

Le précontinent  
entre le cap Ferrat et le cap Martin  
(Alpes maritimes, France)

par

Günter GIERMANN  
*Musée océanographique, Monaco\**



(Manuscrit reçu le 12 décembre 1967)

---

\* Adresse actuelle : Office d'océanographie de l'Unesco, Paris.

*Descripteurs retenus pour cette étude :*

Bathymétrie, précontinent (Alpes-maritimes) — Morphologie, précontinent (Alpes-maritimes) — Tectonique, précontinent (Alpes-maritimes) — Vallées sous-marines et terrestres, précontinent (Alpes-maritimes) — Sondage sismique continu.

\* \* \*

**Table des illustrations**

	<i>pages</i>
FIGURE 1. — Coupe W-E du précontinent, zones <b>ID</b> , <b>IB</b> , <b>IA</b> et têtes des vallées de Beaulieu et de Monaco . . . . .	5
FIGURE 2. — Coupe W-E du précontinent, zones <b>IIBa</b> , <b>IIA</b> , <b>IIC</b> et vallées du cap Ferrat, de Beaulieu et de Monaco . . . . .	12
FIGURE 3. — Coupe W-E du précontinent, zones <b>IIB</b> , <b>IIC</b> , vallées du bloc <b>IIB</b> et confluent des vallées de Monaco et du cap Ferrat . . . . .	13
FIGURE 4. — Coupe W-E du précontinent, zones <b>IIB</b> et <b>III</b> et embouchure des deux vallées du bloc <b>IIB</b> . . . . .	15
FIGURE 5. — Coupe spéciale en sondage sismique continu ( <i>boomer</i> ), enregistrée par EDGERTON et LEENHARDT : coupe N-S du plateau continental de la baie de Monaco (zone <b>IA</b> ) avec terrasses würmiennes (?) . . . . .	7
FIGURE 6. — Coupe spéciale en sondage sismique continu ( <i>boomer</i> ), enregistrée par EDGERTON et LEENHARDT : coupe N-S révélant la genèse de la vallée de Beaulieu (zone <b>IC</b> ). . . . .	9
Carte morphologique et tectonique du précontinent entre le cap Ferrat et le cap Martin (France), 1/50 000. . . . . <i>hors texte</i> (à la fin de l'étude)	
Planche avec : carte d'ensemble; carte des profils de sondage; cinq coupes N-S du précontinent; deux profils réels des	

Une nouvelle carte bathymétrique du précontinent de Monaco, au 1/25 000, a été établie au Musée océanographique par S. PIERROT, cartographe, sous la direction de l'auteur; cette étude en donne la description et l'interprétation.

Les sondages ont été effectués en 1966, avec le concours du COME-XO, par le navire océanographique *Winnaretta-Singer* (voir planche, carte des positions)\*. Les isobathes, équidistantes de 10 mètres, correspondent aux profondeurs enregistrées par le sondeur Atlas 15 kHz ( $v = 1\,500$  m/s), profondeurs non corrigées. (Les tables de correction utilisées à bord du navire océanographique *Akademik S. Vavilov* recommandent d'ajouter 9 m à 1 000 m et 30 m à 2 000 m pour obtenir la profondeur réelle.)

La position a été déterminée jusqu'à 5 milles au large par des points radar sur des hyperboles Rana; entre 5 et 14 milles, par l'intersection des hyperboles Rana; dans cette zone, la position des points Rana est à quelques mètres près tandis qu'au nord, où le radar a été appliqué, la précision est moins bonne.

Les limites naturelles de la zone étudiée sont, à l'ouest, la crête du cap Ferrat; à l'est, la crête de Roquebrune (le cap Martin fait déjà partie du bassin de Menton); au sud, la plaine abyssale; au nord, la crête de partage des Alpes maritimes, parallèle à la côte à une distance de 2 à 3 km, dont le point culminant est le mont Agel (1 110 m). Un « bassin hydrologique » étendu est ainsi délimité, dont la vallée principale est celle de Monaco avec ses branches de Beaulieu et du cap Ferrat. Seuls les ultimes prolongements de ce réseau dendritique se retrouvent à terre, pour moins de 10 p. 100 de leur longueur, le reste étant submergé.

## LE RELIEF ET SON INTERPRÉTATION

(voir carte hors texte)

### La côte

La partie terrestre de notre carte est formée par les montagnes de l'arc alpin de Nice, avec plusieurs chevauchements vers le sud des couches jurassiques et crétacées, et par son avant-pays coupé par des failles mio-plio-quadernaires et désintégré en blocs.

Entre le cap Roux et la pointe de la Veille, l'arc se rapproche de la côte; ses calcaires blancs forment les falaises caractéristiques de la côte d'Azur. L'avant-pays, de relief plus doux, apparaît dans les presque îles du cap Ferrat et du cap Martin.

Les mouvements eustatiques de la mer pléistocène ont laissé des traces à quatre niveaux [IAWORSKI, 1963) :

- + 108 m : transgression calabrienne
- + 84 m : transgression sicilienne
- + 23/24 m : transgression de l'interglaciaire Mindel/Riss
- + 14;?16/17 m : transgression de l'interglaciaire Riss/Würm.

Les plates-formes du cap Ferrat (60-85 m), du rocher de Monaco (62 m), de Monte-Carlo et du cap Martin (74 m) sont dues à l'abrasion sicilienne. La petite plate-forme du cap d'Ail, coupée à + 5 m dans les sédiments volcaniques, est d'âge post-glaciaire.

### I. Le plateau continental (planche et figure 1)

Du cap Ferrat au cap Martin, le plateau continental — plate-forme d'abrasion et de sédimentation entre la côte et la pente — est de dimensions réduites. Sa partie la plus large se trouve dans la baie de Monaco (3 400 m); la plus étroite, au sud du cap Ferrat (500 m) et au sud-sud-est du rocher de Monaco (600 m). Cette variation de la largeur est due aux formes différentes de la côte et de la rupture de pente (début de la marche du plateau continental). Tandis que la côte a deux grandes baies — avec les deux caps aux extrémités et la zone saillante du cap d'Ail et du rocher de Monaco au milieu —, rupture et marche forment une ligne droite, de direction ENE-WSW, coupée seulement deux fois par les vallées de Monaco et de Beaulieu-cap d'Ail.

Il est maintenant établi qu'une terrasse sous-marine de - 80 à - 100 m de profondeur (? Würmien I ou II), au moins, existe sur le plateau continental; la présence d'une deuxième terrasse, à - 35/- 55 m de profondeur (? Würmien III), est probable. L'utilisation du *boomer* en sondage sismique continu par EDGERTON et LEENHARDT, en 1965, dans la baie de Monaco et autour du cap Ferrat, a montré que les deux terrasses sont des plates-formes d'abrasion couvertes d'une couche sommitale mince. Au-dessous de la ligne de rupture de pente, une marche va de - 100 à - 150/200 m; elle est constituée par les couches frontales de la partie construite de la terrasse inférieure.

