde.

Ces dernières correspondent à de fortes anomalies magnétiques positives et à des formations volcaniques dont certaines ont pu être prélevées. L'évolution post-oligocène du bassin nord-occidental méditerranéen est discutée. —

Abstract. — Several marine geophysical and geological studies have been recently conducted in the Ligurian Sea. Two main structural trends are present : a NE-SW direction is related to creation of the Ligurian basin and a NW-SE to the Corso Sardinian microplate drifting. Strong positive magnetic anomalies and volcanic activities are associated with this last direction. Finally the North Western Mediterranean Sea post-Oligocene evolution is discussed. —

I. — INTRODUCTION.

Nous nous proposons d'étudier ici le secteur nord-oriental du bassin méditerranéen occidental, correspondant à la mer Ligure et au golfe de Gênes.

La bordure continentale septentrionale de ce secteur est une des plus complexes du point de vue géologique puisque l'on y retrouve la terminaison des massifs des Maures et de l'Estérel, les plis subalpains, la nappe du Flysch à Helminthoïdes, le Briançonnais ligure, de grandes masses de diabases et gabbros et les Apennins septentrionaux, la liaison Alpes-Apennins se situant aux environs de Gênes. La partie orientale de ce secteur comprend le N de la mer Tyrrhénienne, les deux domaines étant schématiquement séparés par le bloc corse et son prolongement.

Nous tenterons de définir les grandes directions structurales et tectoniques caractéristiques de cette région, les éléments structuraux majeurs du bassin et de dégager les points importants de son évolution.

II. — PRINCIPAUX DOCUMENTS UTILISÉS.

On dispose pour cette région de bonnes cartes bathymétriques quoique déjà anciennes (carte J. Bourcart, 1/200 000, [13] ; A. Segre, 1/750 000, [36]) ; des levés du Musée océanographique de Monaco, plus récents et bénéficiant d'une navi-

gation précise (1/50 000) (1969) et de ceux du Laboratoire de géophysique de Trieste ([1], 1/750 000). Ces documents, complétés par une couverture dense de profils réalisés à bord du *N. O. Catherine Laurence* (RCP n° 16) depuis 1966 permettent d'établir une carte bathymétrique détaillée dont nous publions une version simplifiée (fig. 1).

La couverture sismique réflexive de ce secteur est également très dense depuis 1966, bien qu'hétérogène du point de vue de la puissance des sources employées et donc du pouvoir de pénétration (fig. 2).

Nous avons principalement utilisé les documents résultant des sources suivantes :

— sparker 7 000 à 9 000 J du Musée océanographique de Monaco de 1966 et 1967 ;

— canons à air, de la Station de géodynamique de Villefranche-sur-Mer de 1966 à 1973 ;

— flexotir (mission Polymède I du Centre océanologique de Bretagne, et profil Augusta de l'Institut français du pétrole, 1970).

* Univ. Paris VI. Station de géodynamique sous-marine, 06230 Villefranche-sur-Mer.

** Centre océanologique de Bretagne. B. P. 337, 29 N-Brest. Contribution n° 253 du Dépt scient., Centre océanologique de Bretagne.

Note présentée à la séance du 6 mai 1974.

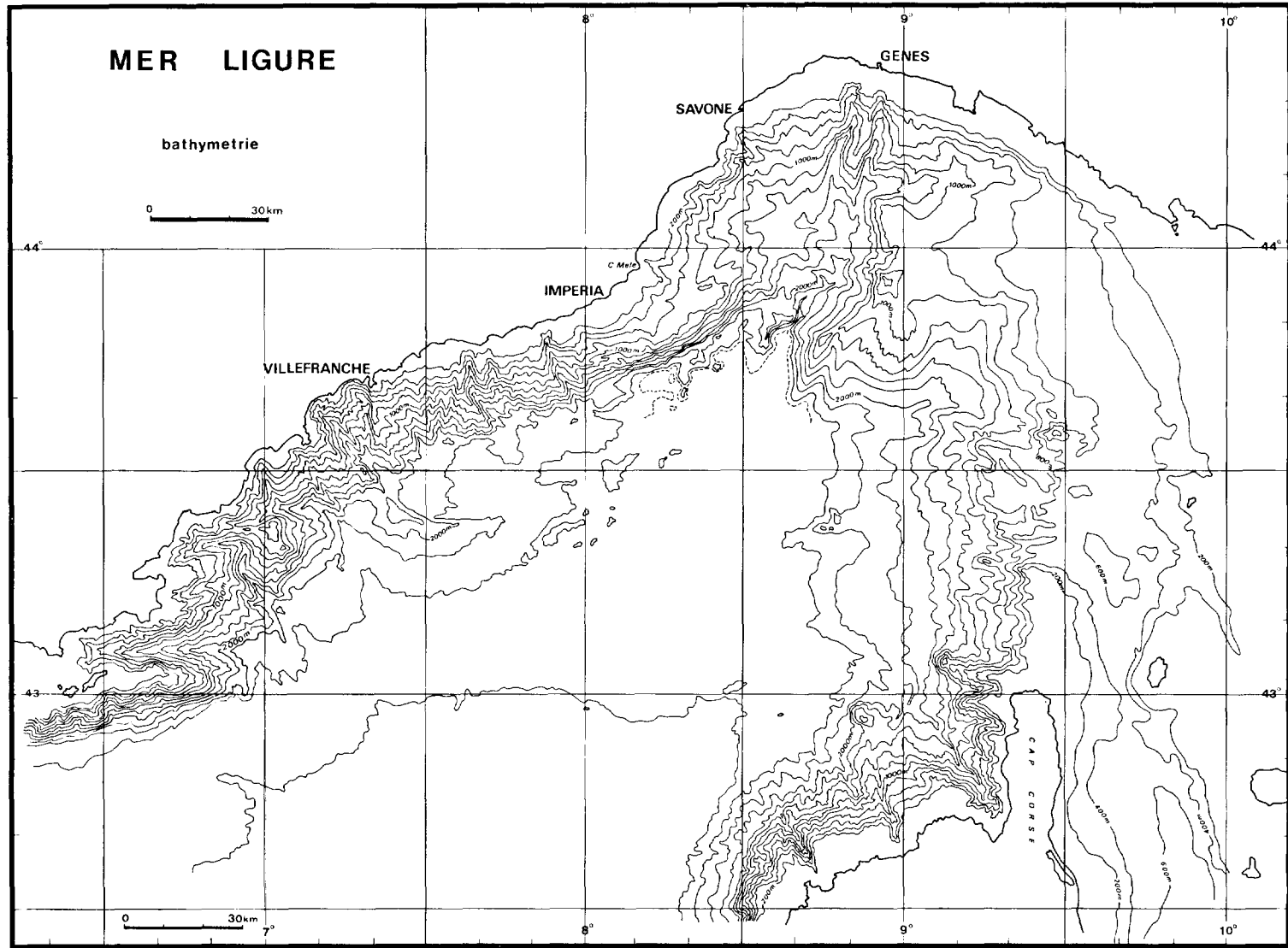


FIG. 1. — Carte bathymétrique de la mer Ligure. Equidistance des courbes 200 m.

