

ANNALES
DE
L'INSTITUT
OCÉANOGRAPHIQUE

NOUVELLE SÉRIE

EXTRAIT

CARTES DE LA VÉGÉTATION SOUS-MARINE
DES ALPES MARITIMES
(CÔTES FRANÇAISES DE LA MÉDITERRANÉE)

II. — LA VÉGÉTATION MIXTE
A *CYMODOCEA NODOSA* - *ZOSTERA NOLTII* - *CAULERPA PROLIFERA*
ET LA LIMITE SUPÉRIEURE DE L'HERBIER DE *POSIDONIA OCEANICA*
ENTRE JUAN-LES-PINS ET GOLFE JUAN

PAR

A. MEINESZ et M. SIMONIAN

Tome 59 — 1983 — Fascicule 1

MASSON, ÉDITEUR
Paris New York Barcelone Milan

CARTES DE LA VÉGÉTATION SOUS-MARINE
DES ALPES MARITIMES
(CÔTES FRANÇAISES DE LA MÉDITERRANÉE)

II. — LA VÉGÉTATION MIXTE

A *CYMODOCEA NODOSA* - *ZOSTERA NOLTII* - *CAULERPA PROLIFERA*
ET LA LIMITE SUPÉRIEURE DE L'HERBIER DE *POSIDONIA OCEANICA*
ENTRE JUAN-LES-PINS ET GOLFE JUAN *

PAR

A. MEINESZ ** et M. SIMONIAN **

MOTS-CLÉS : Cartographie.
Phanérogames marines.
Caulerpa prolifera.

KEY-WORDS : Charts.
Seagrasses.
Caulerpa prolifera.

Résumé

Trois cartes au 1/2 000^e et 15 profils topographiques et biocœnotiques ont été réalisés entre Juan-les-Pins et Golfe Juan. Cette étude a permis de délimiter un vaste herbier mixte composé des Phanérogames *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii*, ainsi que de l'algue *Caulerpa prolifera*. La présence conjointe de ces trois végétaux sur une aussi grande surface est exceptionnelle sur les côtes françaises de la Méditerranée. La limite supérieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* a également été cartographiée. Nous avons pu mettre en évidence que cet herbier a constitué entre 150 et 300 m du rivage un ensemble de dunes parallèles au littoral. Le sommet de ces dunes, formées par l'élévation des mattes, ne se trouve parfois qu'à -2,50 m de la surface. Ce récif immergé protège des plus fortes houles la plage et la pente douce de sable vaseux couverte en partie par l'herbier de *Cymodocea*, *Zostera*, *Caulerpa*.

Abstract

Charts of the submarine vegetation
of Alpes Maritimes
(French coasts of the Mediterranean Sea).

II. — The mixed vegetation of *Cymodocea nodosa*,
Zostera noltii and *Caulerpa prolifera*
and the upper limit of the beds
of *Posidonia oceanica* between Juan-les-Pins
and Golfe Juan.

Three charts (scale of 1 : 2,000) and fifteen biocœnotic and topographic transects were drawn between Juan-les-Pins and Golfe Juan. That study enabled us to define a wide mixed bed, composed of seagrasses *Cymodocea* and *Zostera noltii* as well as the *Caulerpa prolifera* seaweed.

The simultaneous presence of these three plants on such a large area is exceptional on the French coasts of the

* Cette étude a été réalisée sous contrat entre la Direction Départementale de l'Équipement des Alpes Maritimes et l'Union Régionale pour la protection de la Vie et de la Nature (U.R.V.N.).

** Laboratoire de Biologie et d'Écologie marines, Université de Nice, Parc Valrose, F 06034 Nice Cedex.

Mediterranean. The upper limit of the beds of *Posidonia oceanica* was also drawn on charts.

We have been able to show that this bed has formed a set of dunes parallel to the coast line, between 150 m and 300 m from the shore. The top of these dunes, formed

by the elevation of the « mattes » is sometimes only 2,50 m under the surface. This immersed reef protects from heavy swells the beach and the gentle slope of muddy sand, partly covered with the seagrass *Cymodocea-Zostera-Caulerpa*.

INTRODUCTION

Les cartes présentées dans cette étude ont été levées pendant l'été 1980. Elles couvrent un secteur du Golfe Juan qui s'étend de 0 à 300 m de la côte entre le port Gallice (Juan les Pins) à l'Est et le port du Golfe Juan à l'Ouest, soit 3,500 km de littoral (fig. 1). La surface cartographiée s'élève à 185 hectares. La profondeur maximale observée dans ce

secteur atteint à peine 7 m (fig. 2). Pour sa cartographie, nous avons réalisé des photographies aériennes que nous avons interprétées après de nombreuses plongées sous-marines. Pour plus de précision, 15 relevés de profils topographiques et biocœnotiques ont été effectués en plongée sous-marine.

Le secteur cartographié présente une végétation

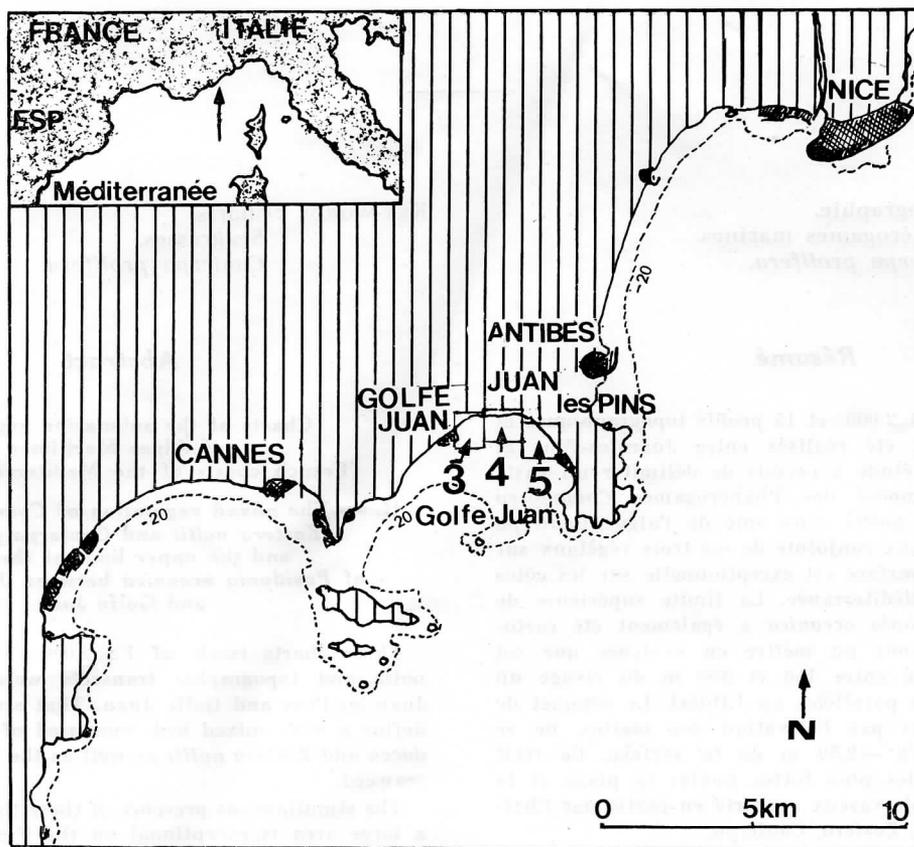


FIG. 1. — Situation des zones cartographiées (3, 4 et 5 = fig. 3, 4 et 5).