Sous des fonds relativement plats, la même méthode sismique a permis de découvrir, en plusieurs endroits, des vallées comblées de sédiments qui représentent la solution de continuité entre vallées sous-marines et terrestres.

Entre le cap Martin et Villefranche, à l'ouest du cap Ferrat, nous distinguons dans le plateau continental six régions de morphologies différentes (IA - IF).

**IA. Le plateau de la baie de Monaco** est caractérisé par un fond très uniforme interrompu par endroits de petites élévations rocheuses, affleurements des couches sous-jacentes inclinées au SSE. La terrasse

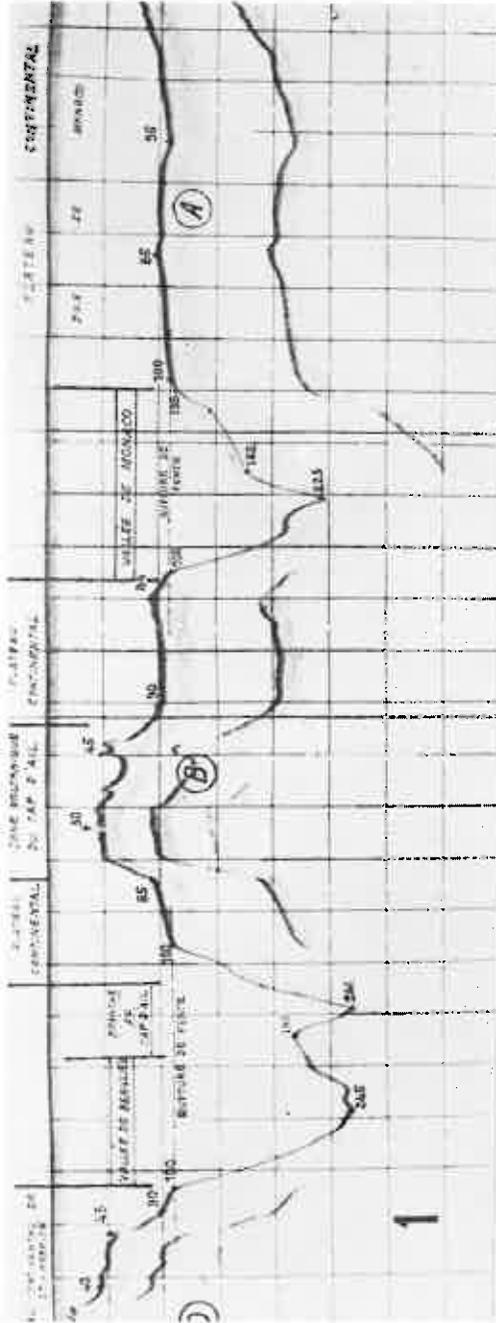


FIG. 1. — Coupe W-E du précontinent, zones ID, IB, IA et îêtes des vallées de Beauvieu et de Monaco.

La rupture de pente, à - 100 m, et la marche, entre - 100 et - 150 m, sont très nettes. Elles sont suivies, entre - 150 et - 300 m, d'une région à pente moins forte; cette zone de transition entre le plateau continental et la pente n'existe qu'ici; son origine n'est pas sûre (zone  $\text{II C}_1$ ).

Grâce aux sondages sismiques continus, nous connaissons aujourd'hui la nature des terrasses, de la rupture de pente et de la marche (figure 5).

Les terrasses coupent, par abrasion, des couches d'âge probablement tertiaire inclinées vers le large, c'est-à-dire le SSE. En approchant de la rupture de pente, la terrasse d'abrasion (*wave-cut platform*) se transforme en terrasse construite ou d'accumulation (*wave-built platform*) dont les couches frontales (*fore-set beds*) forment la marche entre - 100 et - 150 m. La terrasse d'accumulation suit le bord du plateau continental et y forme une frange sédimentaire, phénomène caractéristique des enregistrements du boomer (*knee-line* d'EDGERTON et de LEENHARDT, 1966).

Par exemple, au milieu de la baie de Monaco, l'inclinaison des couches du fond est de  $5,5^\circ$  vers le SSE tandis que celle de la plate-forme d'abrasion et d'accumulation est inférieure à  $1^\circ$ . Les couches frontales de la terrasse construite (marche) sont inclinées de  $13$  à  $14^\circ$ .

Le sous-sol de la baie de Monaco [EDGERTON, GIEMANN & LEENHARDT, 1967] comporte un anticlinal central, perpendiculaire à la côte, et deux synclinaux latéraux. L'anticlinal, étroit près de la pointe de la Veille et de plus en plus étendu vers le large, assure la liaison entre la crête descendant du mont Agel jusqu'à la pointe de la Veille et la crête sous-marine de Roquebrune. Il est intéressant de voir que la « ligne de séparation des eaux » ne passe pas par la crête du cap Martin, mais coupe la baie de Monaco en deux : la dépression à l'ouest de l'anticlinal se poursuit dans la vallée de Monaco tandis que la dépression orientale, recevant les vallées qui coupent les conglomérats mio-pliocènes de Roquebrune, fait partie du bassin hydrologique voisin de Menton.

La limite orientale de la zone IA a été fixée là où la tête de la vallée de Monaco, qui s'arrête à - 80 m, est la plus proche du rocher, réduisant la largeur du plateau continental à 600 m.

**IB.** Le plateau continental entre les têtes des vallées de Monaco et de cap d'Ail (branche orientale de la vallée de Beaulieu) est appelé *zone volcanique élevée du cap d'Ail*. Elle se distingue par plusieurs points de ses alentours, les baies de Monaco et de Beaulieu.

La ligne de - 50 m est très proche de celle de - 100 m (rupture de pente) d'où il résulte que la plate-forme se termine dès - 50 m. Entre - 50 et - 100 m, la pente est plus inclinée que d'ordinaire; elle se prolonge dans la marche abrupte de  $10^\circ$  à 200 m. Des traces des terrasses sont à peine décelables.