LE BASSIN MÉDITERRANÉEN : STRUCTURE ET ÉVOLUTION

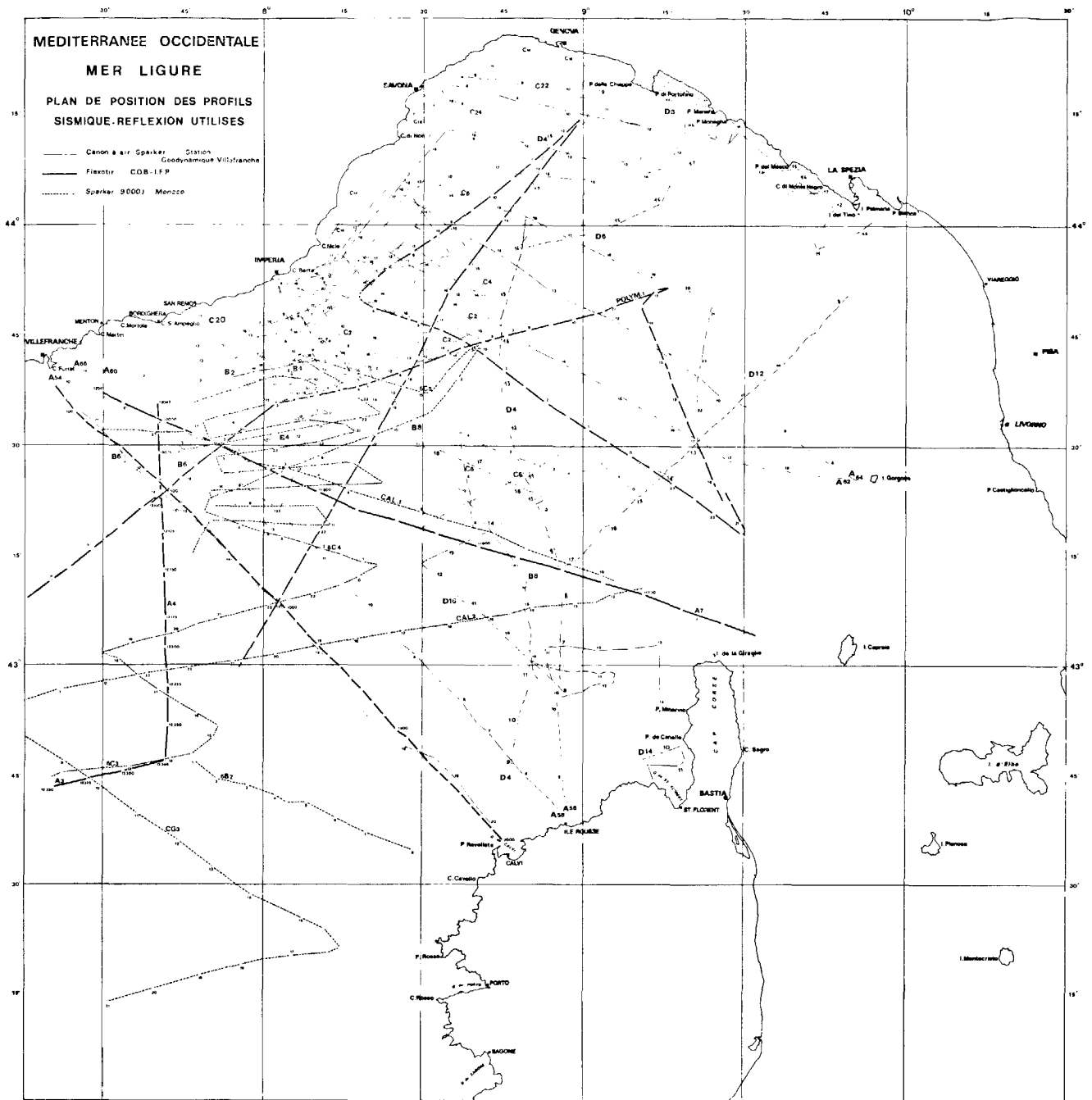


Fig. 2. — Plan de position des profils sismiques étudiés.

Quelques indications également très importantes concernant les structures plus profondes nous sont données par les résultats de campagnes de sismique réfraction [22, 26, 34] et les levés aéromagnétiques de l'I.P.G. [16].

III. — MORPHOLOGIE.

La terminaison septentrionale du bassin ligure et le golfe de Gènes se présentent comme une cuvette dissymétrique allongée SW-NE et dont les fonds

B.S.G.F., (7), XVI, 1974, n° 3.

ne dépassent guère 2 600 m (fig. 1). La partie la plus profonde du bassin est très proche des côtes des Alpes maritimes françaises et de la Riviera italienne. Cette bordure est représentée par une pente morphologique très forte ($> 8^\circ$) remarquablement alignée SW-NE. Une analyse plus détaillée de la base de cette marge permet toutefois d'observer de nombreuses structures en épis au niveau de la liaison avec le bassin profond.

Au contraire, les côtes de Toscane sont très éloignées du domaine profond. Cette bordure orientale s'étend largement par des fonds inférieurs à 800 m jusqu'à une ligne Portofino-Saint-Florent à partir de laquelle la pente s'accroît, gardant une orientation méridienne. Cette pente reste néanmoins beaucoup plus faible ($3-4^\circ$) que la précédente, les fortes valeurs n'étant rencontrées de nouveau que plus au S, au large des côtes de Corse. Là encore, des décrochements successifs en bas de pente, au niveau de la liaison avec la plaine centrale, rompent l'alignement général de la bordure.

Le fond de la cuvette est relativement plat, très large (une centaine de kilomètres au S de Nice) gardant une pente générale vers le S où l'on dépasse 2 600 m. On y rencontre de nombreuses collines d'un diamètre moyen de 2 à 3 milles et de forme dissymétrique. Elles sont groupées essentiellement au SW du golfe de Gênes et sont souvent coalescentes. Leur sommet est dénivellé souvent de plus de 100 m au-dessus du fond moyen environnant. Cette différence de niveau est généralement plus forte pour le flanc orienté vers le centre du bassin, témoignage de leur rôle de barrière aux venues sédimentaires de la marge alpine. Dans ce secteur particulier au SW du golfe de Gênes (au N du 43° parallèle entre $7^\circ 30'$ et $8^\circ 30'$) ces collines sont beaucoup plus proches de la côte que partout ailleurs dans le bassin méditerranéen. Elles sont en effet en bordure du glacis continental ou même en contact avec la pente continentale. Il est aussi particulièrement intéressant de remarquer qu'elles sont alignées NNE-SSW (avec toutefois des décalages entre les groupements, semblables aux structures en épis signalées en bas de pente). A l'E de ces groupements coalescents, on n'en rencontre plus qui soient marqués dans la morphologie. Par contre, on retrouve de nombreuses collines, assez étroites, de répartition aléatoire plus au S. Elles sont alors parfaitement symétriques.

Le glacis au pied de la marge continentale des Alpes maritimes franco-italiennes est très particulier. Il est représenté par des structures en « marches d'escalier », orientées NE-SW, légèrement surélevées vers le large. Le contact avec la plaine se fait très brutalement par un abrupt prononcé de près de 400 mètres. Par exemple, au S d'Impéria, l'une de ces structures s'allonge parallèlement à la pente

R.S.G.F., (7), XVI, 1974, n° 3.

sur une quinzaine de kilomètres et détermine un replat de 4 à 5 km.

La pente est entaillée de profondes vallées, les canyons sous-marins de J. Bourcart (14, 15). L'extension latérale de ces canyons est très limitée alors que leur creusement atteint une amplitude considérable, de l'ordre de 400 m en moyenne. Leur tracé est relativement rectiligne, débutant au bord du plateau et se poursuivant jusqu'aux fonds de 2 400 m. Leurs directions respectives sont parallèles, NW-SE aussi bien sur la pente au large de la Côte d'Azur que sur la pente corse. Il faut seulement noter une tendance à obliquer vers la gauche en fin de profil, au-delà de 2 400 m, avec parfois une levée sédimentaire sur le versant droit. La levée la plus caractéristique est celle liée au canyon du Var formant une ride sédimentaire importante, très étendue dans le prolongement du Cap d'Antibes.

Au N du golfe de Gênes, le trait morphologique essentiel est représenté par les « rivières de Gênes », dans le prolongement des fleuves terrestres, dont une seule (la « Rivière Est ») se prolonge jusqu'aux fonds supérieurs à 2 500 m [14]. Elle est alignée assez régulièrement NNE-SSW et fortement encaissée sur l'ensemble de son tracé.

Ce cadre général est encore troublé par quelques hauts-fonds. Nous n'en citerons que les trois principaux, tous situés à la lisière orientale de la plaine figure :

- Le plus au N culmine vers — 900 m par $43^\circ 47' N$ et $8^\circ 15' E$. Il est très étendu et ses flancs sont abrupts, sauf sur sa partie orientale. Son axe longitudinal est sensiblement parallèle à la rivière de Gênes, déjà mentionnée, qu'il borde.

