

PARTICULARITES DE LA ZONATION
MARINE SUR LES COTES ROCHEUSES
S'ETENDANT ENTRE
NICE ET LA FRONTIERE ITALIENNE

par R. GILET

L'étude de la zonation sur les côtes rocheuses s'étendant entre Nice et la frontière italienne m'a fourni un certain nombre de faits intéressants, le seul travail qui l'aborde étant celui d'OLLIVIER (1929), resté incomplet. Je prendrai pour type le Cap Ferrat, puisque, étant le plus rapidement accessible à partir de Villefranche sur Mer, c'est celui que j'ai étudié avec le plus de détails.

I) TOPOGRAPHIE DU CAP FERRAT (cf. fig. 1)

1) Exposition

Le Cap Ferrat est exposé à toutes les houles d'est, du sud et d'ouest. Sur l'éperon qu'il forme, les vagues se concentrent et déferlent. Aussi le calme parfait y est rare et les vagues de tempêtes le frappent de plein fouet.

2) Relief

Le Cap Ferrat présente un replat supérieur qui tombe brusquement en marche d'escalier remblayée d'éboulis. Vers le sud, ce replat descend en pente douce sous la mer jusqu'à une certaine distance du rivage avant de former un tombant qui se termine vers - 40 mètres, sur un gravier coralligène à Stylocidaris affinis passant lentement à de la vase vers le large. A l'est et à l'ouest, ce replat redonne une nouvelle marche d'escalier rapidement immergée : le tombant ouest descend à - 40 mètres sur les fonds rocheux de la rade de Villefranche, tandis qu'à - 15 mètres l'herbier de Posidonies de l'anse des Fosses s'appuie sur le tombant est.

3) Témoins d'une ancienne érosion karstique

Le Cap Ferrat est constitué dans sa plus grande partie d'un calcaire jurassique non lité, mais parcouru d'une riche fissuration que j'ai pu suivre à plusieurs dizaines de mètres du rivage en plongée pour la côte sud. Elle correspond, selon M. Bourcart, à un ancien relief karstique formé lors d'une régression. Il serait intéressant de rechercher par des plongées en scaphandre le long des tombants sud et ouest d'éventuelles grottes sous-marines traduisant les orifices d'un réseau karstique souterrain correspondant à l'érosion superficielle.

4) Déblaiement du karst émergé

Dans sa partie émergée, l'ancien relief karstique disparaît sous la couverture du sol actuel, sauf le long d'une bande côtière large de quelques mètres sur les flancs est et ouest, et atteignant une largeur de 20 mètres sur la côte sud. Les eaux de ruissellement ont déblayé le sol et enlevé les dépôts rouges qui remplissaient les fissures du karst. Malgré le sel, qui est déposé, l'action des embruns semble réduite, sur le calcaire, à l'agrandissement des petites cavités.

Ces fissures et cavités contiennent des fragments de coquilles actuelles, des galets et des blocs rejetés par la mer, ainsi que l'attestent, pour nombre d'entre eux, les traces de l'attaque de Cliones et de Lithodomes. Dans la partie la plus éloignée de la mer, ces matériaux sont libres. Dans la partie proche de la mer, ils se trouvent soudés aux parois des fissures et au fond des cuvettes par de la calcite recristallisée dont nous aurons à rechercher l'origine.

5) Remaniement du karst immergé

Dans la partie immergée, le relief karstique a gardé sa netteté malgré l'attaque des Mollusques lithophages et des Cliones et l'abrasion marine. En effet, ces érosions sont très faibles : l'action de la mer se réduit à la formation de marmites dues à un surcreusement par un ou plusieurs gros galets; les Cliones et les Mollusques lithophages alvéolisent la roche sur une couche de quelques centimètres tout au plus et ne pratiquent pas une véritable abrasion.

6) Plates-formes au niveau de la mer et "microfalaise"

Il y aurait continuité parfaite entre les parties émergée et immergée du karst sans la présence d'une ligne de plates-formes subhorizontales, atteignant par endroit 2 mè-

tres de large, et que la vague couvre et découvre en se retirant. Ces plates-formes sont taillées dans le karst émergé qui tombe ainsi en "microfalaise" sur elles. Leur établissement et leur maintien demandent une destruction plus rapide du karst émergé que du karst immergé, donc le recul progressif de la "microfalaise" qui en résulte.