Le relief est accidenté (figure 1). La plus grande partie du fond

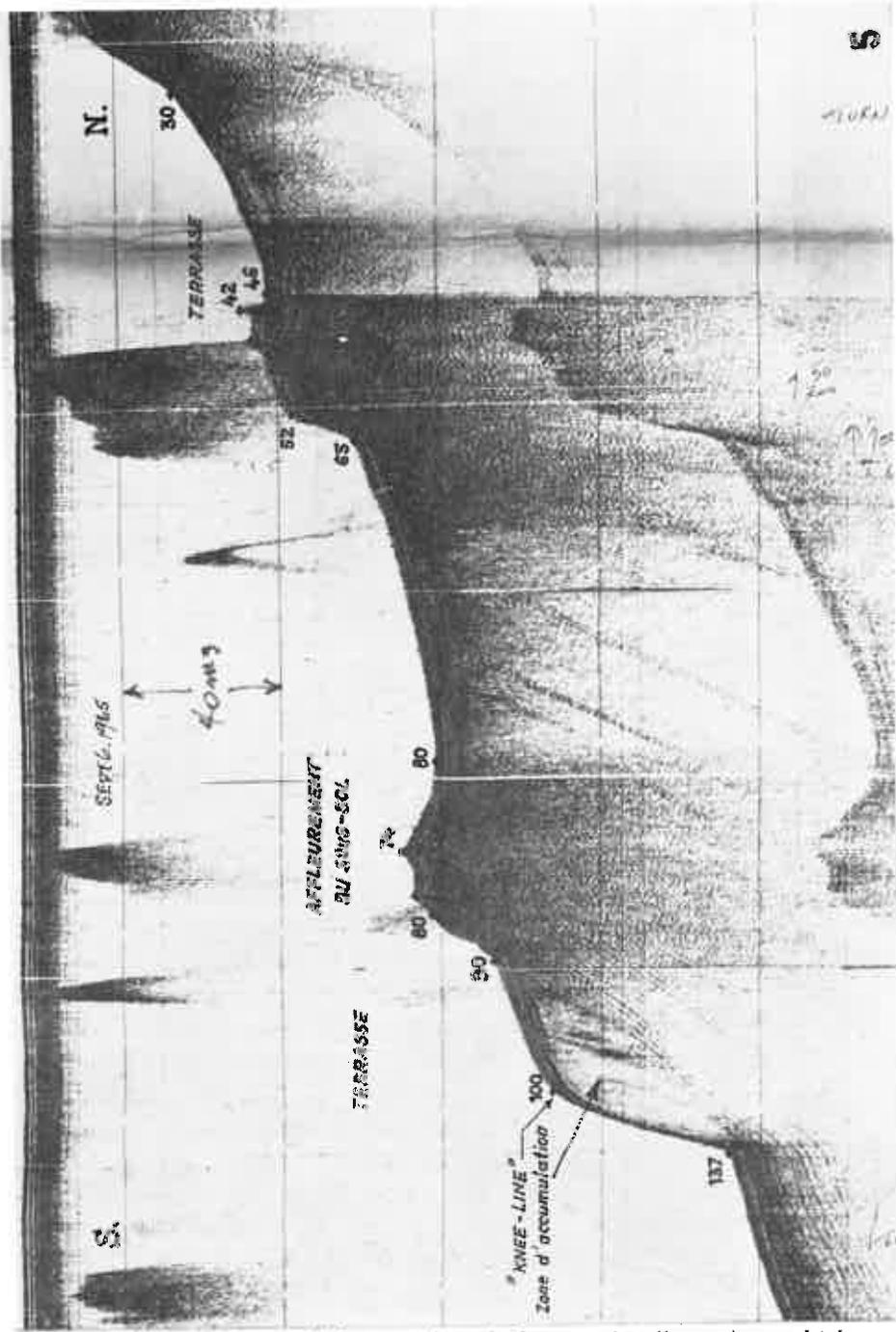


Figure 5. Carte topographique en coordonnées géométriques continu (boomer) enregistrée

L'existence de roches volcaniques en plusieurs endroits de la côte fait supposer que l'élévation et le relief anormaux sont dus au volcanisme.

Les sédiments volcaniques s'accumulent aux alentours du cap d'Ail où ils ont une direction de 145° et un pendage de 35 à 40°. D'après BOURCART [1963], il s'agit de tufs du Miocène inférieur (Burdigalien), de 160 à 170 mètres d'épaisseur totale, chevauchés en un endroit par du Crétacé (Cénomanién supérieur), ce qui nous donne une bonne idée de l'âge des derniers chevauchements.

A l'ouest, les tufs affleurent au nord de la pointe Mala; à l'est, ils ont été découverts par forage dans l'anse du Canton (Fontvieille), à - 35 et - 40 m de profondeur (soit à 3,5 et 8 m sous le fond). La datation d'un grès prélevé au voisinage, par - 42,5 m (10 m sous le fond), prouve, ici également, l'âge burdigalien du volcanisme (analyse de M<sup>lle</sup> le Dr. B. ZOBEL, *Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover*, non publié). L'anse du Canton représente la partie supérieure comblée de la vallée de Monaco dont le tête s'arrête aujourd'hui à - 80 m.

IC. La grande baie entre la pointe Mala et la pointe de Saint-Hospice entoure le *bassin de Beaulieu*, cuvette tertiaire dont les couches basales, calcaires à Nummulites de l'Eocène, affleurent dans la baie des Fourmis. L'axe du bassin est parcouru par la vallée de Beaulieu qui, entre la baie et sa tête actuelle à - 70 m, est comblée. Il en va de même pour une deuxième branche qui s'étend de l'anse de Saint-Jean jusqu'à cette tête. La branche orientale de cap d'Ail, qui s'arrête aujourd'hui à - 100 m, se continue dans une vallée comblée, localisée par enregistrement à 1 km au sud de la pointe de Cabuel. Remplissages et failles marqués sur la carte ont été découverts, en 1965, par sondage sismique continu (effectué par EDGERTON et LEENHARDT).

Dans la vallée de Beaulieu, les enregistrements permettent, en outre, d'en reconstruire la genèse en cinq phases (périodes présumées entre parenthèses) (figure 6) :

1. érosion d'une vallée profonde dans les couches crétacées ou paléo-tertiaires du *bed-rock* (Pontien);
2. remplissage de la vallée (Plaisancien);
3. reprise de l'érosion *dans la partie supérieure de 2* (Pléistocène);
4. deuxième remplissage par des couches plus ou moins horizontales discordantes sur 2; les mêmes couches débordent vers le sud pour y couvrir également la branche comblée de Saint-Jean;
5. deuxième reprise, légère, de l'érosion dans la partie superficielle des sédiments de 4.

Les deux terrasses du Würmien (?) existent en plusieurs endroits, dans la zone de Beaulieu.