- Plus au S, trois petits massifs contigus, alignés NE-SW sont centrés sur $43^\circ 22'$ et $8^\circ 45'$. Le plus élevé culmine vers — 1 800 m. Ils sont très allongés, avec des pentes fortes ; leur paroi orientale présente également une pente atténuée, trace d'enneigement.

- Au niveau du Cap Corse, un massif isolé s'élève de — 2 200 m à — 1 300 m. Il est très peu développé formant un piton aux pentes très fortes.

IV. — LE SOCLE ACOUSTIQUE.

a) *Définition.* Nous décrivons dans ce paragraphe la morphologie de l'horizon que l'on distingue aisément dans l'analyse des enregistrements sismiques continus. Ce « socle » acoustique pouvant représenter des termes très variés, aussi bien cristallins et volcaniques que calcaires ou grès des flyschs, sera en effet toujours un réflecteur très intense contrastant fortement avec sa « couverture » formée de séries sédimentaires peu ou non indurées. La nature de ce socle sera déterminée par des prélèvements ou par l'analyse des relations existant

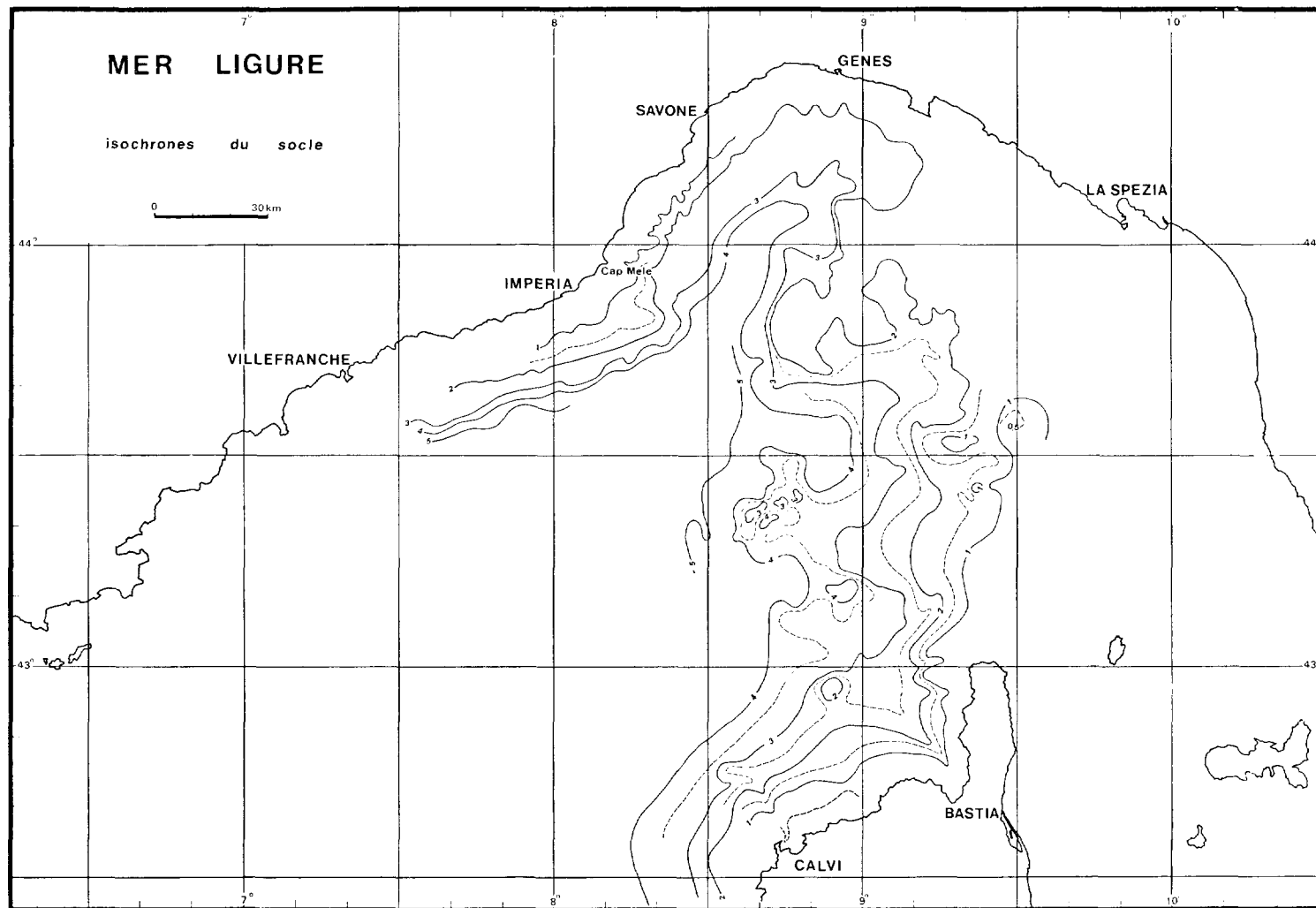


FIG. 3. — Carte des isochrones du « socle sismique » (en temps double à partir du zéro de la mer).
En trait plein : secondes rondes ; en tireté : demi-secondes.

entre les horizons qui le caractérisent et ceux reconnus à terre.

La surface du socle est reportée sur la carte (fig. 3) en temps de propagation des ondes sismiques (temps double) à partir du zéro de la mer. Cette carte des isochrones de la surface du socle nous en offre donc une morphologie légèrement déformée dans le sens d'une réduction de l'amplitude des dénivellations, par rapport à une carte corrigée, exprimée en mètres.

b) *Morphotectonique du socle ligure*. La cartographie du socle nous permet de retrouver les éléments caractéristiques majeurs de la cuvette dissymétrique décrite précédemment à partir de sa morphologie actuelle avec en plus, une accentuation très prononcée de l'allongement du bassin profond vers le NE. La bordure septentrionale est de pente moyenne forte, très faiblement recouverte par la sédimentation néogène. Cette marge est de type faillé. De grands abrupts succèdent à des replats, certains rejets de failles dépassant 500 m. Les lignes de fracture qui ont permis l'effondrement s'orientent, surtout dans le secteur occidental, selon les grandes directions structurales reconnues à terre. On peut noter aussi que cette forte pente d'effondrement, en gradins, reste sensiblement parallèle à la côte. On suit ainsi le socle acoustique jusqu'au-delà de 5 sec. T. D., ce qui, compte tenu des épaisseurs de sédiments estimées dans ce secteur, nous conduit à près de 6 km de profondeur. De nombreux accidents transverses sont également observables sur cette marge. Ils jouent en décrochements, senestres pour la grande majorité d'entre eux et sont sensibles surtout dans la partie profonde où ils déterminent des structures en épis et imposent une bonne linéarité d'ensemble à la zone de fracturation (ou de flexure). Ces accidents transverses sont également connus à terre bien que d'ampleur moindre [4]. Certains sont soulignés par les canyons sous-marins dont l'essentiel du creusement à ce niveau doit être attribué à la grande période d'érosion fini-Miocène. La découverte au S des Maures de lambeaux de la grande surface d'érosion miocène [27, 16, 9] permet d'évaluer avec une bonne précision l'ampleur de l'effondrement post-miocène. Les échantillons de socle prélevés à ce jour confirment l'extension des unités terrestres sur cette marge effondrée. Ainsi, l'érosion a dégagé dans le canyon de Toulon, phyllades et granito-gneiss [30]. Gneiss et schistes métamorphiques affleurent au S des îles du Levant et de leur prolongement du Banc du Magaud [9]. Du gneiss a été prélevé sur le haut-fond du Méjean [33].

Vers l'E, au-delà du Var, la couverture sédimentaire plus importante n'a pas permis de semblables prélèvements sauf sur le prolongement sous-marin du Cap Mele où l'on retrouve divers termes gréseux

et calcaires du flysch à Helminthoïdes [Rehault, en préparation]. Pourtant les observations photographiques effectuées dans le canyon de la Furia di Taggia (SW d'Impéria) montrent des affleurements rocheux malheureusement très restreints. Les flancs de ce canyon ne sont recouverts que d'une très faible épaisseur de sédiments, placage ou coulées de sédiments très compacts, vaseux à sablo-vaseux présentant une microtopographie en gradins et qui ont seuls été prélevés. Ces sédiments sont anciens et correspondent à divers termes du pliocène moyen et inférieur ou basal.