FIG. 1. — Location of the mapped area (3, 4 and 5 = fig. 3, 4 and 5).

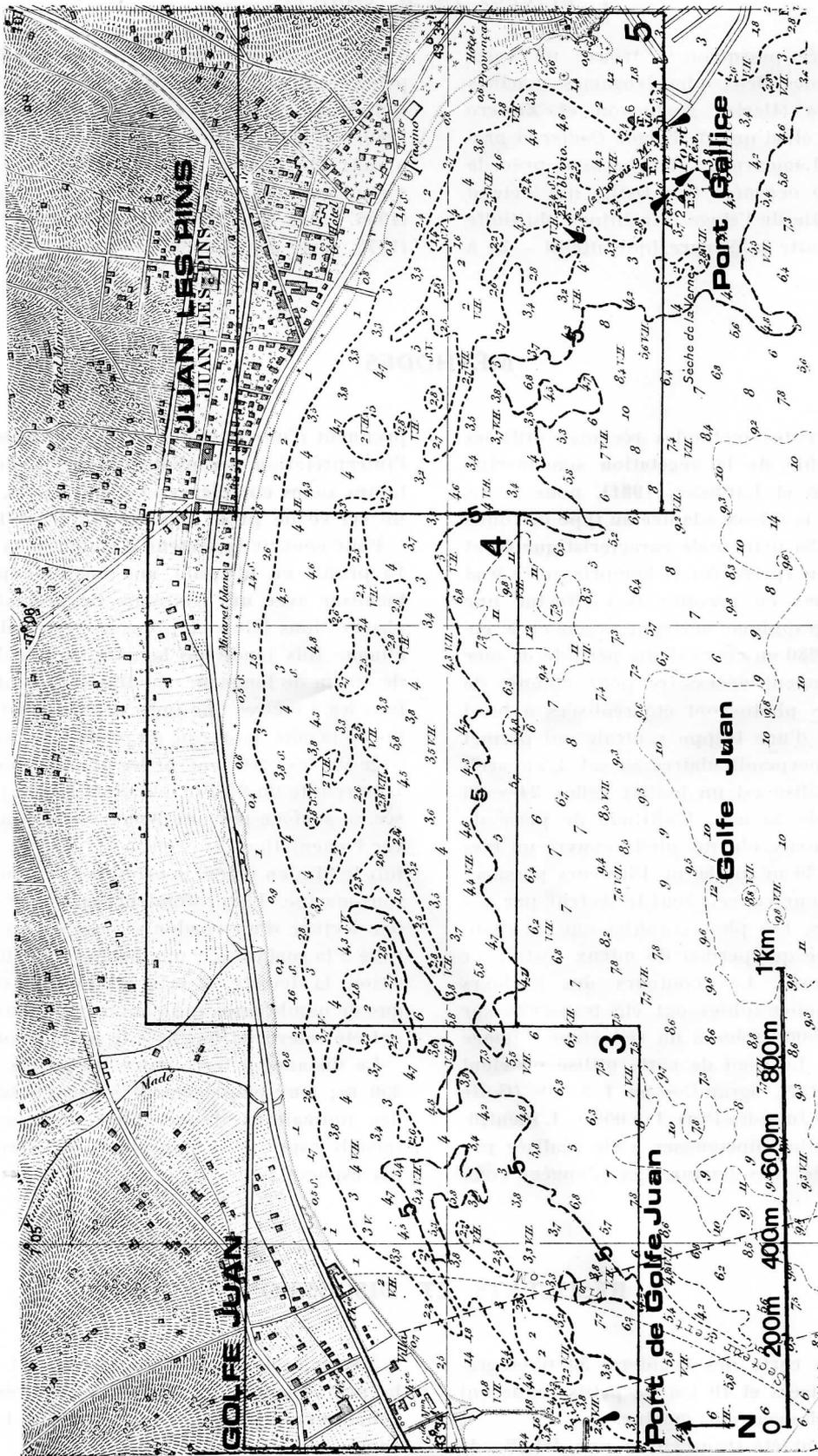


FIG. 2. — Isobathes de la zone cartographiée (3, 4 et 5 = fig. 3, 4 et 5). Fond de carte S.H.O.M., n° 5122 au 14 400°.

FIG. 2. — Depth of the mapped area (3, 4 and 5 = fig. 3, 4 and 5).

dense et diversifiée puisqu'on y trouve un vaste herbier composé des deux phanérogames marines *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson et *Zostera noltii* Hornemann, ainsi que de l'algue *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamouroux. Cet herbier précède celui de *Posidonia oceanica* (L.) Delile qui s'étend sur la majeure partie de l'étage infralittoral du Golfe Juan et dont la limite inférieure (qui atteint —24 à

—26 m) a été cartographiée au cours de deux campagnes du sous-marin d'exploration de la Marine Nationale « Griffon » (MEINESZ et LAURENT, 1978, 1980, 1982). L'herbier de Posidonies du Golfe Juan a déjà été cartographié par le passé d'une façon sommaire (cartes à petite échelle) par NESTEROFF (1965, carte au 1/50 000^e p. 11) et BOURGEOIS *et al.* (1973, carte au 1/32 000^e n° 11).

MÉTHODES

Parmi les différentes méthodes récentes utilisées pour la cartographie de la végétation sous-marine (MEINESZ, CUVELIER et LAURENT, 1981), nous avons choisi celle qui est la mieux adaptée au type de fonds du secteur étudié. Sa principale caractéristique étant la faible profondeur (petits fonds compris entre 0 et —7 m), nous avons en premier lieu effectué une couverture photographique aérienne. Celle-ci a été faite le 27 juillet 1980 au cours d'une période de mer très calme, absolument nécessaire pour obtenir de bons résultats. Les photos ont été réalisées à bord d'un avion équipé d'une trappe ventrale qui permet les prises de vue perpendiculaires au sol. L'appareil photographique utilisé est un boîtier reflex 24 × 36 avec un objectif de 55 mm. L'altitude de prise de vue étant de 800 pieds, chaque photo couvre un rectangle d'environ 130 m sur 80 m. Plusieurs passages ont été effectués pour couvrir tout le secteur par des photos superposées. Les photographies ont été réalisées en couleur, ce qui permet de mieux distinguer certaines biocénoses. Les contours des herbiers figurés sur les photographies ont été transcrits sur des cartes au 1/2 000^e grâce à un réducteur d'image à champ variable. Le fond de carte utilisé provient de deux cartes I.G.N. agrandies au 1/2 000^e (Golfe Juan : 1/5 000^e et Juan-les-Pins 1/5 000^e). L'identification des différentes biocénoses a été réalisée par la suite en plongée sous-marine. Ces plongées com-

prennent d'une part des plongées d'observation pour l'interprétation des photographies aériennes de certaines zones complexes et d'autre part, des plongées de relevé de profil topographique et biocénotique.

Pour couvrir le secteur d'étude, nous avons réalisé 15 profils en utilisant une méthode permettant de localiser avec un maximum de précision toutes les observations faites en plongée. Pour cela, nous avons chaque fois tendu de la côte vers le large un filin de 300 m de longueur. Ce filin est plombé et présente tous les 5 mètres une indication de distance par rapport à la côte. L'origine du profil (sur la côte) est localisée sur les cartes ou sur les photographies aériennes. L'extrémité du filin (à 300 m de la côte) est matérialisée en surface par une bouée (ce qui permet de relever l'orientation du profil à l'aide d'un compas). Une fois le filin en place, le profil est parcouru en plongée sous-marine. La profondeur est notée tous les 5 m par lecture d'un cordon étalonné tous les 20 cm et relié à la surface par une bouée. La nature, la composition, la densité de la végétation sous-marine, ainsi que de nombreuses indications concernant le substrat ont été relevés et localisés le long du profil.