II. *La plate-forme d'abrasion du bloc enfoncé de Saint-Hospice*

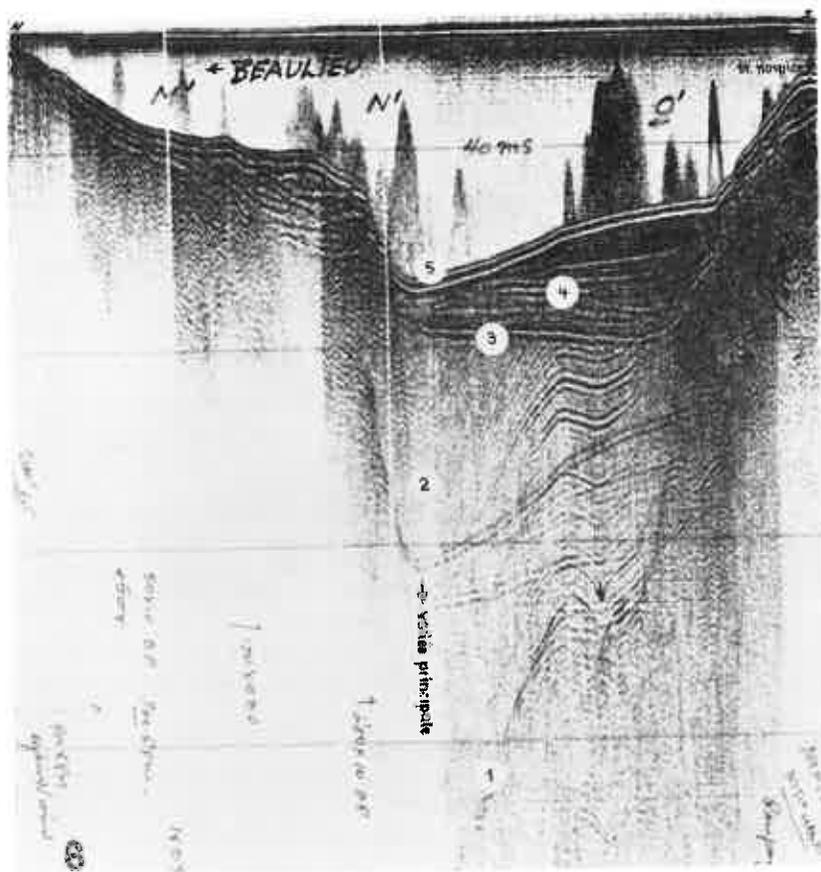


FIG. 6. — Coupe spéciale en sondage sismique continu (*boomer*), enregistrée par EDGERTON et LEBENHARDT : coupe N-S révélant la genèse de la vallée de Beaulieu (zone IC).

sieurs vallées de moindre importance partiellement comblées. La vallée la plus remarquable suit la grande faille N-S, ligne de séparation des blocs tectoniques du cap Ferrat et de Saint-Hospice.

Les deux terrasses existent, sur une faible largeur, au sud et au sud-est de la pointe de Saint-Hospice (figure 1).

La rupture de pente se trouve à -100 m, accompagnée d'une marche nette de -100 à -200 m qui, d'après les enregistrements du *boomer*, correspond à la frange sédimentaire déjà rencontrée dans la baie de Monaco.

**IE. Le bloc élevé du cap Ferrat**, horst basculé vers l'ENE et coupé de failles de tous côtés, est la première partie d'une crête qui se prolonge

par une des failles les plus longues et les plus profondes de la région dont l'importance a été établie en 1965 par MURAOUR et coll., à l'aide de la sismique réfraction.

La falaise calcaire qui entoure le cap se continue au sud dans une falaise sous-marine jusqu'à - 80 m. Entre - 80 et - 100 m, une bande étroite représente la terrasse profonde où fut installée la base d'une expérience « maison sous la mer » du commandant COUSTEAU (EP. III, en 1965).

La frange sédimentaire entre - 100 et - 200 m masque une falaise W-E importante, décrite également par MURAOUR et coll., où le Jurassique descend du cap jusqu'à - 1 500 m environ. Les couches entre le socle calcaire ( $v = 3\,700$  m/s) et le fond de la mer ont une vitesse de 2 350 m/s en passant à 1 750 m/s près de la surface.

**IF.** A l'ouest du cap Ferrat, notre zone d'étude est bordée par la *rade de Villefranche, graben tectonique* dans des roches jurassiques et crétacées, dont la faille marginale orientale est la grande faille N-S déjà mentionnée à l'ouest de la crête du cap Ferrat et dont la faille occidentale suit la falaise du mont Boron. Les deux failles se prolongent à terre à l'ouest de la darse et à l'est de la vieille ville de Villefranche, enfermant l'ensemble de l'agglomération dans le graben. La partie de la rade à l'est de la ville et de la faille marginale appartient à un bloc élevé prolongeant le bloc du cap Ferrat vers la terre. À l'ouest du cap Ferrat, deux compartiments enfoncés et basculés vers l'ouest ont été découverts par sondage sismique continu. Le relief du fond est en accord, dans l'ensemble, avec les lignes tectoniques.

## II. La pente continentale (planche et figures 2 et 3).

La région la plus étendue de notre carte, située entre le plateau continental et la plaine abyssale, est la pente ou talus continental. Elle est inclinée vers le sud de  $5,5^\circ$  en moyenne et coupée d'un réseau de vallées sous-marines qui suivent souvent des failles [voir aussi GENNESSEAU, 1963]. De nombreuses niches de glissement se trouvent dispersées sur la pente mais surtout dans les vallées. Elles appartiennent certainement au même type que celles observées par l'auteur en soucoupe plongeante dans le golfe de Corinthe [GIERMANN, 1966].

L'analyse morphologique nous permet de distinguer trois zones :  
le bassin du cap Ferrat (A),  
le bloc méridional, élevé (B),  
la zone de la crête de Roquebrune (C).

La limite entre les zones A et B est la vallée du cap Ferrat : elle est de nature tectonique. Entre les zones A et C, la vallée de Monaco est peut-être aussi d'origine tectonique. Les zones B et C ne sont pas

**IIA. Le bassin du cap Ferrat** (figure 2) est une large dépression entre la crête du cap Ferrat à l'ouest, la crête de Roquebrune à l'est et le bloc élevé au sud. Il est coupé par une ligne de crête de moindre importance, dans le prolongement de la pointe de Saint-Hopice, qui sépare les deux systèmes de vallées de Beaulieu et du cap Ferrat. La vallée de Beaulieu prend sa source dans le bassin de Beaulieu (**IC**). Elle descend régulièrement et rejoint, à - 1 050 ou - 1 150 m, la vallée de Monaco (les sondages n'ont pas permis d'établir si le cours inférieur de la vallée de Beaulieu passe au nord, comme il est indiqué sur la carte — confluent à - 1 050 m — ou s'il pénètre dans la courte vallée parallèle légèrement au sud — confluent à - 1 150 m. La deuxième possibilité est indiquée par une flèche sur la carte au 1/50 000). La vallée du cap Ferrat suit la faille N du bloc élevé et ne reçoit des affluents que du nord. Elle se jette, après avoir franchi une marche importante de - 1 620 à - 1 700 m, dans l'auge de la vallée de Monaco (la vallée de Monaco franchit, elle aussi, cette marche pour pénétrer dans son auge).