Au niveau du Cap Mele on rencontre un accident transverse sensiblement perpendiculaire à la côte qui atteint une très grande ampleur. Son rejet directement mesurable dépasse 1 000 m, abaissant les éléments de son flanc oriental. Son importance est grande car au-delà de cet accident la marge septentrionale du golfe de Gènes change d'aspect. Elle garde son style de pente faillée et effondrée mais subit un découplage. Le socle s'effondre très rapidement à proximité des côtes au large d'une ligne Cap Mele-Savone, il marque un vaste replat vers 1 500-2 000 m qui favorise l'établissement d'un bassin sédimentaire très important. On note ensuite très au large une reprise de pente accentuée gardant la direction de l'allongement du bassin. Au S de Gènes le bassin se ferme et la pente moyenne de la marge est relativement douce sauf à proximité des côtes. Elle suit assez bien la forme générale du golfe et porte la trace du prolongement de vallées terrestres.

Contrastant avec ce qui précède, la morphologie du socle de la bordure orientale du golfe de Gènes et de la mer Ligure est plus complexe et tourmentée. La pente moyenne, assez faible (la dénivellation de 1 à 5 sec. s'effectue sur une trentaine de milles en moyenne) garde une direction générale méridienne centrée sur le 9° E. En fait, cette morphologie est très tourmentée localement et ses éléments constitutifs sont de nature très différente comme nous permettent d'en juger de nombreux prélèvements. Du N au S nous distinguons ainsi plusieurs ensembles :

Un grand promontoire débute au S de Portofino. Son orientation NE-SW correspond à la fois à celle de l'allongement du bassin qu'il borde et à la bordure septentrionale de la mer Ligure. Sa pente N seule est abrupte et de type faillé. A son contact on retrouve la « rivière orientale de Gènes » (fig. 1) qui se prolonge jusqu'au bassin central. Deux appendices latéraux bordent ce promontoire et offrent des pentes particulièrement vives. Le plus septentrional a révélé des schistes séréciteux permien, tout à fait analogues à ceux connus dans le Briançonnais ligure. Plus au S, marquant le haut-fond le plus vaste aux pointements nombreux, dont le

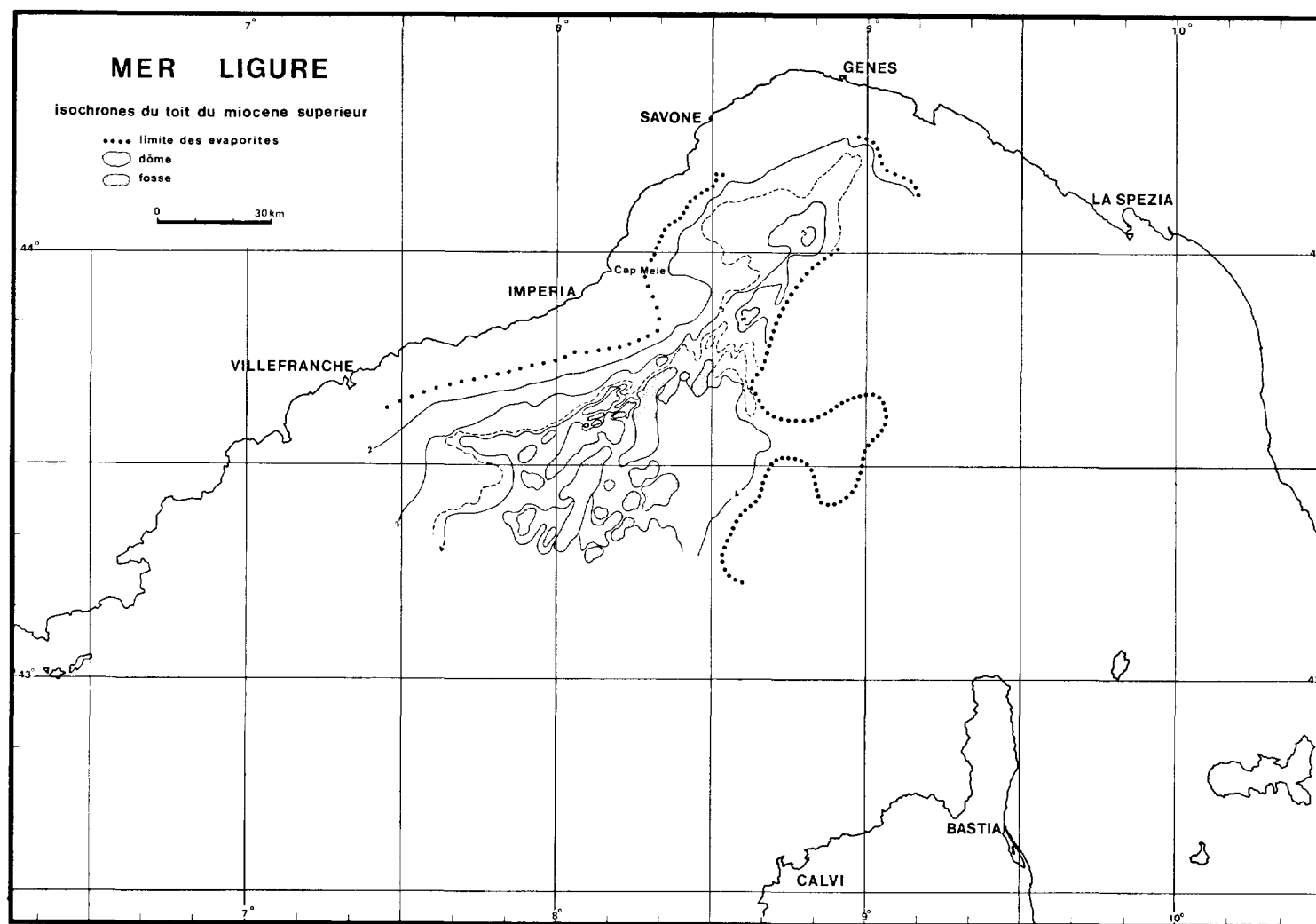


FIG. 4. — Carte des isochrones du toit du Miocène supérieur.

Sont figurées les masses salifères coalescentes et de type dôme sur un plan à 4 sec. (pointillé).

Les pointillés gras marquent la limite d'extension du niveau évaporitique au-delà de laquelle la discordance du Pliocène est établie sur une surface d'érosion.