La distance à terre entre les profils varie de 80 à 350 m; leur emplacement a été choisi en fonction des indications données par les photos aériennes (profils rapprochés pour les zones irrégulières, profils espacés pour les zones homogènes).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour dresser la carte des herbiers, 50 photographies ont été réalisées et 10 km de petits fonds ont été explorés en plongée sous-marine.

Les 15 profils ont été transcrits à une échelle de

1/500^e pour la distance horizontale et de 1/50^e pour la profondeur. Une réduction de ces profils (aux échelles respectives de 1/1 500^e et de 1/150^e) est présentée ici (*fig. 6 à 9*).

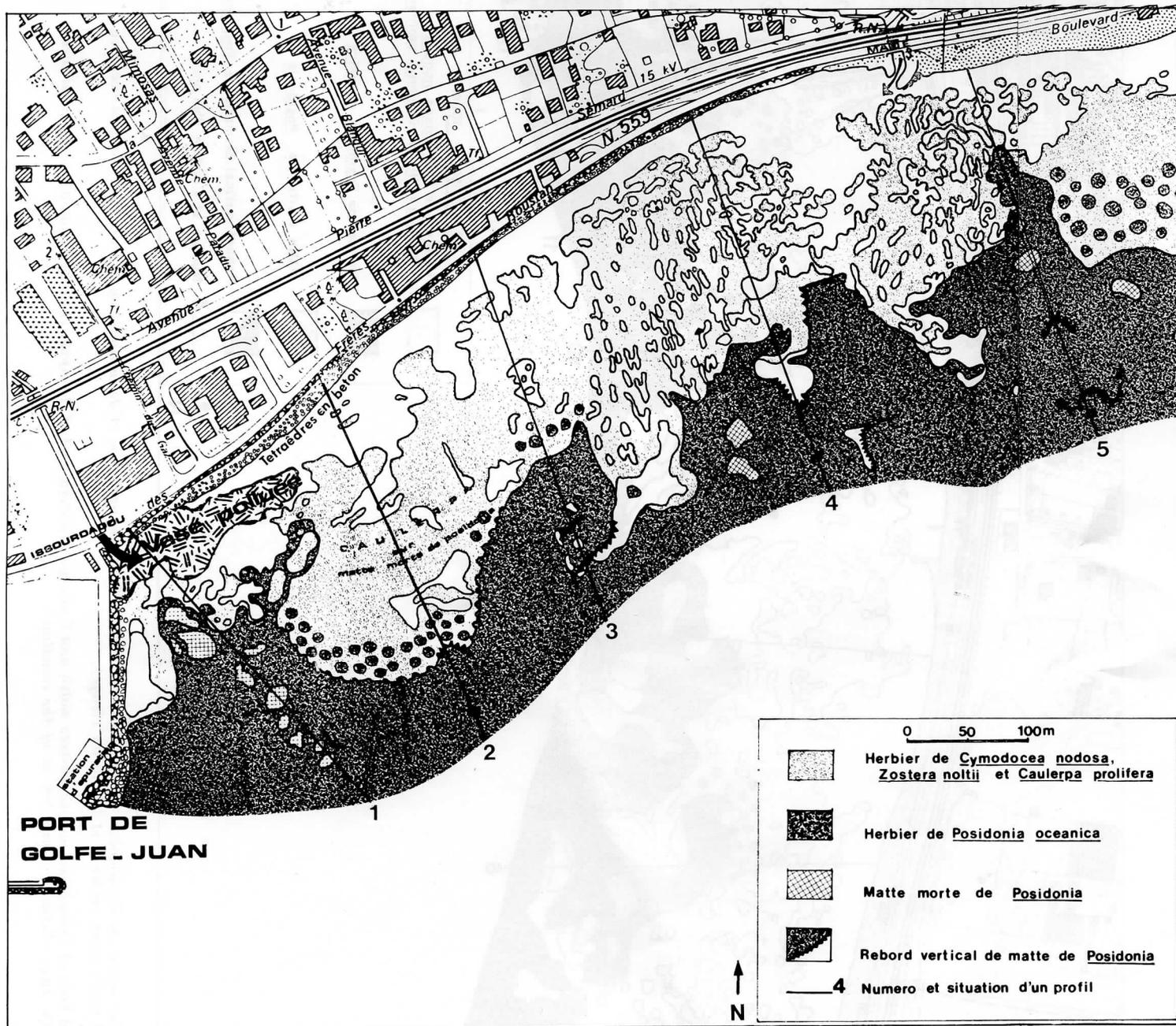


FIG. 3. — Carte de l'herbier mixte de *Cymodocea nodosa*-*Zostera noltii* et *Caulerpa prolifera*, et de la limite supérieure de *Posidonia oceanica*, à l'Est du port de Golfe Juan (entre 0 et 300 m du rivage).

FIG. 3. — Map of the mixed beds of *Cymodocea nodosa*-*Zostera noltii* and *Caulerpa prolifera*, and of the upper limit of *Posidonia oceanica*, to the east of Golfe Juan harbour (between 0 and 300 m of the coastline).

La synthèse des observations réalisées en plongée sous-marine et des indications fournies par la photographie aérienne ont été figurées sur 3 cartes au 1/2 000^e qui ont été réduites au 1/5 000^e pour être présentées dans cette revue (fig. 3, 4 et 5).

Trois biocénoses parallèles à la côte se succèdent dans le secteur cartographié.

La première correspond à la biocénose des sables fins superficiels (PÈRES et PICARD, 1964); elle s'étend de 0 à 20 m environ de la côte entre 0 et -2,50 m