Mais ce recul ne se fait pas suivant le schéma classique des pieds de falaise, car il n'y pas trace au pied de la "microfalaise" d'un affouillement marin. L'érosion due aux embruns serait insuffisante en elle-même à expliquer de tels phénomènes : nous verrons par l'étude du peuplement, que c'est un processus biologique qui en est le principal agent.

II) PEUPELEMENTS DE LA COTE SUD DU CAP FERRAT (cf. fig. 2)

1) Supralittoral

La zone supralittorale comprend le sommet de la "microfalaise" et une partie de la bande côtière déblayée par les embruns. Vers le haut, elle est limitée par le premier peuplement terrestre, le "Crithmo-Staticetum", représenté par une maigre végétation qui s'accroche aux placages de terre restés en place. Dans la zone supralittorale, la roche est peuplée de nombreuses Littorina (Melaraphe) neritoïdes L. et de Ligia italica Fabricius. De plus, et c'est le fait essentiel, les embruns y permettent le développement des Cyanophycées endolithes qui, par leur attaque du calcaire et sa mise en circulation, jouent un rôle important dans l'évolution de la côte. Dans la partie la plus éloignée de la mer, ces algues occupent seulement les microcuvettes qui gardent l'humidité. Dans la partie proche de la mer, elles couvrent toute la roche à laquelle elles confèrent une teinte bistre, et cela jusqu'au mésolittoral supérieur.

2) Mésolittoral

a) Supérieur.

Le mésolittoral supérieur occupe la plus grande partie de la "microfalaise". Il porte un peuplement, dense dans les fissures, de Chthamales : Chthamalus depressus Darwin à un niveau plus élevé que celui de C. stellatus Poli, avec une zone intermédiaire où les deux espèces sont mêlées. On y observe de nombreuses Patella lusitanica Gmelin ainsi que Rivularia atra Roth. Vers le bas, il peut y avoir une ceinture, fragmentaire, de Nemalion helminthoides (Volley) Batters.

b) Inférieur

Le mésolittoral inférieur occupe tout au plus le 1/3 basal de la "microfalaise" mais par contre il occupe les 2/3 supérieurs de la plate-forme dont la surface est parsemée d'aspérités. C'est la zone essentiellement peuplée par Neogoniolithon (Lithophyllum) notarisi ? (Dufour), Setchell et Mason.

Sur la partie basale de la "microfalaise" ce peuplement, recouvrant près de 100% du substrat, porte des coussinets de Tenarea tortuosa Esper. dans lesquels j'ai retrouvé, outre la petite Moule Brachydontes minimus (Poli), les Mollusques Middendorfia caprearum Scacchi et Lasea rubra Mtg. donnés comme caractéristiques du trottoir de Tenarea par PERES et PICARD (1952).

Sur la plate-forme, les Neogoniolithon (Lithophyllum) notarisi ? laissent souvent jusqu'à 15% d'espaces nus. Ils supportent, sur les aspérités seulement, de petits coussinets de Tenarea, et forment de larges plaques dans les creux où se développent même des Cladophora sericea (Hudson) Kutz. si l'eau peut s'y maintenir.

A la base de la "microfalaise", lorsque le peuplement précédent fait défaut ou sur le test des Patelles, on peut observer des plaques de Nemoderma tingitanum Schousboe souvent surmontées de plaques de Ralfsia verrucosa (Aresch) J. Ag. ; sur la côte septentrionale méditerranéenne, le Cap Ferrat semble être la station la plus orientale de Nemoderma tingitanum qui n'a encore été signalée que des environs de Banyuls et de Porquerolles, bien qu'on l'ait également récoltée sur les côtes d'Afrique du Nord, de Tanger au Cap Bon.

3) Infralittoral

a) 1/3 distal de la plate-forme

La partie infralittorale du replat porte deux espèces de Cystosires : Cystoseira stricta (Montagne) Sauv. et Cystoseira abrotanifolia (Agardh), directement fixées sur la roche ou sur un fort recouvrement de Vermetus gregarius (Monts) qui semble être une forme agrégée de V. triqueter (Biv.) et dont les tubes entrelacés forment un bourrelet atteignant 5 centimètres d'épaisseur. Ce bourrelet présente des lacunes et s'interrompt au niveau des indentations qui incisent la bordure extérieure de la plate-forme.

b) Niveau supérieur du karst immergé

Le recouvrement de Vermets s'arrête à une dizaine de centimètres sous le rebord de la plate-forme, laissant les Cystosires et Dilophus ligulatus (Kutz) Feldmann s'accrocher directement à la roche. A son niveau, dans ses lacunes il laisse s'installer des coussinets de Tenarea renfermant Brachydontes minimus (Poli), ainsi que quelques Chthamalus stellatus et Gastroclonium ovatum (Roth.). Je reviendrai ci-après sur cette importante particularité.

c) Niveau inférieur du karst immergé.