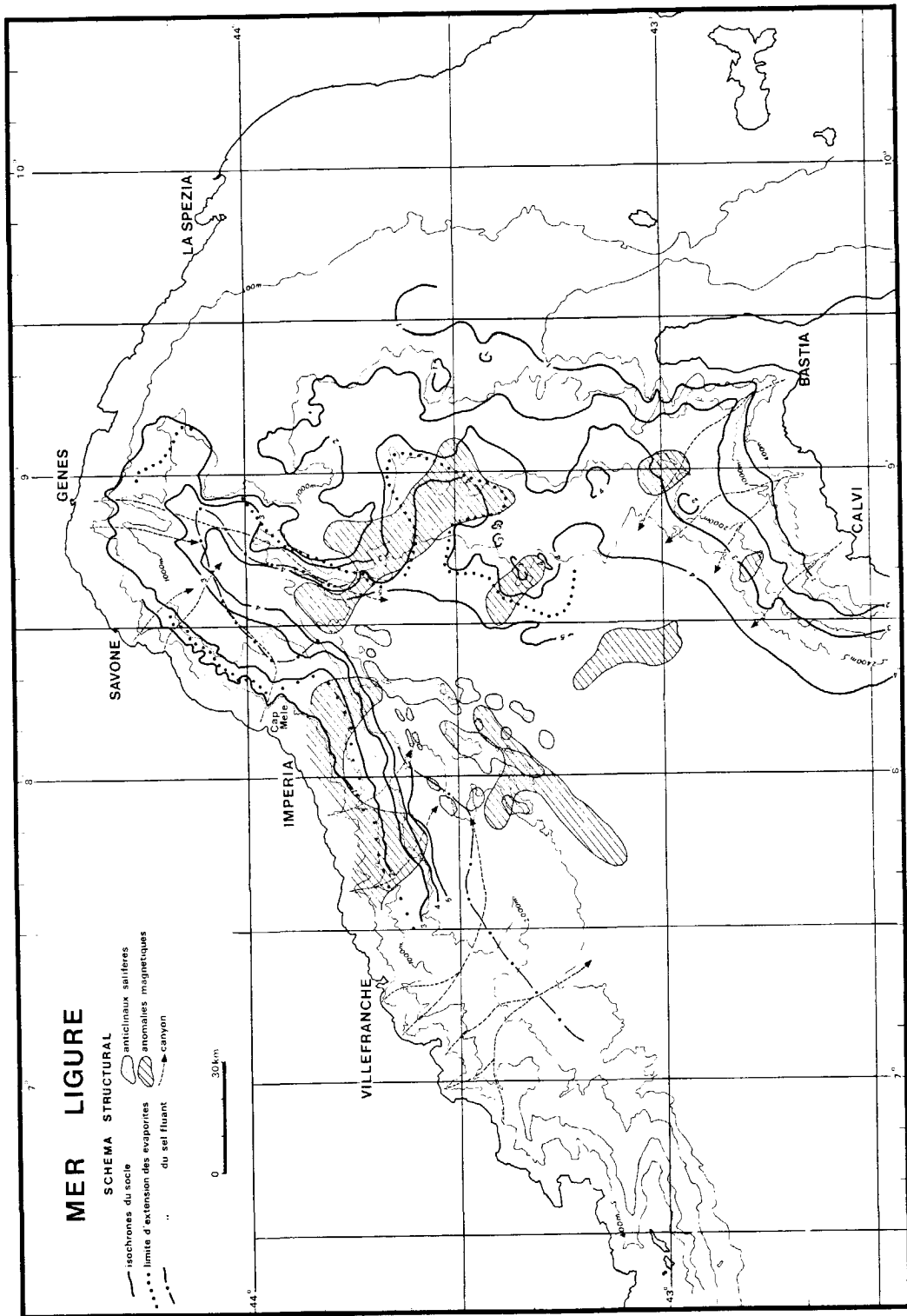


FIG. 5. — Schéma structural. Sont superposées les plus fortes anomalies magnétiques positives (carte de la dérivée seconde réduite aux pôles, Le Borgne et coll. [24]).

plus important culmine vers 900 m, a révélé des éléments volcaniques : des éléments très vitreux de type dacite et du basalte à olivine [10] (fig. 6, 1). Ce promontoire, très élargi vers le S, s'interrompt selon une direction NW-SE. On retrouve la direction de l'accident du Cap Mele situé dans son prolongement exact. Le socle rencontré le long de cette direction est faillé et effondré vers le S. Il détermine ainsi le flanc d'un golfe, assez étendu, qui le sépare d'un autre groupe de hauts-fonds. Ces derniers, également de nature volcanique, sont peu affectés par la sédimentation mais abondamment recouverts de formations coralliennes. On y a prélevé des roches cristallines basiques [10] à texture fluidale, avec verre abondant surtout à la périphérie, altérées, devant correspondre à des andésites. Elles ne sont certainement pas d'âge récent, leur position structurale les montre anté-messiniennes (cf. fig. 6, coupe 2). Ces hauts-fonds coalescents à la base sont également limités vers le S par une ligne semblable et parallèle à la précédente. Cette orientation correspond à celle des canyons, très fortement encaissés, qui entaillent la marge nord-occidentale de la Corse. Ce grand décrochement se prolonge dans la direction du golfe de Saint-Florent (fig. 5).

En bordure du canyon de Saint-Florent, vers la base, s'individualise un haut-fond d'extension réduite, aux pentes très abruptes, formant piton. Là encore, nous avons prélevé des éléments volcaniques [Rehault, en cours d'analyse].

Le Cap Corse semble se prolonger assez loin au N et garde son orientation N-S. (Sur le banc de Santa Lucia ont été dragués des micascistes [10].) La marge corse est de type faillé, en gradins et de pente très vive. Les dragages ont montré l'extension des granites corses. On retiendra donc que l'on retrouve sur la bordure orientale du golfe et de la mer ligure les deux directions transverses rencontrées sur la bordure précédente : une direction NE-SW correspondant à l'allongement du bassin central et une direction transverse, comme pour le Cap Mele, NW-SE. Les manifestations volcaniques et les décalages des divers hauts-fonds sont rencontrés selon cette dernière. Les décrochements résultants sont importants.

V. — LES SÉRIES SÉDIMENTAIRES.

On rencontre dans ce secteur et surtout dans la zone centrale de la mer Ligure des séries sédimentaires semblables à celles rencontrées dans l'ensemble du bassin de la Méditerranée occidentale [5, 23, 29]. Nous en rappellerons les grands traits :

— la série infra-salifère est épaisse et peu déformée, avec quelques puissants horizons réflecteurs, sub-

horizontaux. Elle est contenue exclusivement dans le bassin central (fig. 6, coupe 1).

— La série salifère d'une épaisseur de 400 ms en moyenne et dont la base, horizontale, est située généralement à 1,5 sec. sous la surface topographique actuelle. Elle alimente toute une série de structures salifères (dômes au sens strict à divers stades d'évolution et surtout de nombreux diapirs comme au S d'Imperia) (fig. 5). En mer Ligure elle est également contenue dans le bassin central mais déborde de ces limites dans le golfe de Gènes. Sa base est fortement remontée vers le N (fig. 6, coupe 3), de même que latéralement, au niveau du bassin situé au S de Savone. On assiste alors soit à des « bourrages » de sel importants soit à un amincissement de la série.

— La série évaporitique supérieure se présente toujours comme une série de réflecteurs intenses, d'une puissance de l'ordre de 200 à 400 m, avec des ondulations à grand rayon de courbure et des déformations plus brutales au niveau des structures salifères qui la traversent souvent. Sa surface supérieure est très nette et commode à identifier du fait d'une part du fort contraste d'intensité des réflecteurs avec la série plio-quaternaire et d'autre part de la surface de discordance très générale qui les sépare.

Ces séries évaporitiques, attribuées également au Miocène terminal, Messinien [23] débordent largement du bassin central. Leur extension est reportée figure 5. La carte isochrone de leur surface supérieure montre l'ampleur des déformations (fig. 4).

Latéralement, sur la bordure septentrionale, ou au niveau des hauts-fonds, les séries évaporitiques supérieures sont nettement transgressives et discordantes sur les éléments sous-jacents. Elles sont toujours présentes dans les « golfes » identifiés dans le socle acoustique cité précédemment. On les retrouve sur la bordure du bassin sédimentaire situé au S de Savone où elles affleurent (fig. 6, coupe 2) et ont été prélevées. Elles sont alors constituées de vases marines à faune pélagique. Un seul prélèvement contenait du gypse maclé abondant associé à ces vases [21]. Dans le secteur oriental, à proximité du banc de Santa Lucia où ce réflecteur est également suivi, ont été prélevés des sédiments rubéfiés de teinte ocre rouge, fortement micacés et renfermant des moules internes de Foraminifères non déterminés. Ces sédiments sont très analogues à des paléosols ou peuvent représenter le remaniement de paléosols contemporains de l'épisode d'assèchement messinien [10]. A ce niveau et dans le N du golfe de Gènes notamment la surface supérieure de cet horizon présente très nettement des traces d'érosion et de nombreuses coupes donnent l'image de chenaux. Il est tout à fait probable que, laté-