**II B.** La pente au sud de la dépression **IIA** est, selon toute vraisemblance, un *bloc tectonique élevé* et cassé dont la surface est également inclinée vers le sud (planche : coupe sur 7°25; figure 3). A l'ouest, il est limité par la grande faille N-S en provenance de la rade de Villefranche. Au nord, il descend en pente raide vers la vallée du cap Ferrat parcourue par la faille septentrionale qui se prolonge à l'ouest en coupant la crête du cap Ferrat en deux. A l'est, un escarpement important dans le flanc occidental de l'auge de Monaco est dû à la faille limite.

Parallèle à la faille du Nord, de direction NW-SE, deux autres fractures érodées en vallées coupent le bloc en trois parties **a**, **b** et **c**. La partie la plus au large est la plus élevée et, morphologiquement, le prolongement de la crête du cap Ferrat (**c**). Il est intéressant de voir que les deux blocs du nord (**b** et **a**) sont affaissés en marches d'escalier *vers le nord*, à contre-pente en direction du bassin du cap Ferrat **IIA** (planche : coupe sur 7°25).

**II C.** La zone de la *crête de Roquebrune*, large interfluve entre la vallée de Monaco et le bassin de Menton, est caractérisée par une grande uniformité. Provenant de la pointe de la Veille et dépassant la zone de transition **IC**<sub>1</sub>, elle descend très régulièrement de 5,5° en moyenne vers la plaine abyssale. Des affluents de la vallée de Monaco n'apparaissent que de façon indistincte.

### **III. La plaine abyssale** (planche et figure 4).

La plaine abyssale est représentée seulement dans la partie SE de notre carte. La rupture entre pente et plaine, à - 2 060 m environ, est toujours nette. Trois vallées se jettent dans la plaine : deux du bloc élevé **II B** et la vallée de Monaco après son confluent avec la vallée du

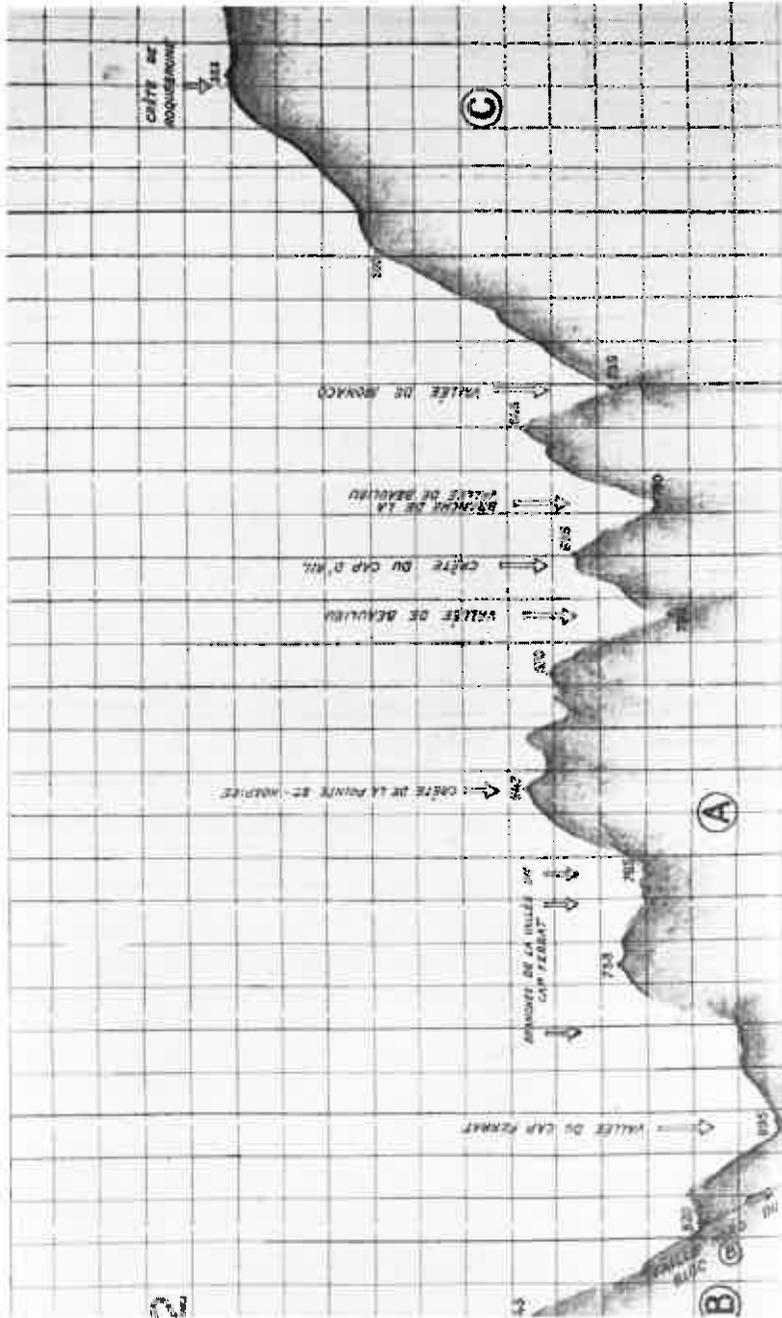


FIG. 2. — Coupe W-E du précontinent, zones IIB<sub>a</sub>, IIA, IIC et vallées du cap Ferrat, de Beaulieu et de Monaco.