Sous le niveau peuplé par les Cystosires et Dilophus ligulatus, débute le cycle de l'herbier de Posidonies tel que le définissent MOLINIER et PICARD (1952) avec installation de Padina pavonia L. Gaillon sur la tête des blocs, du faciès à Jania sur leurs flancs, et des touffes de Posidonia oceanica Delile entre eux. Plus loin, l'herbier devient continu et tend à masquer le karst immergé.

d) Fissures à Halimeda

Dans le karst immergé, les fissures étroites, peu éclairées, permettent à l'infra littoral sciaphile de remonter jusqu'au bord de la plate-forme. Elles abritent en effet des peuplements d'Halimeda tuna Lamour qui semble être l'algue du précoraligène sciaphile la plus résistante à l'agitation de l'eau.

III) IMPORTANCE DE CES OBSERVATIONS

1) Problème des Cyanophycées endolithes.

Ce ne peuvent être que les Cyanophycées endolithes qui, par la mise en circulation du carbonate de Calcium qu'elles enlèvent à la roche substrat, permettent la soudure des blocs et des galets rejetés par la mer dans la zone supralittorale. Mais, et surtout, cette attaque du calcaire par les Cyanophycées, seulement possible dans la zone des embruns intenses, permet un recul relativement rapide de la côte et la création des plates-formes. C'est donc à elles que revient le rôle le plus important dans le modelé érosif actuel de la côte sud du Cap Ferrat.

L'importance qu'elles ont ici doit attirer l'attention sur elles partout où une côte calcaire reçoit les embruns qui permettent leur développement. La persistance de l'horizontalité

des plates-formes semble due au rebord de Vermets qui freine encore la faible abrasion marine proprement dite.

2) Problème des Vermets

Vermetus gregarius est associé à V. cristatus (Biondi) dans la formation du rebord des "Plates-formes à Vermets" de Castiglione (Algérie) PERES et PICARD 1952, tandis que Vermetus cristatus couvre seul la surface horizontale de ces plates-formes. Au Cap Ferrat, seul Vermetus gregarius est représenté et se développe sur le rebord frappé directement par la vague comme dans les "Plates-formes à Vermets". Son recouvrement protège le rebord des plates-formes du Cap Ferrat de l'attaque de la mer et surtout de leur destruction par les Mollusques lithophages et les Cliones. Il contribue donc à maintenir les plates-formes subhorizontales.

Mais le rebord qui présente comme je l'ai précisé ci-dessus des lacunes, ne retient que très momentanément l'eau entre deux vagues et ne crée pratiquement pas de cuvettes permanentes par mer calme et basse. Ce caractère différencie les plates-formes du Cap Ferrat des "Plates-formes à Vermets" citées plus haut tant au point de vue physiologique qu'au point de vue peuplement en Algues non calcifiées.

Il est difficile d'expliquer par l'oxygénation, l'homohalinité et la pureté de l'eau, le fort développement de Vermetus gregarius au Cap Ferrat, car ce Vermet forme une corniche de quelques centimètres d'épaisseur de part et d'autre du débouché de l'égout des cuisines des casernes dans le port de la Darse à Villefranche sur Mer.

3) Problème des Tenarea

Sur le Cap Ferrat, les Tenarea atteignent un niveau inhabituel pour elles puisqu'elles descendent dans l'infralittoral. Elles se présentent en coussinets non confluents et ne subissent un début de consolidation que dans les petites fissures de la "microfalaise". Chaque thalle n'a qu'une petite surface de fixation sur le rocher, par suite de la croissance en coussinet qui ressemble en quelque sorte à un "chapeau de Champignon". Le rapport entre la surface libre et la surface de fixation des coussinets augmente sans cesse et il arrive un moment où les poussées hydrodynamiques s'exerçant sur leur large surface surpasse la résistance de la base de fixation : les coussinets les plus volumineux se détachent alors sous le choc des vagues.