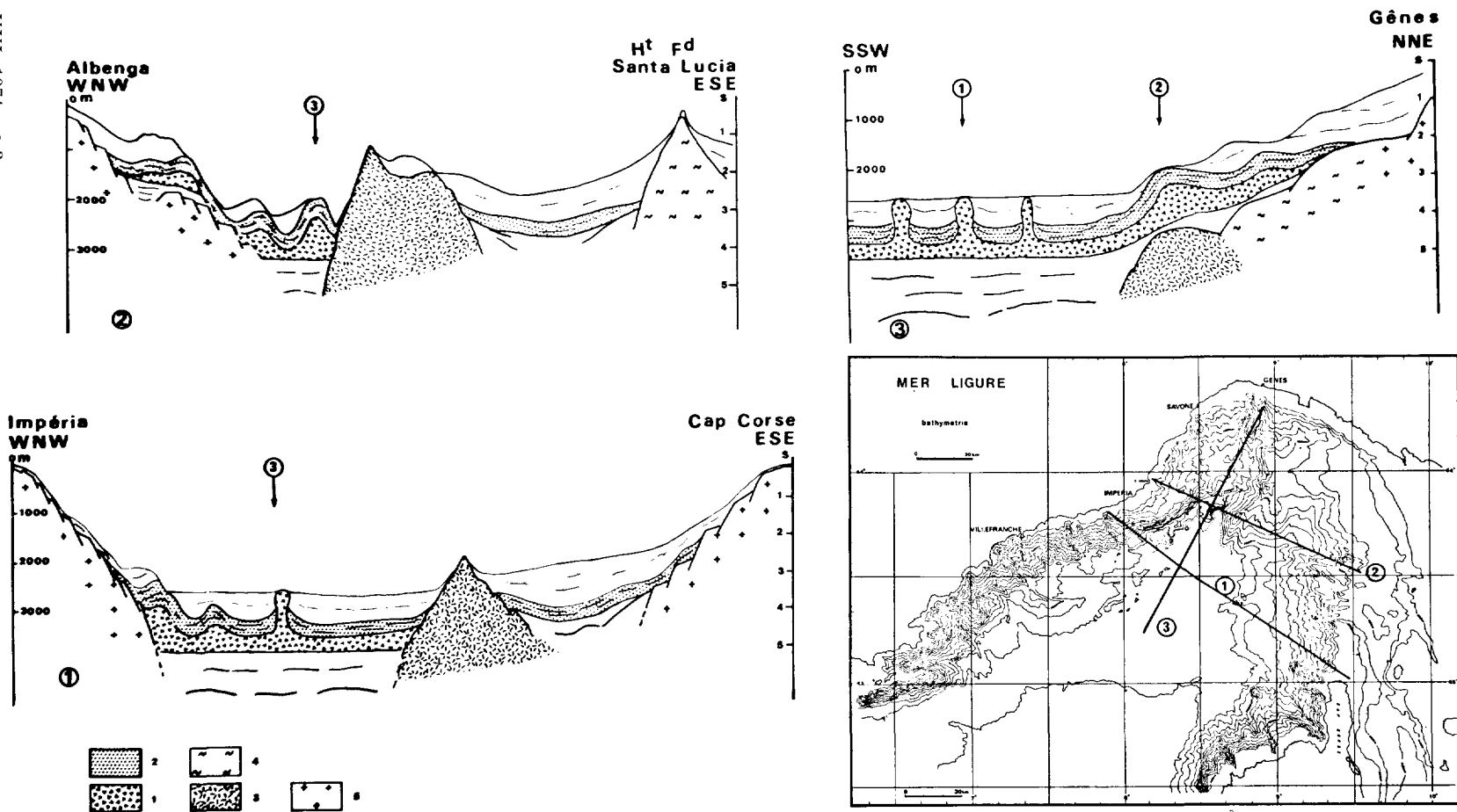


Fig. 6. — Coupes synthétiques schématiques.

Légende : 1 : sel « fluant » ; 2 : série « évaporitique » ; 3 : formations d'origine volcanique ; 4 : formations métamorphiques ; 5 : socle sismique indifférencié.

ralement, la série messinienne évaporitique du bassin central, fait place à ses équivalents latéraux peut-être détritiques sur les bordures, ou pouvant représenter des remaniements de paléosols voisins.

— La série plio-quaternaire est également mieux définie dans le bassin central où elle atteint une puissance de 600 à 900 ms. Elle montre des réflecteurs nombreux, bien stratifiés dont un ensemble plus marqué autour de 300 à 350 ms généralement légèrement discordant sur la base de la série dont les caractéristiques doivent être plus homogènes. Cette discordance intra-pliocène est toutefois très générale bien que peu accentuée [35].

Le Quaternaire récent ($\leq 120\ 000$ ans) seul niveau que l'on prélève couramment dans le secteur présente les caractères d'une sédimentation hétérogène (alternance de vases et sablons, passées de type turbide) en milieu réducteur qui s'oppose à la sédimentation très fine, uniquement vaseuse avec faunes pélagiques, très oxydée des derniers millénaires.

Dans les sites particuliers tels que les entailles de canyons ou les secteurs de forte pente, où les dépôts récents sont instables, on a pu prélever des niveaux pliocènes : généralement vases fortement indurées, gris-bleu, avec souvent des passées relativement grossières. Les mélanges de faune profonde ou pélagique sont fréquents avec des faunes benthiques de zone de plateau. Il y a donc lieu de considérer cette période comme instable, avec une intense activité sédimentaire détritique qui s'est poursuivie jusqu'à la période très récente des derniers millénaires.

On retiendra donc comme trait dominant et original du golfe de Gênes et particulièrement important pour la reconstitution de l'histoire des bassins, de la paléogéographie miocène en particulier, la présence en position très relevée et en continuité avec la zone centrale profonde des séries sédimentaires évaporitiques. Elles sont aussi particulièrement étendues et déformées dans le bassin situé entre le Cap Mele et le S de Savone. Ces déformations sont très certainement postérieures aux dépôts miocènes.

VI. — ÉVOLUTION STRUCTURALE.

Dans la figure 7 sont schématisées les données structurales de la mer Ligure et de ses bordures. Nous y avons porté avec des figurés différents les diverses familles d'accidents reconnus à terre et sur les marges. Le grisé clair indique la forme et l'extension présumée des marges continentales. Nous avons souligné par une trame gris foncé les fortes anomalies magnétiques positives qui caractérisent les bordures continentales du bassin [8]. L'anomalie interprétée comme étant l'anomalie axiale du bassin est représentée avec un alignement

de croix. Les alignements de points (fig. 7) représentent les directions transformantes parallèles au mouvement d'ouverture selon Auzende et coll. [6]. L'anomalie située au N du golfe d'Asinara [19] et celle située en regard de la faille du Cap Mele sont deux de celles qui ont servi à calculer le pôle de cette ouverture.

Il apparaît clairement que le bassin Ligure est contrôlé par des directions tectoniques de mêmes familles que celles existant sur les continents adjacents.

a) *Les directions E-W à ENE-WSW.* C'est la direction pyrénéo-provençale, manifeste en Provence calcaire comme en Provence cristalline. Dans cette dernière, on lui rapporte une série de failles légèrement décrochantes [4] qu'on peut rapprocher du réseau de failles tardi-hercyniennes ENE-WSW de Corse et du Gerrei en Sardaigne [3]. Sur les marges provençales et corses, de nombreux canyons soulignent indubitablement le prolongement de ces accidents. D'autre part les failles normales qui dénivellent la marge provençale, la marge Ligure (entre Nice et le Cap Mele) [35] et la marge corse sont à rattacher à cette même famille. Il est facile de voir d'après la figure 7 qu'avant la rotation de la Corse l'ensemble de ces accidents formait une famille homogène.

b) *Les directions voisines de N-S.* Ces directions sont connues à l'W de la Provence [32] où elles jouent un rôle dans l'effondrement du fossé du Rhône. Elles sont également bien connues en Provence cristalline [4] et à l'W dans le domaine subalpin [20]. Ces accidents jouent un rôle de détail dans l'effondrement de la marge entre Nice et les Maures. On peut toutefois noter l'alignement des deux fortes anomalies magnétiques de la bordure des Maures selon cette direction. Plus à l'E, la ligne de Sestri-Voltaggio a sans doute un prolongement sous-marin souligné par l'orientation des canyons de Gênes dans la première portion de leur cours. Le prolongement effondré vers le N de la marge corse est également d'orientation N-S. Enfin en Corse Malusky et coll. [28] ont récemment donné une description de l'accident qui sépare la Corse ligure de la Corse hercynienne, accident dont l'orientation varie de N-S à NW-SE. Les canyons du N de la Corse (canyons de Saint-Florent et d'Ile Rousse) sont vraisemblablement installés sur des accidents de cette famille. Le rapport entre ces trois derniers accidents, (Corse, prolongement du Cap Corse et Sestri-Voltaggio) n'est pas encore établi. Pour l'accident situé entre Corse alpine et corse hercynienne, selon notre schéma, il a pu jouer en décrochement senestre [28] à ses extrémités avec une composante compressive dans sa partie centrale lors de l'ouverture du bassin.