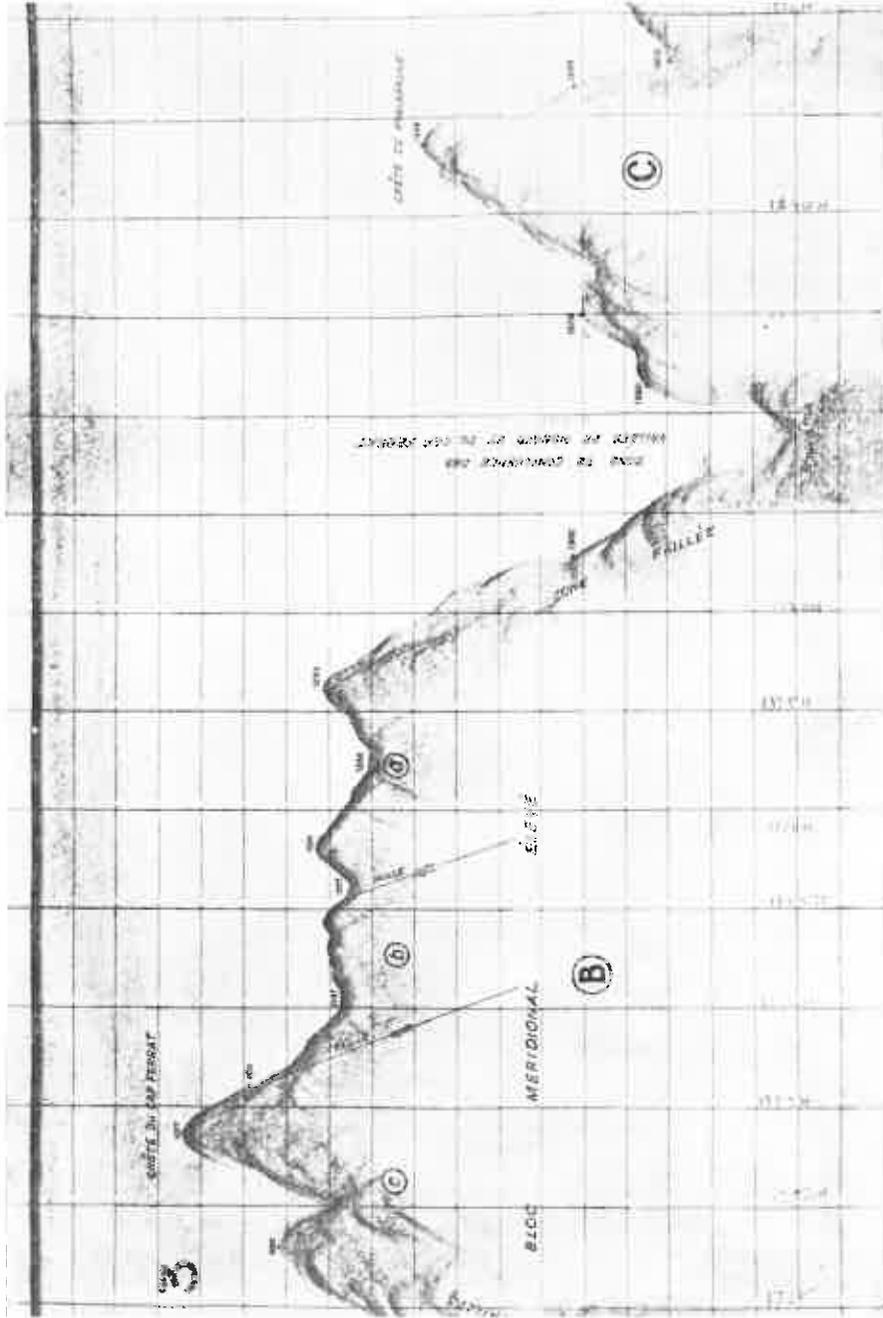


FIG. 3. — Coupe W-E du précontinent, zones IIB, IIC, vallées du bloc IIB et confluent des vallées de Monaco et du cap Ferrat.

Monaco où alternent creux (IIIa) et barres (« dunes de sable », IIIb); ces formes résultent de l'évacuation et de la sédimentation dues au jeu des courants dans la vallée.

### Les vallées

Entre les grands interfluves, crêtes du cap Ferrat et de Roquebrune, il y a deux réseaux « fluviatiles » nettement séparés.

L'un, mal développé, est limité au bloc élevé IIB et n'a pas de contact avec la terre. Il y existe seulement deux vallées qui se sont creusées le long des failles droites NW-SE qui coupent le bloc en trois (a, b, c). On n'y trouve pas d'affluents nets. Les cours inférieurs des vallées sont plus distincts; ils débouchent dans la plaine à - 2 050 m, à 700 mètres de distance l'un de l'autre.

Le deuxième réseau est beaucoup mieux formé : c'est le réseau, au sens propre, du précontinent entre le cap Ferrat et la crête de Roquebrune. Ses branches dendritiques montent à terre pour y donner les vallées, les canyons, les ravins.

L'ensemble du réseau a la forme d'un entonnoir. Par l'élévation du bloc IIB, les « eaux » d'une partie importante de la pente IIA sont endiguées et forcées à longer sa falaise jusqu'au détroit qui permet le passage. C'est la vallée du cap Ferrat, qui s'est installée là au pied du bloc et qui, avant d'entrer dans le « détroit », s'unit à la vallée de Monaco, collecteur de toutes les autres branches du système. Le confluent des deux vallées est marqué par le palier le plus important de la région, de 100 mètres de rejet au moins. Le « détroit » est l'auge de la vallée inférieure de Monaco dont les détails ont été donnés plus haut.

La vallée de Monaco (planche : coupes des vallées) est la plus caractéristique du réseau. Elle descend la pente en ligne presque droite, suivant peut-être une faille. Sa tête actuelle, à - 80 m, se trouve au 171° et à 650 m du Musée océanographique de Monaco. Entre tête et embouchure, le thalweg a une longueur de 20 kilomètres et une pente de 5,5° (même pendage que la crête de Roquebrune) jusqu'au confluent de la vallée du cap Ferrat. Le profil longitudinal est, à peu de choses près, une droite, avec seulement deux très légères concavités entre - 80 et - 450 m et entre - 450 et - 1 500 m. Sa branche occidentale, la vallée de Beaulieu, descend également le long d'une droite et toujours à 5,5°. Seuls les affluents terrestres des deux vallées, qui descendent le front de l'arc de Nice, ont une plus forte pente qui varie entre 8° et 26° (planche : profils réels).

Un caractère se retrouve régulièrement dans la région : des paliers, coupant régulièrement les thalwegs, qui résultent soit de confluent soit de glissements dans l'axe des vallées. Très souvent, de véritables cirques, des niches de glissement se sont formés. Il faut aussi remarquer que plusieurs affluents entrent dans la vallée principale en vallées sus-