Il ne faudrait pas cependant relier leur chute aux

conditions hydrodynamiques particulièrement violentes qui règnent au Cap Ferrat. En effet, ce phénomène biologique est général pour toute la côte des Alpes Maritimes, quelque soit l'orientation de la zone à Tenarea, exception faite du rudiment de trottoir dans une anse de la côte est du Cap Martin (OLLIVIER). Dans les fissures, c'est le brassage intense de l'eau qui, avec l'oxygénation liée à cet effet mécanique, semble favoriser le développement des Tenarea qui forment alors des arches avec la superposition classique des couches vivante, consolidée et amorphe des trottoirs.

Au Cap Ferrat, la présence de quelques coussinets de Tenarea dans la zone des Cystosires, sur les flancs verticaux des indentations du rebord de la plate-forme où l'eau est sans cesse brassée, s'explique d'une part par l'oxygénation qui semble interdire le développement des Cystosires et permettre l'installation de quelques autres représentants de la faune mésolittorale, en particulier Chthamalus stellatus, d'autre part par l'effet mécanique qui comme dans les fissures favorise le développement de Tenarea tortuosa.

L'étagement de Tenarea sur le Cap Ferrat vient ainsi corroborer le fait que la zonation marine n'est pas liée au seul facteur bathymétrique, mais à des ensembles de facteurs climatiques ou édaphiques.

IV) CONCLUSION

Les phénomènes et les peuplements décrits de la côte sud du Cap Ferrat se retrouvent identiques sur la Pointe Mala et sur la côte sud du Cap Martin, c'est à dire sur des côtes calcaires très battues et descendant en pente douce vers la mer. Les côtes en falaise, comme celles à l'est du Cap Ferrat, montrent seulement une rainure horizontale aux environs du niveau moyen des eaux. C'est ici que la vague jaillit en hauteur, et la zone supralittorale correspond alors à la partie émergée supérieure du tombant de la falaise, tandis que le "Crithmo-Staticetum" s'installe sur toute la bande déblayée par les embruns jusqu'au bord supérieur de la falaise : la corrosion de la roche calcaire par les Cyanophycées est alors insignifiante sur une paroi verticale, sauf sur la ligne d'impact de la mer, et il n'y a pas recul de la ligne de rivage, ni par conséquent, formation de plate-forme.

La Pointe Saint-Hospice et le Cap d'Ail présentent des sortes de plates-formes au niveau de la mer, avec les mêmes peuplements qu'au Cap Ferrat, mais sans rebord de Vermets. Mais dans ces deux derniers cas, les plates-formes n'ont pas de signification propre : à la Pointe Saint-Hospice, elles correspondent à des affleurements au niveau de la mer des strates

du calcaire, tandis qu'au Cap d'Ail, où il faut noter sur le mésolittoral la présence d'une ceinture de Rissoella verruculosa Agardh en rapport avec la nature labradoritique des blocs inclus dans un tuf, elles semblent provenir d'un relief général en marche d'escalier des tufs labradoritiques.

Je tiens à remercier Monsieur Bourcart et Monsieur Picard qui m'ont accompagné chacun lors d'une de mes sorties, ainsi que Madame Huvé qui a bien voulu déterminer mes échantillons d'algues non calcaires.

B I B L I O G R A P H I E

- 1938 FELDMANN J. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. Revue algologique t. X Fasc. I-IV
- 1953 GUILCHER A. Essai sur la zonation et la distribution des formes littorales de dissolution du calcaire. Ann. de Géographie n° 331, LXII ème année.
- 1929 OLLIVIER G. Etude de la Flore marine de la côte d'Azur Ann. Inst. Oceanogr. t. VII
- 1953 MOLINIER R. (à paraître) Le problème des Rissoella
- 1952 MOLINIER R. et PICARD J. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. Ann. Inst. Oceanogr. t. XXVII fasc. 3
- 1953 MOLINIER R. et PICARD J. (à l'impression) Notes biologiques à propos d'un voyage d'études effectué sur les côtes de Sicile. Ann. Inst. Oceanogr. t. XXVIII
- 1953 MOLINIER R. et PICARD J. (à l'impression) Bull. St. Aquic. Pêche Castiglione.