B.S.G.F., (7), XVI, 1974, n° 3.

c) *Les directions NE-SW.* Un accident de cette orientation limite au NW la Provence cristalline : sa signification est controversée [22]. C. Cornet [16] a particulièrement insisté sur le rejeu de failles de cette orientation à l'Oligocène : l'alignement anticlinal Maures-Tanneron et celui des voûtes

triasiques de l'Huveaune-Barjol en seraient les manifestations principales. On peut noter la parenté de direction de ces structures avec celles de la flexure cévenole qui rejoue à la même époque. Dans l'E de la mer Ligure des accidents de cette orientation ont localement dirigé la subsidence de la

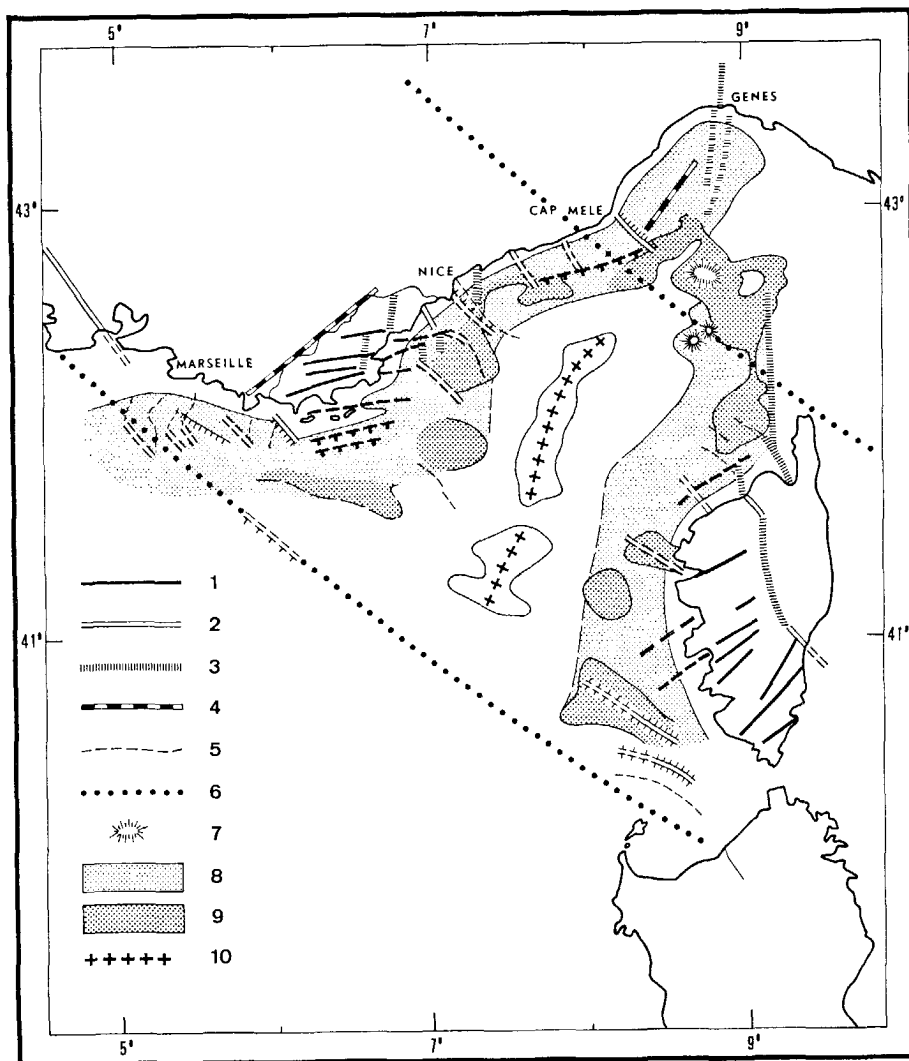


FIG. 7.

Légende : 1 : accidents E-W à ENE-WSW. En tireté : accidents de la même famille en domaine marin ; 2 : accidents NW-SE ; 3 : accidents N-S ; 4 : accidents NE-SW ; 5 : Canyons ; 6 : petits cercles tracés à partir d'un pôle de coordonnées : 54° N 24° E déterminés dans Auzende *et al.* 1973, [6] ; 7 : volcanisme ; 8 : extension présumée des marges continentales ; 9 : anomalies magnétiques positives d'après Le Mouel et Le Borgne 1970 [25] ; 10 : anomalie magnétique située dans l'axe du bassin ligure.

marge [35] (E de Saint-Tropez et W du Cap Mele). D'une façon générale cette direction est celle de l'allongement du bassin ligure. Son prolongement vers le SW est important où elle marque toujours la limite septentrionale du bassin. Au S de cet accident majeur affectant l'ensemble de la marge ligure, on atteint la partie abyssale du bassin à croûte B.S.G.F., (7), XVI, 1974, n° 3.

océanique, ou du moins de type intermédiaire [18, 24].

d) *Les directions NW-SE.* Ces directions, perpendiculaires aux précédentes sont celles qui ont guidé l'ouverture du bassin. Elles sont peu reconnues à terre sinon dans la faille d'Arles [12]. Elles

jouent cependant un rôle dans la structuration oligocène de la Provence [cf. C. Cornet, 1969, fig. 2, p. 106]. Sur les marges provençale et ligure, c'est la direction dominante des canyons dont le contrôle structural est très probable. Sur la marge corse on la retrouve dans les canyons du NW et sur le flanc N des golfes de Sagone, Porto et Valinco. Les plus fortes anomalies magnétiques positives leur correspondent étroitement (fig. 5).

Une étude récente [19] a mis en évidence, correspondant aux anomalies magnétiques du S de la Corse, des alignements d'origine volcanique probable. L'anomalie magnétique du Cap Mele est du même type. Les structures et les prélèvements décrits plus haut confirment cette analogie. Sa correspondance avec la faille du Cap Mele est significative. Une anomalie de même orientation et d'aussi grande amplitude borde au NE le Golfe de Valence, des formations volcaniques de nature semblable lui correspondent [10]. On attribue à ces alignements volcaniques du S du golfe de Gênes et du NE des Baléares une même signification de cicatrice laissée par la dérive des blocs corso-sardes [6].

Les études paléomagnétiques font envisager une rotation du bloc corso-sarde d'amplitude et d'âge très controversés suivant les auteurs [2, 11, 17, 38, 39]. On note actuellement une tendance générale des auteurs en faveur d'un mouvement tertiaire anté-miocène.

Les raisonnements portant sur la nécessité d'une terre émergée en Ligurie à l'Éocène [37] ainsi que sur l'épaisseur totale du remplissage sédimentaire du bassin, estimée à six kilomètres [32], conduisent à placer cette couverture du bassin ligure au cours de l'Oligocène [6]. Une argumentation a déjà été développée en faveur d'un âge d'ouverture du bassin compris entre l'Oligocène moyen et le Miocène inférieur [26, 6, 29].

En résumé, les directions NE-SW et NW-SE jouent un rôle essentiel dans la création du bassin, et même de l'ensemble du bassin provençal : les unes modèlent dans ses grandes lignes le bassin ; les autres, perpendiculaires, ont guidé le mouvement de dérive corso-sarde. Les autres directions jouent localement un rôle dans la subsidence des marges.