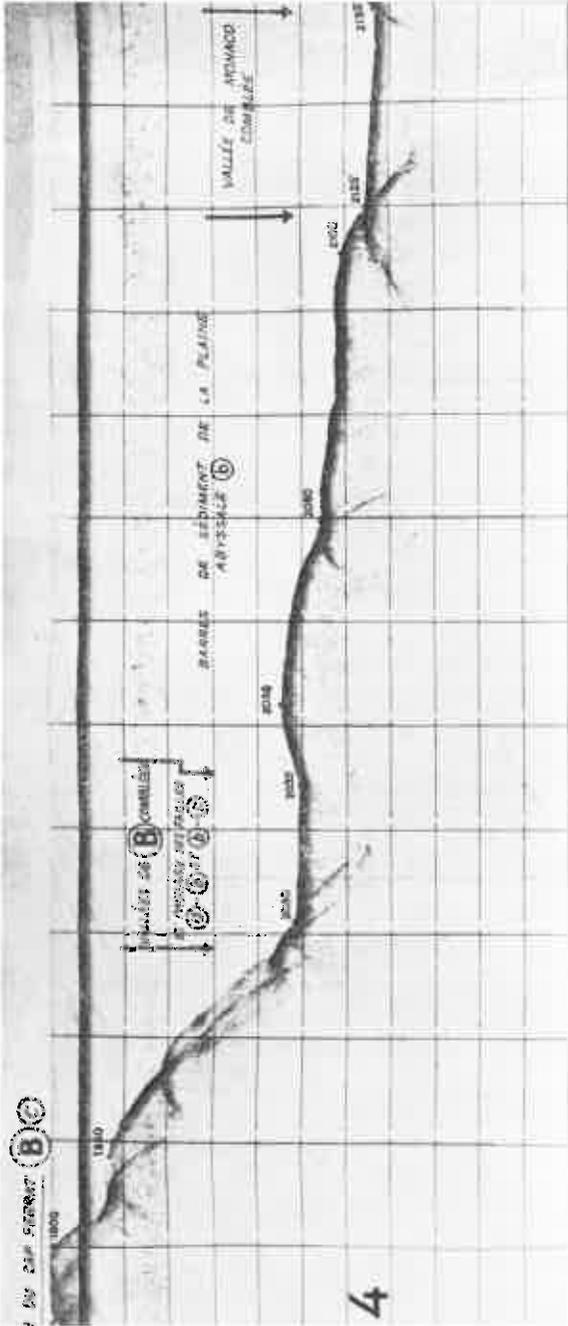


FIG. 4. — Coupe W-E du précontinent, zones IIB et III et embouchure des deux vallées du bloc IIB.

On peut supposer que la vallée de Beaulieu est la seule des grandes vallées à ne pas suivre une ligne de fracture mais l'axe du bassin tertiaire de Beaulieu.

*Il résulte de notre étude :*

1. que les vallées suivent généralement les lignes de fracture, sauf dans un cas (axe d'un bassin sédimentaire);

2. que les vallées terrestres sont seulement les ultimes prolongements d'un réseau « hydrologique » dont les neuf dixièmes sont à l'heure actuelle sous la mer; ce réseau se poursuit jusqu'à - 2 050 m, début de la plaine abyssale (l'auteur a récemment décelé des relations semblables entre vallées terrestres et sous-marines du cône volcanique de Madère; les sondages n'ont pas dépassé - 3 400 m, mais, bien entendu, les vallées descendent jusqu'à la plaine abyssale [GIERMANN, 1967]);

3. que la solution de continuité entre vallées terrestres et sous-marines a été trouvée, par sondage sismique continu, sous forme de vallées comblées sous le plateau continental;

4. que les paliers de confluent et les vallées suspendues indiquent leur origine terrestre (d'autres formes terrestres telles que les méandres n'existent pas);

5. que les vallées, une fois immergées, ont été transformées par de nombreux glissements qui se manifestent par d'autres paliers et les niches de glissement (cirques);

6. que les profils longitudinaux des vallées caractéristiques de Monaco et de Beaulieu sont des lignes presque droites, inclinées de 5,5° (valeur égale à la pente moyenne).

Les courants et le transport des sédiments dans les vallées restent à étudier.



## BIBLIOGRAPHIE

- BOURCART (J.), 1957. — Géologie sous-marine de la baie de Villefranche. *Ann. Inst. océanogr. Paris*, **33**, 3, pp. 137-200, 13 fig., 3 tabl., 2 cartes.
- BOURCART (J.), 1960. — Carte topographique du fond de la Méditerranée occidentale. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **57**, n° 1163, 20 p., 2 fig.
- BOURCART (J.), DAMIANI (L.), VERNET (J.) & LE CALVEZ (Y.), 1963. — Observations nouvelles sur la région du Cap-d'Ail (Alpes-Maritimes). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7) **5**, 5, pp. 708-714.
- BOURCART (J.), ENARD (G.), GENNESSEAUX (M.) & LALOU (C.), 1958. — *Carte du précontinent entre Antibes et Gênes*, proj. Mercator 1/200000. — Monaco, Musée océanographique [carte topographique de la Méditerranée, feuille n° 1].
- EDGERTON (H.E.), GIERMANN (G.) & LEENHARDT (O.), 1967. — Étude structurale de la baie de Monaco en sondage sismique continu. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **67**, n° 1377, 6 p., 5 fig.
- EDGERTON (H.E.) & LEENHARDT (O.), 1966. — Monaco : The shallow continental shelf. *Science*, **152**, n° 3725, pp. 1106-1107.
- GENNESSEAUX (M.), 1963. — Structure et morphologie de la pente continentale de la région niçoise. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **17**, 3, pp. 991-998, 3 fig.
- GIERMANN (G.), 1966. — Phénomènes géologiques dans la baie d'Aspra Spítia (golfe de Corinthe, Grèce) étudiés à l'aide de la soucoupe plongeante et de la troïka. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **66**, n° 1364, 19 p., 12 fig., 3 cartes.
- GIERMANN (G.), 1967. — Vallées sous-marines sur la pente méridionale de l'île de Madère. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **67**, n° 1380, 8 p., 4 cartes.
- GIERMANN (G.) & PIERROT (S.), 1967. — *Carte bathymétrique du précontinent entre cap Ferrat et cap Martin (vallées de Beaulieu et de Monaco)*, proj. Mercator 1/25 000. — Monaco, Musée océanographique.
- IAWORSKY (G.), 1963. — Quelques coupes dans les terrains quaternaires à Monaco et dans les Alpes-Maritimes. *Bull. Mus. Anthropol. préhist. Monaco*, **10**, pp. 25-61.
- MURAOUR (P.), DUCROT (J.), GENNESSEAUX (M.), GROUBERT (E.) & MARCHAND (J.-P.), 1965. — Étude séismique par réfraction sur la pente continentale niçoise. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **65**, n° 1354, 44 p., 19 fig., 4 pl., 1 carte.

## RÉSUMÉ

Le précontinent (terrasse continentale) de Monaco a plus de 25 km de largeur; un huitième appartient au plateau continental, le reste à la pente. Il représente, avec le cap Ferrat et le cap Martin, l'avant-pays de l'arc alpin de Nice. Il est coupé de failles mio-plio-quaternaires en relation avec la flexure continentale de BOURCART. La pente descend en ligne presque droite (5,5° de pendage) vers la plaine abyssale.