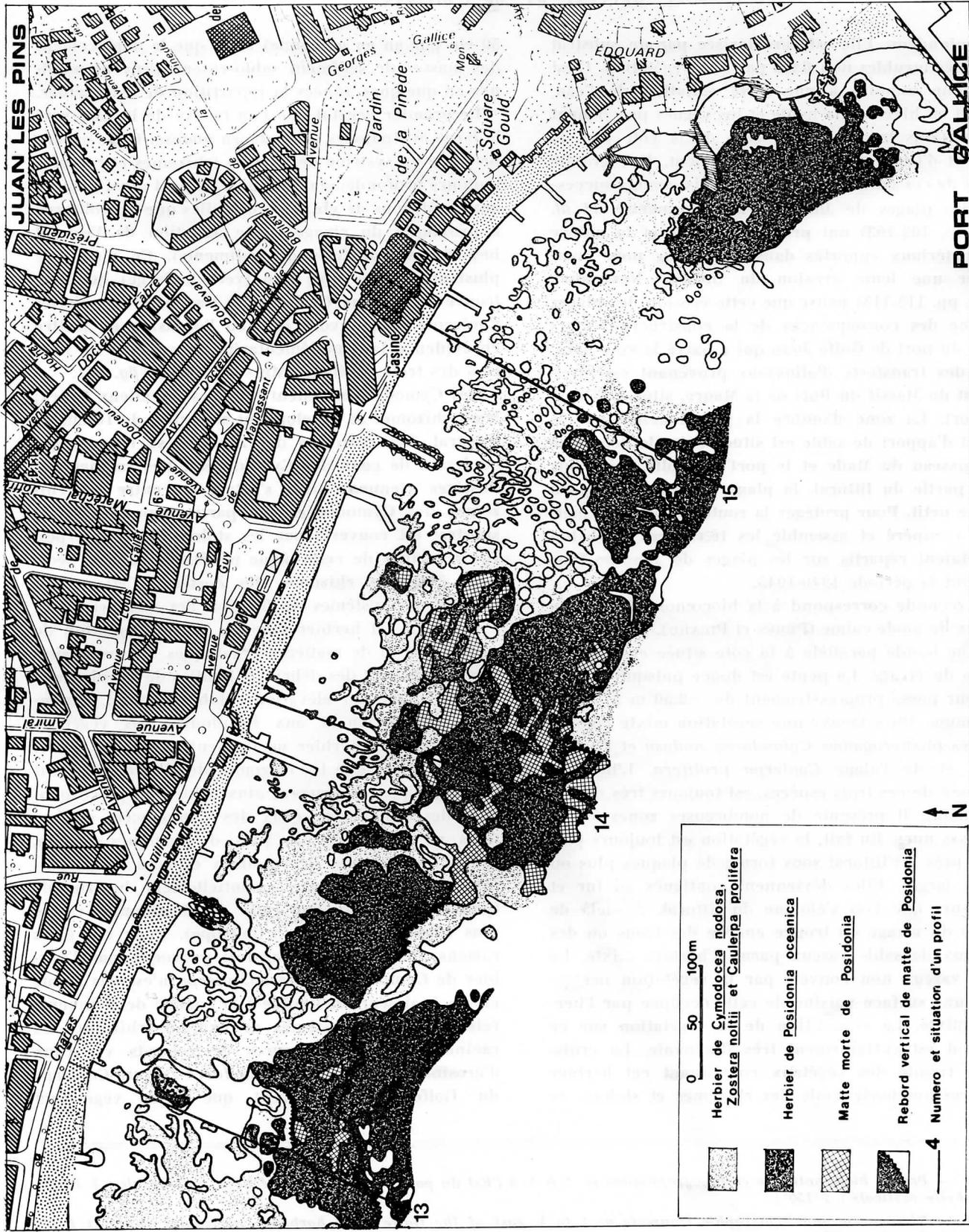


Fig. 5. — Carte de l'herbier mixte de *Cymodocea nodosa*-*Zostera noltii* et *Caulerpa prolifera*, et de la limite supérieure de *Posidonia oceanica* à l'Ouest de Port Gallice - Juan-les-Pins (entre 0 et 300 m du rivage).

Fig. 5. — Map of the mixed beds of *Cymodocea nodosa*-*Zostera noltii* and *Caulerpa prolifera*, and of the upper limit of *Posidonia oceanica* to the West of Gallice - Juan-les-Pins harbour (between 0 and 300 m of the coastline).

de profondeur. Elle est caractérisée par un substrat de sables meubles non fixés par une végétation. C'est une zone soumise à une forte agitation de l'eau, surtout en hiver où la houle et les vagues provoquent d'importants transferts de sable de la côte vers le large et d'Ouest en Est essentiellement. Une grande partie de ces sables provient d'engraisements successifs des plages de Juan-les-Pins. BOURGEOIS *et al.* (1975, p. 102-103) ont précisé l'origine et la nature des matériaux apportés dans cette zone pour compenser une lente érosion du littoral. NESTEROFF (1965, pp. 112-113) pense que cette érosion des plages est une des conséquences de la construction (vers 1900) du port de Golfe Juan qui a barré la voie naturelle des transferts d'alluvions provenant essentiellement du Massif du Bois de la Maure, situé à l'Ouest du port. La zone d'ombre la plus touchée par le déficit d'apport de sable est située entre le débouché du ruisseau du Madé et le port de Golfe Juan. Sur cette partie du littoral, la plage de sable a disparu petit à petit. Pour protéger la route du bord de mer, on a récupéré et assemblé les tétraèdres en béton qui étaient répartis sur les plages de Juan-les-Pins pendant la période 1940-1945.

La seconde correspond à la biocœnose des sables vaseux de mode calme (PÉRÈS et PICARD). Elle s'étend sur une bande parallèle à la côte située entre 20 et 150 m du rivage. La pente est douce puisque la profondeur passe progressivement de -2,50 m à -5 m maximum. On y trouve une végétation mixte composée des phanérogames *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii* et de l'algue *Caulerpa prolifera*. L'herbier, composé de ces trois espèces, est toujours très dense; cependant, il présente de nombreuses zones sablo-vaseuses nues. En fait, la végétation est toujours présente près du littoral sous forme de plaques plus ou moins larges. Elles deviennent contiguës au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral. Au-delà de 100 m du rivage on trouve encore des trous ou des chenaux de sable vaseux parmi l'herbier mixte. Le sable vaseux non couvert par la végétation occupe ainsi une surface voisine de celle occupée par l'herbier mixte. La répartition de la végétation sur ce substrat est certainement très fluctuante. La croissance rapide des végétaux constituant cet herbier (progression horizontale des rhizomes et stolons de

50 cm par an en moyenne) ainsi que le déplacement des masses de sédiment sablo-vaseux peuvent modifier en quelques années la répartition de cet herbier.

Le premier végétal que l'on trouve de la côte vers le large est toujours *Cymodocea nodosa*. Cette espèce présente un système de fixation (rhizomes et racines) toujours profondément enfoui. Elle peut ainsi résister aux conditions de vie assez difficiles que l'on observe à proximité du rivage (forte agitation de l'eau et importants transferts de sédiments). Ce n'est que plusieurs mètres plus loin (vers le large) que l'on trouve mêlées aux Cymodocées les Zostères, puis les Caulerpes. Nous avons déjà eu l'occasion de mettre en évidence la complémentarité du système de fixation des trois végétaux (MEINESZ, 1980) (*fig. 10*).

Les Cymodocées restent toujours les mieux fixées; leurs rhizomes se développent sous plus de 10 cm de substrat. Les rhizomes des Zostères se répartissent au-dessus de ceux des Cymodocées. Les racines des Zostères viennent ainsi s'intercaler entre les rhizomes des Cymodocées. La partie superficielle du substrat est couverte par les stolons des Caulerpes. Les rhizoïdes de cette algue des pénètrent dans le sédiment jusqu'aux rhizomes des Zostères. Cette stratification des systèmes de fixation des trois végétaux constituant cet herbier favorise la sédimentation de sables fins ou de matières organiques en suspension (essentiellement des débris de feuilles de Posidonies). Elle provoque une élévation notable du fond. Cependant, contrairement aux Posidonies, les végétaux constituant cet herbier ne forment jamais de matte. En effet, alors que les rhizomes des Posidonies sont imputrescibles et peuvent ainsi rester en place pendant des millénaires, ceux des Cymodocées et Zostères ne persistent pas plus de quelques années. Enfin, les rhizomes de ces deux espèces ne présentent qu'une croissance essentiellement horizontale (plagiotrope) alors que celle des Posidonies est le plus souvent verticale (orthotrope). Pour ces deux raisons, l'élévation du substrat provoqué par l'herbier de *Cymodocea-Zostera-Caulerpa* n'est pas stable et son épaisseur est limitée à la couche de sédiments retenus par les systèmes de fixation (rhizoïdes ou racines). Plusieurs mesures de rebords verticaux d'érosion de l'herbier de *Cymodocea-Zostera-Caulerpa* du Golfe Juan montrent que cette végétation

FIG. 6. — Profils biocœnotiques et topographiques n° 1 à 4, à l'Est du port de Golfe Juan (échelle horizontale : 1/1500^e, échelle verticale : 1/150^e).