Bibliographie

- [1] ALLAN T. D. et MORELLI C. (1971). — A geophysical study of the Mediterranean sea. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, XIII, n° 50, p. 99-142, cartes.
- [2] ALVAREZ W. (1972). — Rotation of the Corsica-Sardinia microplate. *Nature Phys. Sci.*, 235 p. 103-105.
- [3] ARTHAUD F. et MATTE P. — Les décrochements tardi-hercyniens du Sud-Ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. *Tectonophysics* (sous-presse).
- [4] AUBOUIN J. et MENNESSIER G. (1962). — Essai sur la structure de la Provence. In « Livre à la mémoire du Pr. P. Fallot ». *Mém. h.-sér. Soc. géol. Fr.*, t. II, p. 45-98.
- [5] AUZENDE J. M., BONNIN J., OLIVET J. L., PAUTOT G. et MAUFFRET A. (1971). — Upper Miocene Salt Layer in the Western Mediterranean Basin. *Nature Phys. Sci.*, 230, p. 82-84.
- [6] AUZENDE J. M., BONNIN J. et OLIVET J. L. (1973). — The origin of the western Mediterranean basin. *J. geol. Soc. Lond.*, vol. 129, p. 607-620, 6 fig.
- [7] BAYER R., Le MOREL J.-L. et LE PICHON (1973). — Magnetic Anomaly pattern in the western Mediterranean. *Earth planet. Sc. Letters*, 19, pl. p. 167-176.
- [8] BAYER R. (1974). — Anomalies magnétiques et évolution tectonique de la Méditerranée occidentale Thèse 3^e cycle, Paris.
- [9] BELLAÏCHE G. (1969). — Étude géodynamique de la marge continentale au large du Massif des Maures et de la plaine abyssale Ligure. Thèse Doctorat, Paris.
- [10] BELLAÏCHE G., GENNESSEAUX M., MAUFFRET A. et REHAULT J. P. — Prélèvements systématiques et caractérisation des réflecteurs acoustiques. Nouvelle étape dans la compréhension de la géologie de la Méditerranée occidentale. *Marine Geol.* (sous presse).
- [11] BOBIER C. — La signification de l'aimantation rémanente des laves de la « Série des ignimbrites inférieures ». Conséquence pour l'étude de la rotation du bloc corso-sarde durant le tertiaire. Colloque Cagliari, juillet 1973.
- [12] BONNET A. (1962). — Note sur la liaison entre les tectoniques superficielles et profondes de la Camargue. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 251-259.
- [13] BOURCART J. — Carte n° 3. *Publ. Musée océanographique de Monaco*.
- [14] BOURCART J. (1960). — Carte topographique du fond de la Méditerranée Occidentale. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° 1163, 20 p.
- [15] BOURCART J. (1963). — Problèmes soulevés par la géographie du fond de la Méditerranée. *Giornale di Geol. Ann. Museo Geol. Bologna.*, vol. XXXI, p. 109-149.
- [16] CORNET C. (1969). — La Provence de l'Oligocène à nos jours. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, (2), XI, fas. 1, p. 101-122.
- [17] COULON C., DEMANT A. et BOBIER C. — Contribution du paléomagnétisme à l'étude des séries volcaniques cénozoïques et quaternaires de Sardaigne nord-occidentale. Le problème de la dérive de la Sardaigne. *Tectonophysics* (sous presse).
- [18] FAHLQUIST D. A. et HERSEY J. B. (1969). — Seismic Refraction measurements in the western Mediterranean Sea. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, V, 67, 1386, 52 p.
- [19] GENNESSEAUX M., AUZENDE J. M., OLIVET J. L. et BAYER R. (1974). — Les orientations structurales et magnétiques sous marines au S de la Corse et la dérive corso-sarde. *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 278, p. 2203-2006.

- [20] GÈZE B. (1962). — Caractères structuraux de l'Arc de Nice (Alpes Maritimes). In « Livre à la mémoire du Pr. P. Fallot », *Mém. h. sér. Soc. géol. Fr.*, t. II, p. 289-300.
- [21] GLAÇON G. et REHAULT J. P. (1973). — Le Messinien marin de la pente continentale ligure (— 1750 m) (Italie). *C. R. Acad. Sc.*, Paris, t. 277, (D), p. 625-628.
- [22] GOGUEL J. (1964). — L'interprétation de l'Arc des Alpes Occidentales. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. V, p. 20-33.
- [23] INITIAL REPORTS OF THE DEEP SEA DRILLING PROJECT, Vol. XIII, National Science Foundation, Washington, janvier 1973.
- [24] LE BORGNE E., LE MOUËL J. L. et LE PICHON X. (1971). — Aeromagnetic survey of south-western europe. *Earth. Planet. Sci. Letters*, 12, p. 287-299.
- [25] LE MOUËL J. L. et LE BORGNE E. (1970). — Les anomalies magnétiques du Sud-Est de la France et de la Méditerranée Occidentale *C. R. Ac. Sc.*, Paris, (D), 271, 1348-1350.
- [26] LE PICHON X., PAUTOT G., AUZENDE J. M. et OLIVET J.L. (1971). — La Méditerranée occidentale depuis l'Oligocène : schéma d'évolution. *Earth. Planet. Sci. Letters*, 13, p. 145-152.
- [27] LUTAUD L. (1924). — Étude tectonique et morphologie de la Provence cristalline. Thèse *Rev. Géogr.*, 12, fasc. 1, 270 p.
- [28] MALUSKI H., MATTAUER M., MATTE Ph. (1973). — Sur la présence de décrochements alpins en Corse. *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 276, (D), p. 703-712.
- [29] MAUFFRET A., FAIL J. P., MONTADERT L., SANCHO J. et WINNOCK E. (1972). — Northwestern Mediterranean sedimentary basin from seismic Reflection Profile. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 57, 11, p. 2245-2262.
- [30] MASCLE J. R. (1968). — Contribution à l'étude de la marge continentale et de la plaine abyssale au large de Toulon. Thèse 3^e Cycle, Paris.
- [31] MURAOUR P. et GENNESSEUX M. (1965). — Quelques remarques à la suite d'une étude de sismique réfraction sur la pente continentale niçoise. *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 260, (D), p. 227-230.
- [32] OLIVET J.L., AUZENDE J.M., MASCLE J., MONTI S., PASTOURET L. et PAUTOT G. (1971). — Description géologique de la bordure provençale. Résultats de la campagne de Flexo-électroforage en Méditerranée nord-occidentale. *C.N.E.X.O.*, n° 2, p. 375-394, 18 fig.
- [33] PAUTOT G. (1969). — Étude géodynamique de la marge continentale au large de l'Estérel. Thèse, Paris.
- [34] RECQ M. (1973). — Contribution à l'étude de la structure profonde de la croûte terrestre dans la région de Nice. *Boll. di Geof. Teor. Appl.*, XV, n° 58, p. 161-180.
- [35] REHAULT J. P. (1968). — Contribution à l'étude de la marge continentale au large d'Imperia et de la plaine abyssale ligure. Thèse 3^e cycle, Paris.
- [36] SEGRE A. (1960). — Carta batimetrica del mediterraneo centrale ; Mari ligure e tirreno settentrionale. carta n° 1250. Istituto idrografico della Marina, Gênes.
- [37] STANLEY D. J. et MUTTI E. (1968). — Sedimentological evidence for an emerged Land mass in the Ligurian sea during the Palaeocene, *Nature*, Lond., 218, p. 32-36.
- [38] WESTPHAL M. (1967). — Étude paléomagnétique de formations volcaniques primaires de Corse. Rapports avec la tectonique du domaine Ligurien. Thèse, Strasbourg.
- [39] ZIJDERVELD J. D. A. et VAN DER VOO R. (1972). — Paleomagnetism in the Mediterranean area. 1. II, p. 133-161. In *Implications of continental Drift to the Earth Sciences*. Vol. 1, D. H. TARLING et J. K. RUNCORN ed. London, New York, Academic Press.