Le plateau continental est une plate-forme d'abrasion avec deux terrasses (Würmien ?). La division morphologique de la pente est due à la tectonique. La pente occidentale de la crête du cap Ferrat résulte d'une faille profonde descendant de la rade de Villefranche jusqu'à la plaine. Au sud-ouest, la partie inférieure de la pente a été élevée en bloc dont les échelons descendent vers le nord, à contre-pente. Il en résulte donc vers le nord une zone relativement enfoncée, le bassin tertiaire de cap Ferrat-Beaulieu. Entre le bassin et la crête de Roquebrune, la vallée de Monaco descend en ligne à peu près droite en suivant peut-être une faille.

Le système « hydrologique » suit les formes issues de la tectonique. Les profils longitudinaux des vallées, presque rectilignes, ont, comme la pente générale, une inclinaison de 5,5°. Le réseau prend naissance sur terre où ses dernières branches dendritiques forment les vallées côtières. Le plateau continental est coupé de nombreuses vallées *comblées*, retrouvées en plusieurs endroits par sondage sismique continu, qui suppriment la solution de continuité entre vallées terrestres et sous-marines. Les vallées sont souvent interrompues par des paliers de confluent ou des niches de glissement. Les paliers de confluent, de même que les vallées suspendues assez fréquentes, sont d'origine fluviale, donc terrestre; les niches de glissement sont d'origine sous-marine.

## SUMMARY

The continental terrace of Monaco is more than 25 km wide; one eighth belongs to the shelf, the rest is continental slope. Together with Cape Ferrat and Cape Martin, it forms the foreland of the Nice Alpine Arc. It is cut by Miocene to Quaternary fault-lines related to BOURCART's continental flexure. The continental slope, at an angle of 5,5°, inclines in a nearly straight line to the abyssal plain.

The shelf is an abrasion platform with two terraces (Würmian?). The morphological division of the slope is caused by tectonics. The western slope of the Cape-Ferrat-crestline results in a deep fault-line running from Villefranche Bay down to the abyssal plain. In the south-west, the lower continental slope is lifted up *en bloc*; its three parts are faulted down in steps towards the north, i.e. against the inclination

Beaulieu. Between this basin and Roquebrune-crestline, Monaco Valley runs directly down the slope, perhaps following a fault-line.

The "hydrological" system depends on the tectonical structure. The longitudinal profiles of the big valleys are inclined at an angle of  $5,5^\circ$ , as is the continental slope. The valley system originates on the mainland, its last dendritic ends are the coastal rivers. The shelf is cut by numerous *filled-up* valleys, revealed at certain places with the help of continuous seismic profiling. They are the former missing link between land and sea valleys. The valleys are often interrupted by confluence steps or landslide scars. The confluence steps and the often found hanging valleys indicate a fluvial, i.e. terrestrial formation, whilst the landslide scars are of submarine origin.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Kontinentalterrasse von Monaco ist über 25 km breit; ein Achtel ist Schelf, der Rest Kontinentalabhang. Zusammen mit den Kaps Ferrat und Martin bildet sie das Vorland des Nizzaer Alpenbogens. Sie ist von miozänen bis quartären Verwerfungen durchschnitten, die in Zusammenhang mit der BOURCART'schen Kontinentalflexur stehen. Der Kontinentalabhang fällt mit  $5,5^\circ$  Neigung nahezu geradlinig zur Tiefsee-Ebene ab.

Der Schelf stellt eine Abrasionsplattform mit zwei Terrassen (Würm?) dar. Die morphologische Gliederung des Abhanges ist tektonisch begründet. Der westliche Hang des Kap-Ferrat-Kammes ist Folge einer tiefgreifenden, von der Bucht von Villefranche bis zur Tiefsee-Ebene durchlaufenden Verwerfung. Im Südwesten ist der untere Kontinentalabhang blockartig herausgehoben; seine drei Schollen sind — gegensinnig zum Hang — in Treppen nach Norden abgesenkt. Hieraus resultiert eine relative Einmuldung des oberen Kontinentalabhanges, die als Tertiärbecken von Kap Ferrat-Beaulieu hervortritt. Zwischen Becken und Roquebrune-Kamm läuft das Tal von Monaco geradlinig hangabwärts, eventuell entlang einer Verwerfung.

Das "hydrologische" System folgt den tektonischen Gegebenheiten. Die Längsprofile der grossen Täler zeigen, ebenso wie der Kontinentalabhang, Neigungswinkel von  $5,5^\circ$ . Das Talnetz nimmt seinen Ursprung auf dem Festland; seine letzten dendritischen Ausläufer bilden die Küstenflüsse. Der Schelf wird von zahlreichen *aufgefüllten* Tälern durchschnitten, die an mehreren Orten mit Hilfe des Sedimentechographen wiedergefunden werden konnten. Sie stellen das bisher fehlende Bindeglied zwischen Land- und Seetälern dar. Die Täler sind des öfteren durch Konfluenzstufen oder Hanggrutschnischen unterbrochen. Die Konfluenzstufen und die ebenfalls häufigen Hängetäler

Преконтинент между мысом Ферра и мысом Мартин  
(Приморские Альпы, Франция)

Гюнтер ГИРМАНН

Краткое содержание

Континентальная терраса Монако имеет ширину более 25 км. Одна восьмая ее принадлежит шельфу, остальная часть — континентальному склону. Вместе с мысами Ферра и Мартин она образует прибрежную полосу Ниццо-Альпийской дуги. Она прорезана линиями сброса, принадлежащими к периоду от миоцена до четвертичного периода и относящимися, но Буркару, к континентальной складчатости. Континентальный склон имеет уклон 5,5' и в профиле представляет почти прямую линию до самой абиссальной равнины.

Шельф представляет из себя абразионную платформу с двумя террасасами. Морфологическое расчленение склона вызвано тектоническими причинами. Западный склон подводного хребта, продолжающего мыс Ферра переходит в глубокую линию сброса, следующую от залива Вильфранш до самой абиссальной равнины. На юго-западе нижняя часть континентального склона приподнята в виде блока, три части которого спускаются ступенями в северном направлении, т.е. против общего направления склона. В результате верхняя часть склона выгнута вниз. Эта депрессия известна под названием третичного бассейна мыс Ферра-Болье. Между этим бассейном и хребтом Рокебрюн находится Монакская долина, сбегаящая непосредственно вниз по склону, следуя, повидимому, линии сброса.

“ Гидрологическая ” система зависит от тектонической структуры. Продольные разрезы больших долин наклонены под углом 5,5°, то есть так же, как и континентальный склон. Система долин берет свое начало на материке, имея в качестве своих дендритных окончаний прибрежные участки рек. Шельф прорезан многочисленными заполненными долинами, которые обнаруживаются с помощью непрерывного сейсмического профилирования. Они являются связующими звеньями между долинами суши и морского дна. Долины часто прерываются следами слияний и оползней. Следы слияний и часто обнаруживаемые “ висячие ” долины указывают на их материковое происхождение, тогда как следы оползней имеют подводное происхождение.