FIG. 6. — Biocœnotic and topographic transects n° 1 to 4, east of the Golfe Juan harbour (horizontal scale : 1/1,500, vertical scale : 1/150).

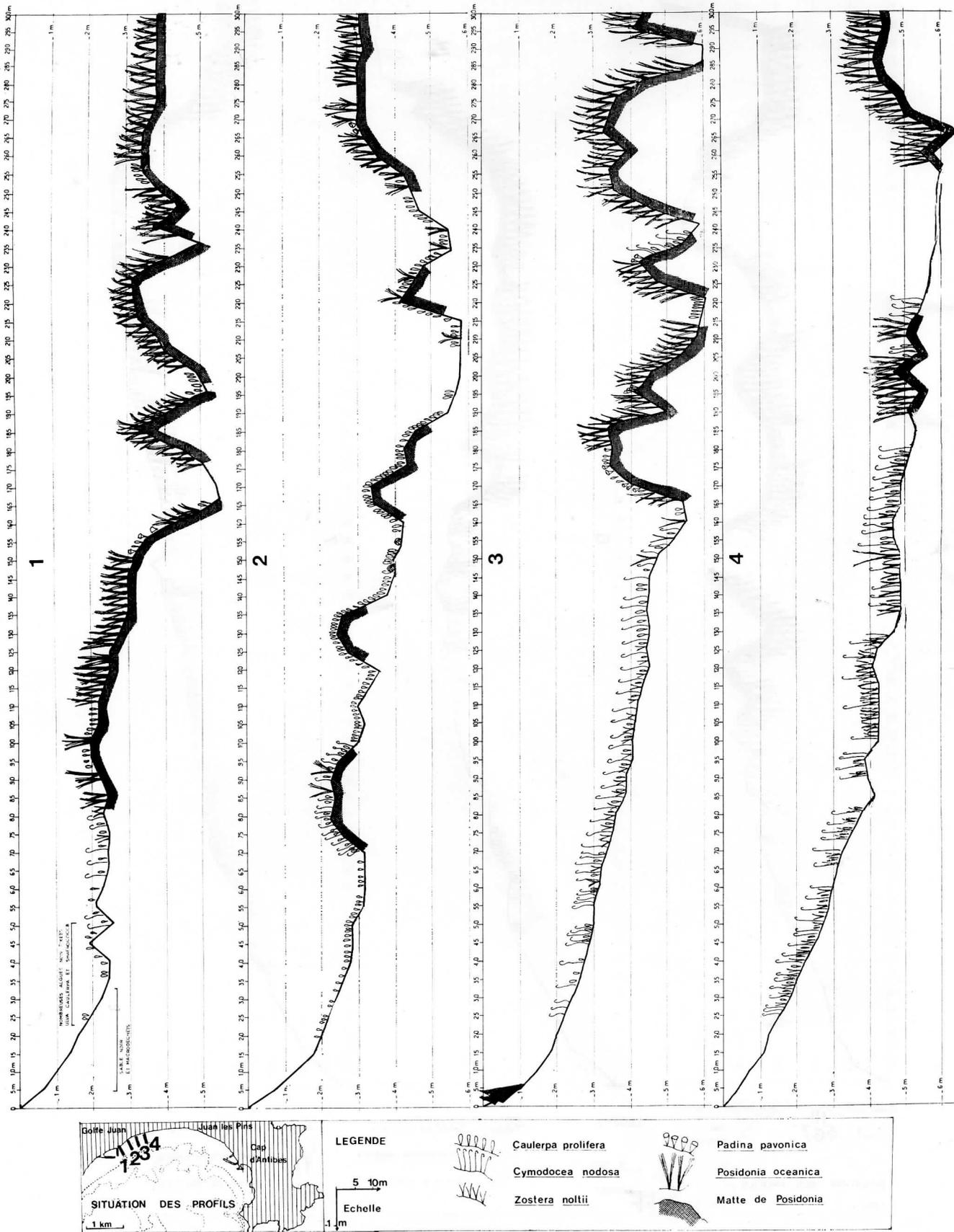


FIG. 6.

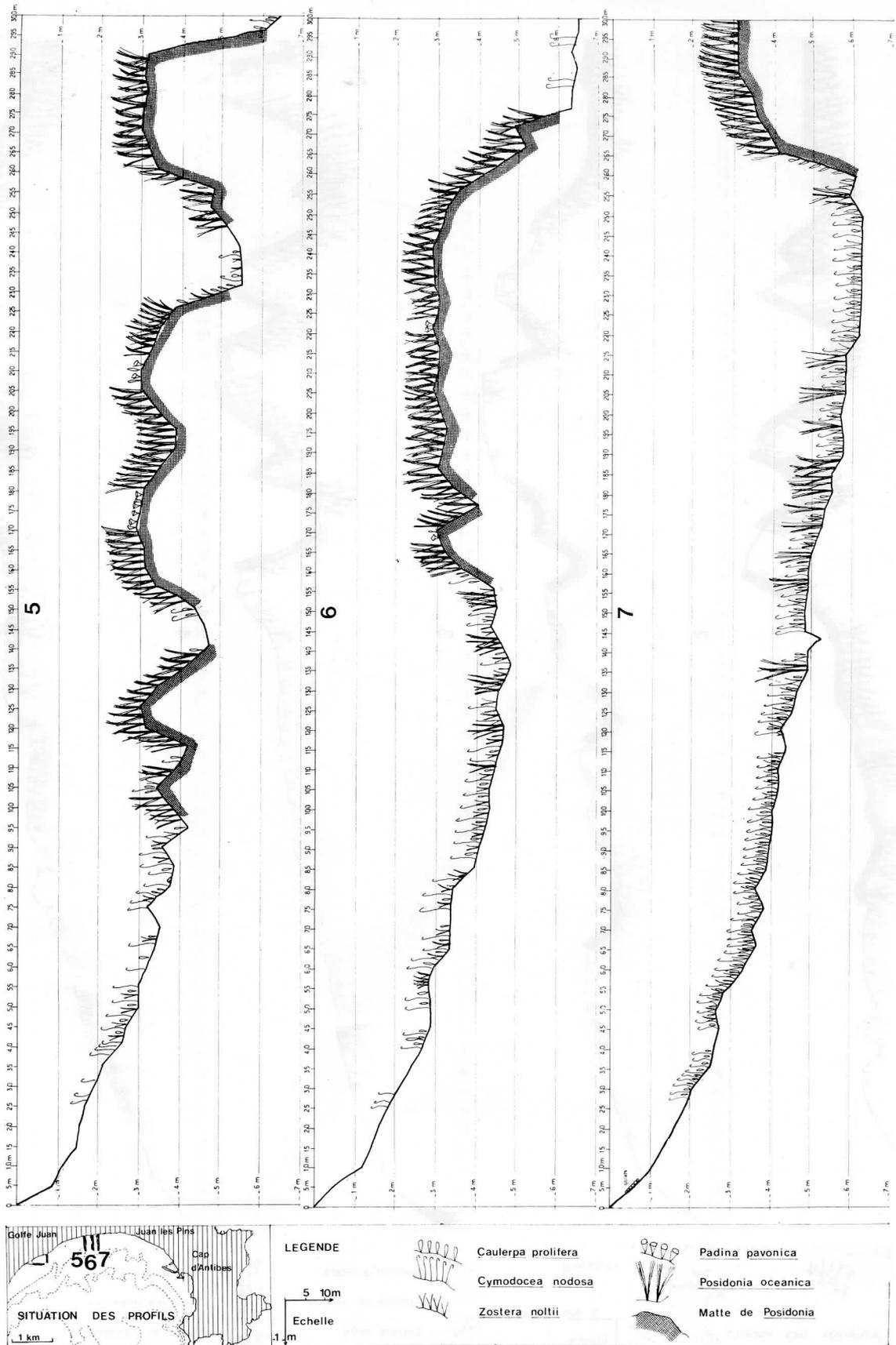


FIG. 7. — Profils biocœnotiques et topographiques n° 5 à 7, entre Juan-les-Pins et Golfe Juan (échelle horizontale : 1/1 500°, échelle verticale : 1/150°).

FIG. 7. — Biocoenotic and topographic transects n° 5 to 7 between Juan-les-Pins and Golfe Juan (horizontal scale : 1/1,500, vertical scale : 1/150).

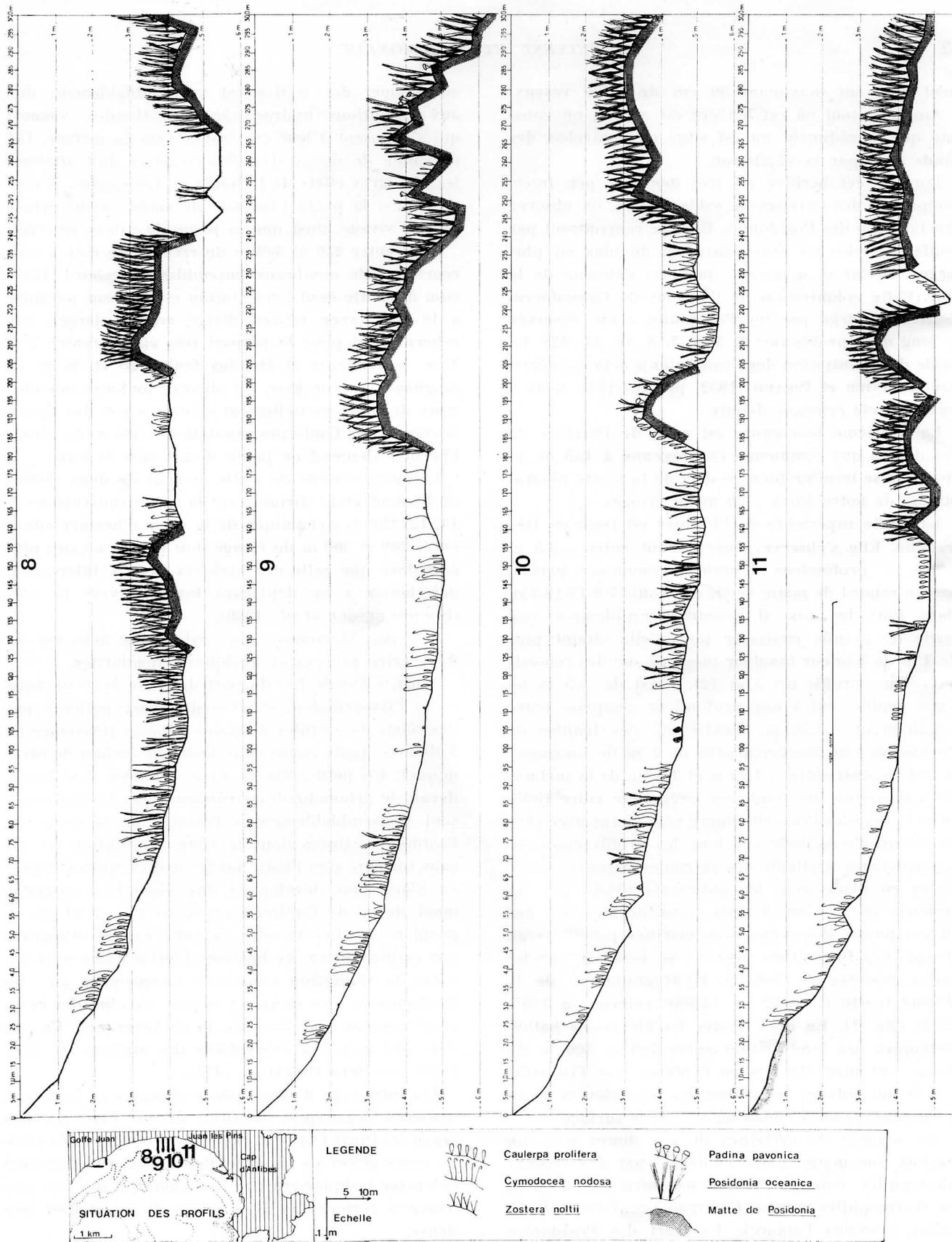


FIG. 8. — Profils biocœnotiques et topographiques n° 8 à 11 entre Juan-les-Pins et Golfe Juan (échelle horizontale : 1/1 500°, échelle verticale : 1/150°).

FIG. 8. — Biocoenotic and topographic transects n° 8 to 11 between Juan-les-Pins and Golfe Juan (horizontal scale : 1/1,500, vertical scale : 1/150).

peut fixer au maximum 50 cm de sable vaseux.

Ainsi, partout où cet herbier est absent, on constate que le sédiment nu est situé en contrebas des fonds fixés par la végétation.

Lorsque cet herbier est très dense et peu interrompu par des cuvettes de sable vaseux, on observe l'installation des Posidonies. Elles se rencontrent par touffes de plus en plus denses et de plus en plus larges, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte. Cette colonisation de l'herbier de *Cymodocea-Zostera-Caulerpa* par les Posidonies a été observée le long de 8 profils (nos 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12). Ce mode de colonisation des Posidonies a déjà été décrit par MOLINIER et PICARD (1952, pp. 164-165), mais a rarement été retrouvé depuis.

La troisième biocénose est celle de l'herbier de Posidonies qui commence en moyenne à 150 m du rivage et se termine bien au-delà de la limite géographique de notre étude (300 m du rivage).

La limite supérieure de l'herbier est toujours très franche. Elle s'observe généralement entre -4,5 et 5,5 m de profondeur. L'herbier commence parfois par un rebord de matte vertical (profils 7-9-12-13-15). Dans tous les cas, il constitue rapidement une matte de grande épaisseur puisqu'elle atteint plus de 3 m de hauteur (hauteur mesurée sur des rebords d'érosion : profils nos 5 et 12). Ainsi de -5 m on passe rapidement à une profondeur comprise entre -2,75 m et -3,50 m. L'extrémité des feuilles de Posidonies (qui mesurent près de 1 m de longueur) se trouve ainsi entre -1,75 m et 2,50 m de la surface. Cette élévation des fonds est irrégulière entre Golfe Juan et Juan-les-Pins, elle figure néanmoins avec plus ou moins d'amplitude sur tous les profils explorés. La croissance verticale des rhizomes imputrescibles, restés en place avec les sédiments piégés par les systèmes de fixation, a ainsi constitué au cours des siècles passés des dunes sous-marines parallèles au rivage. Ces formations peuvent se localiser sur les cartes marines du Service Hydrographique de la Marine (carte n° 5122 au 14 400^e relevée en 1897-1898) (fig. 2). En effet, toutes les élévations bathymétriques des fonds situés entre 100 et 300 m du rivage ont bien été mis en évidence par l'isobathe -3 m qui entoure les mattes les plus élevées (dont les sommets sont à moins de 3 m de la surface).

Le sommet de certaines de ces dunes présente parfois une matte morte colonisée par des espèces photophiles comme *Padina pavonica* (L.) Thivy, ou thermophiles comme *Caulerpa prolifera* et *Penicillus capitatus* Lamarck. La mort des Posidonies

au sommet des mattes est vraisemblablement due aux conditions hydrodynamiques (houles, vagues) qui s'opposent à leur croissance vers la surface. Cet ensemble de dunes d'origine végétale doit atténuer les plus gros effets de la houle et des vagues, il protège ainsi la pente profonde de sable vaseux située vers le rivage ainsi que la plage de sables émergés.

C'est entre 250 et 300 m du rivage que nous avons rencontré de nombreux ensembles de rebord d'érosion de matte dont l'orientation est souvent parallèle à la côte (avec rebord dirigé vers le large). Ces rebords sont pour la plupart très élevés (entre 2 et 3 m de hauteur) et étendus (entre 20 et 50 m de longueur). A leur base, on observe toujours des chenaux de sable partiellement colonisés par des *Cymodocees* et des *Caulerpes*. Au-delà des 300 m du rivage l'herbier descend en pente douce vers le large.

Certains rebords de matte de plus de deux mètres de hauteur étant dirigés vers la côte (transects nos 7, 13, 12, 15), la dynamique de la dune d'herbier située entre 200 et 300 m du rivage doit être beaucoup plus complexe que celle des herbiers avec « intermattes déferlantes » se déplaçant toujours vers la côte (BOUDOURESQUE *et al.*, 1980).

Les trois biocénoses successives que nous venons de décrire présentent quelques irrégularités.

Ainsi, à l'angle Est du port de Golfe Juan un ruisseau: l'Issourdadou, déverse des eaux polluées par des rejets incontrôlés d'origine urbaine (traversée de Vallauris - Golfe Juan) ou industrielle (usines de céramique). Un petit cône de vases polluées s'est formé devant le débouché de ce ruisseau (fig. 3). Ces rejets sont vraisemblablement à l'origine de la mort des Posidonies situées dans le cône de dilution de ces eaux (orienté vers l'Est). Sur les mattes mortes restées en place s'est développée une végétation extrêmement dense de *Caulerpa prolifera* (fig. 3 et fig. 4, profil n° 2). Les frondes de cette espèce atteignent par endroit 40 cm de hauteur. C'est à notre connaissance la végétation constituée uniquement par des *Caulerpes* la plus dense et la plus étendue des côtes continentales françaises de la Méditerranée. Ce site doit être ajouté à l'inventaire des stations de *Caulerpa prolifera* (MEINESZ, 1972).

Un autre rejet d'eaux douces chargées en limons et matières organiques se situe devant l'épi du Lys (Juan-les-Pins) (fig. 4 et fig. 8, profil n° 11). Un cône de vases grises s'y observe. Cette zone est également colonisée uniquement par des *Caulerpa* qui ont tendance à former des îlots épars de végétation très dense.

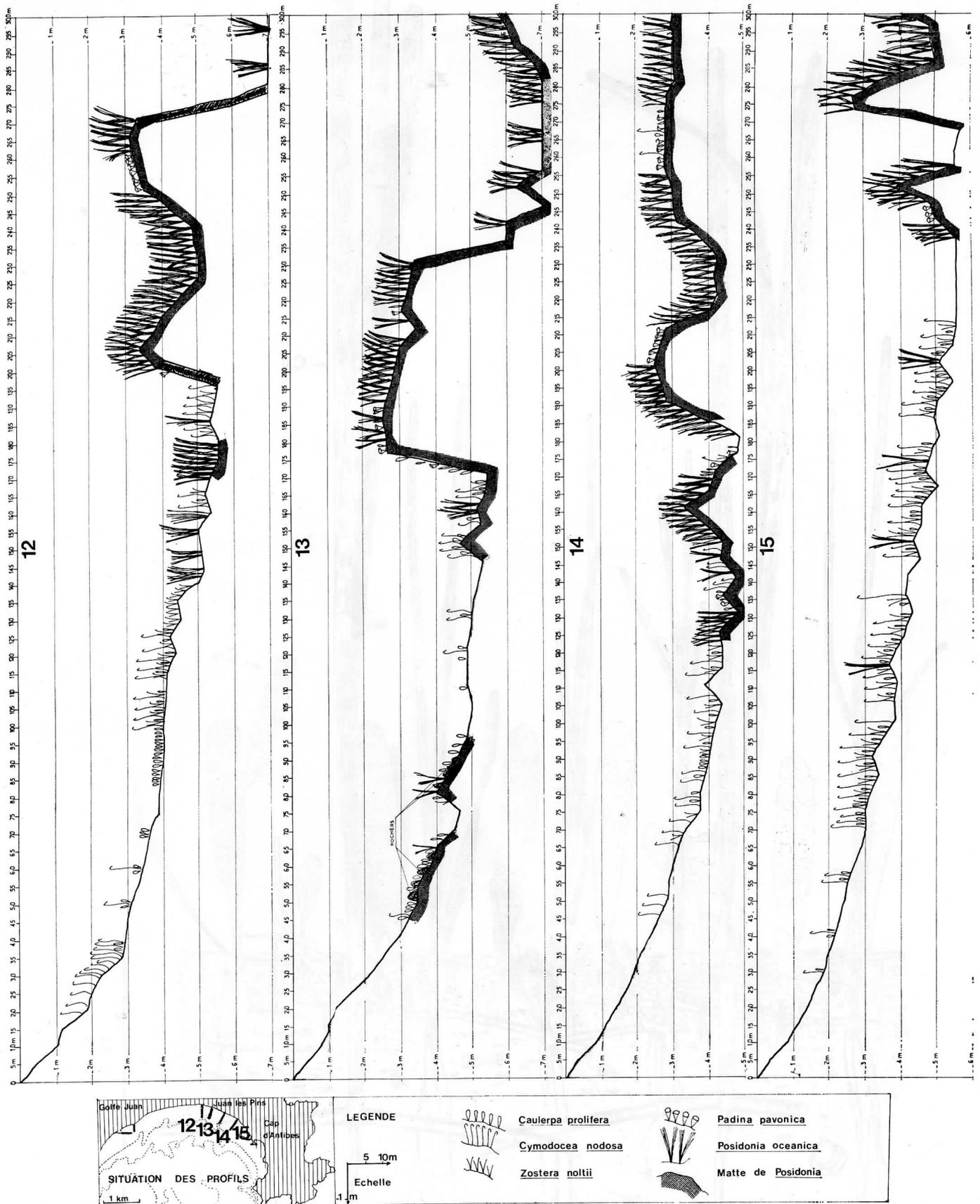
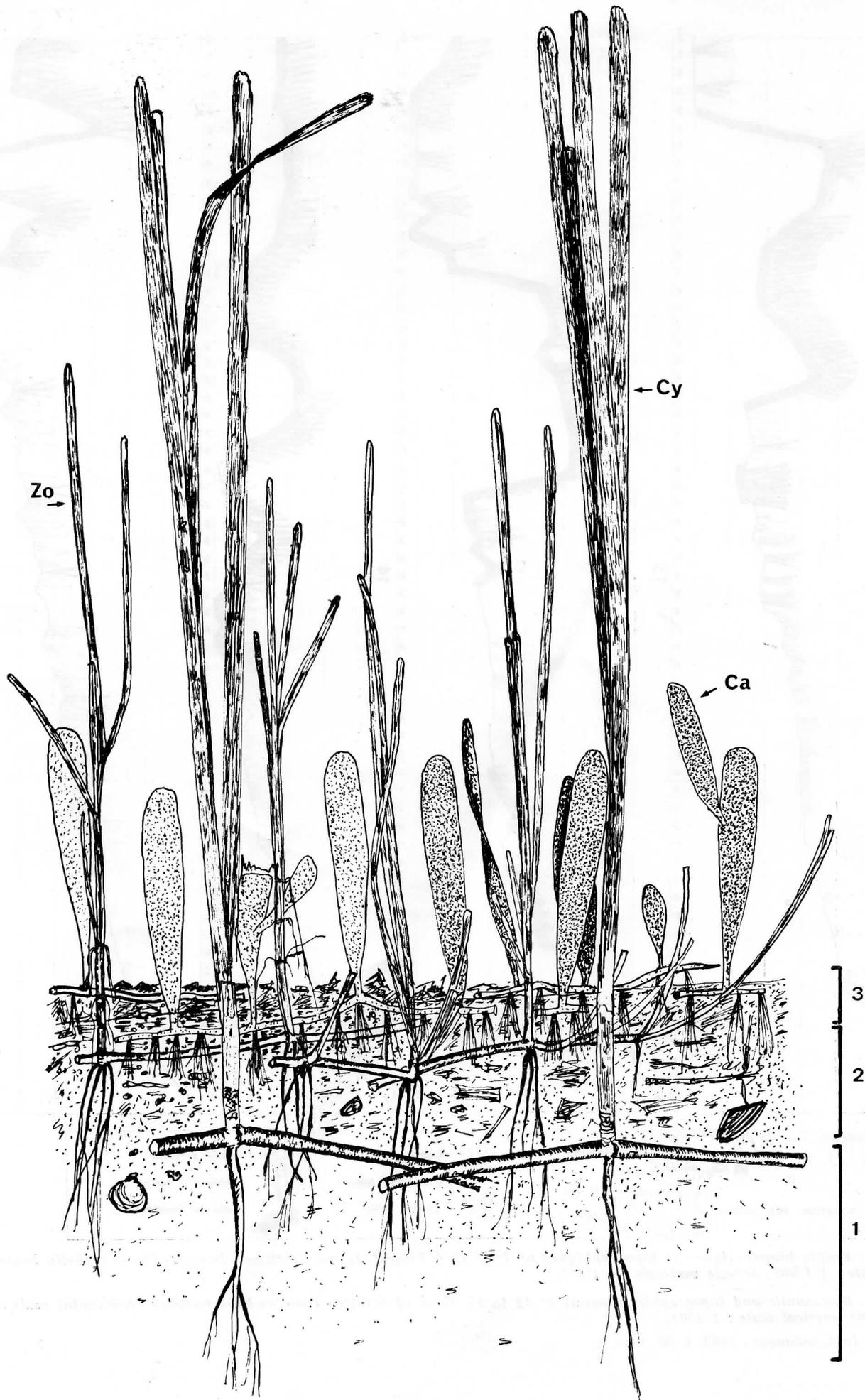


FIG. 9. — Profils biocœnotiques et topographiques n° 12 à 15 à l'Ouest du port Gallice (Juan-les-Pins) (échelle horizontale : 1/1 500^e, échelle verticale : 1/150^e).

FIG. 9. — Biocoenotic and topographic transects n° 12 to 15, West of Gallice - Juan-les-Pins harbour (horizontal scale : 1/1,500, vertical scale : 1/150).



CONCLUSION

Le secteur cartographié présente deux caractéristiques assez exceptionnelles sur le littoral des côtes occidentales de la Méditerranée. Il s'agit d'une part de la présence d'un vaste herbier mixte constitué de deux phanérogames (*Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii*) et d'une algue (*Caulerpa prolifera*) et d'autre part de l'existence d'un ensemble de dunes sous-marines parallèles au rivage situées entre 200 et 300 m de la côte formées par une élévation impor-

tante des mattes de Posidonies. Ces dunes constituent un récif immergé qui protège des plus fortes actions de la mer la pente douce de sable vaseux située vers le rivage colonisé par l'herbier mixte de *Cymodocea-Zostera-Caulerpa*.

REMERCIEMENTS. — Nous remercions M. Thierry TORRENS qui a assuré la sécurité en surface lors de toutes les plongées, ainsi que M. Jean COULOT qui a contribué aux dessins des cartes et des profils.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUDOURESQUE, C. F., THOMMERET, J., THOMMERET, Y., 1980. — Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercalé dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Calvi (Corse). *Journ. Etud. Systèm. et Biogéogr. Médit. Cagliari, C.I.E.S.M.*, 139-142.
- BOURGEOIS, R., CACAN, C., MONNET, M., TOFANI, R., 1973. — Les fonds marins du Golfe Juan (A.M.). Thèse de 3^e cycle édit. par l'Université de Nice, Lab. de Géologie et de Sédimentologie, 1, 104 p.; 2, 293 p. et annexe : 32 cartes.
- MEINESZ, A., 1972. — Répartition de *Caulerpa prolifera* (Forsk.) Lamouroux sur les côtes continentales françaises de la Méditerranée. *Téthys*, 4 (4) : 843-858.
- MEINESZ, A., 1980. — Contribution à l'étude des Caulerpaes (Chlorophytes). Thèse de Doctorat d'Etat édit. par l'Université de Nice, Lab. de Biologie et d'Ecologie Marines, 262 p.
- MEINESZ, A., CUVELIER, M., LAURENT, R., 1981. — Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanérogames marines. *Vie et Milieu*, 31 (1) : 27-34.
- MEINESZ, A., LAURENT, R., 1968. — Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes Maritimes (France). Campagne Poséidon 1976. *Bot. Marina*, 21 : 513-526.
- MEINESZ, A., LAURENT, R., 1980. — Cartes de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes Maritimes (France). Campagne Poseidon 1976. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 56 (1) : 45-54.
- MEINESZ, A., LAURENT, R., 1982. — Cartes de la végétation sous-marine des Alpes Maritimes (côtes françaises de la Méditerranée). I. — Limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans le Golfe Juan et à l'Est des Iles de Lérins. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 53 (1) : 103-112.
- MOLINIER, R., PICARD, J., 1952. — Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 27 (3) : 157-234.
- NESTEROFF, W., 1965. — Recherches sur les sédiments actuels de la région d'Antibes. *Ann. Inst. Océanogr., Paris* 43 (1) : 1-136.
- PÉRÈS, J. M., PICARD, J., 1964. — Nouveau manuel de biologie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. trav. St. Mar. Endoume*, 31 (47) : 5-138.
- Cartes utilisées.*
- Service hydrographique et océanographique de la Marine (S.H.O.M.), Golfe Juan - Iles de Lérins - Antibes (n° 5122), 1/14 400°.
 - Institut Géographique National (I.G.N.), Golfe Juan 1/5 000°, Juan-les-Pins 1/5 000°.
- (Manuscrit reçu le 24 mars 1982.
accepté le 6 janvier 1983.)

FIG. 10. — Stratification des systèmes de fixation de l'herbier mixte de *Cymodocea nodosa* (Cy), *Zostera noltii* (Zo) et *Caulerpa prolifera* (Ca). Rhizomes et racines des *Cymodocées* (1), et des *Zostères* (2); Stolons et rhizoïdes des *Caulerpes* (3). (Extrait de MEINESZ, 1980, p. 191.)

FIG. 10. — Stratification of the fixation systems of the mixed bed of *Cymodocea nodosa* (Cy), *Zostera noltii* (Zo) and *Caulerpa prolifera* (Ca). Rhizomes and roots of *Cymodocea* (1), *Zostera* (2) and stolons and rhizoids of *Caulerpa* (3). (From MEINESZ, 1980, p. 191.)