- 1927 NADSON Les algues perforantes de la Mer Noire. C. R. Ac. des Sc. Paris t. 184 p. 896-898
- 1929 NADSON Les algues perforantes, leur distribution et leur rôle dans la nature. C. R. Ac. des Sc. de Paris t. 184 p. 1015-1017
- 1952 PERES J. M. et PICARD J. Les corniches calcaires d'origine biologique en Méditerranée occidentale. Recueil Trav. St. Mar. Endoumé fasc. 4

EXPLICATION DES FIGURES

Figure 1 : Coupe générale de la côte sud du Cap Ferrat.

- 1) replat supérieur
- 2) éboulis
- 3) karst émergé déblayé par les embruns
- 4) karst immergé visible sous l'eau
- 5) coralligène à Stylocidaris affinis
- 6) plate-forme d'abrasion actuelle

Figure 2 : Peuplements marins sur la côte sud du Cap Ferrat.

- I : supralittoral
II : mésolittoral supérieur
III : mésolittoral inférieur, zone du Lithophyllum
IV : infralittoral

- 1) peuplement de Cyanophycées endolithes
- 2) peuplement de Chthamales
- 3) Nemalion helminthoides
- 4) coussinets de Tenarea
- 5) cuvette à Cladophora
- 6) Cystosires
- 7) rebord de Vermets et de Cystosires
- 8) peuplement de Padines
- 9) peuplement de Jania
- 10) touffes de Posidonies
- 11) fissure à Halimeda

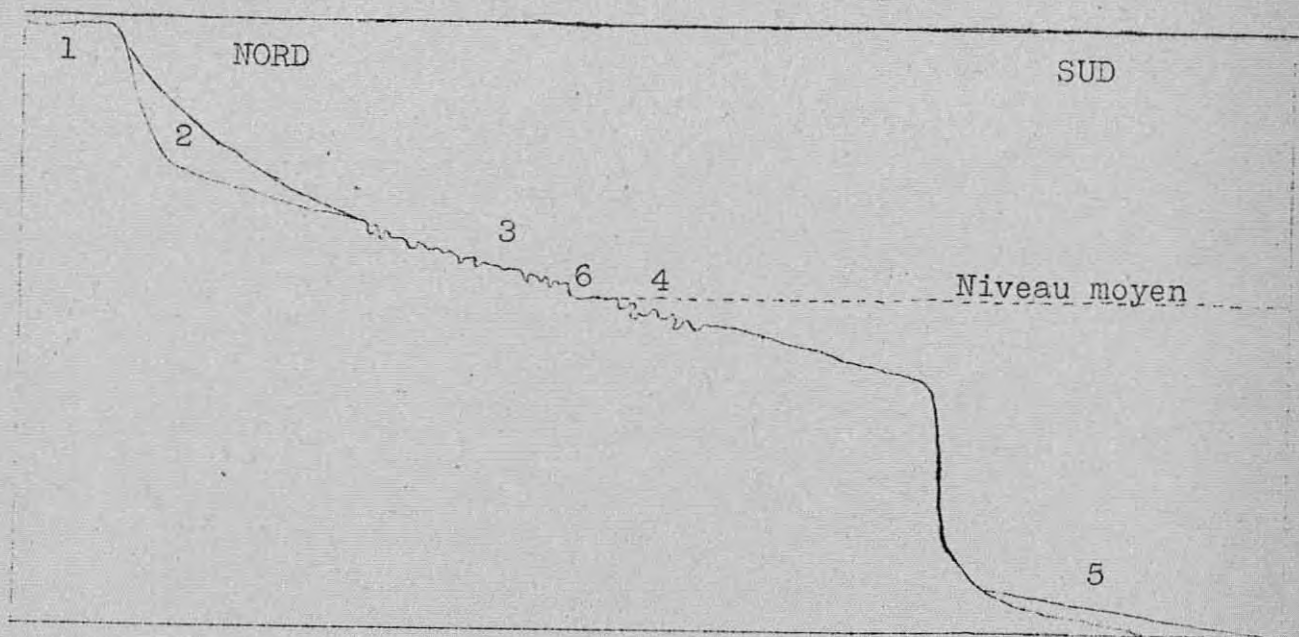


Figure 1 : Coupe générale de la côte sud du Cap Ferrat.

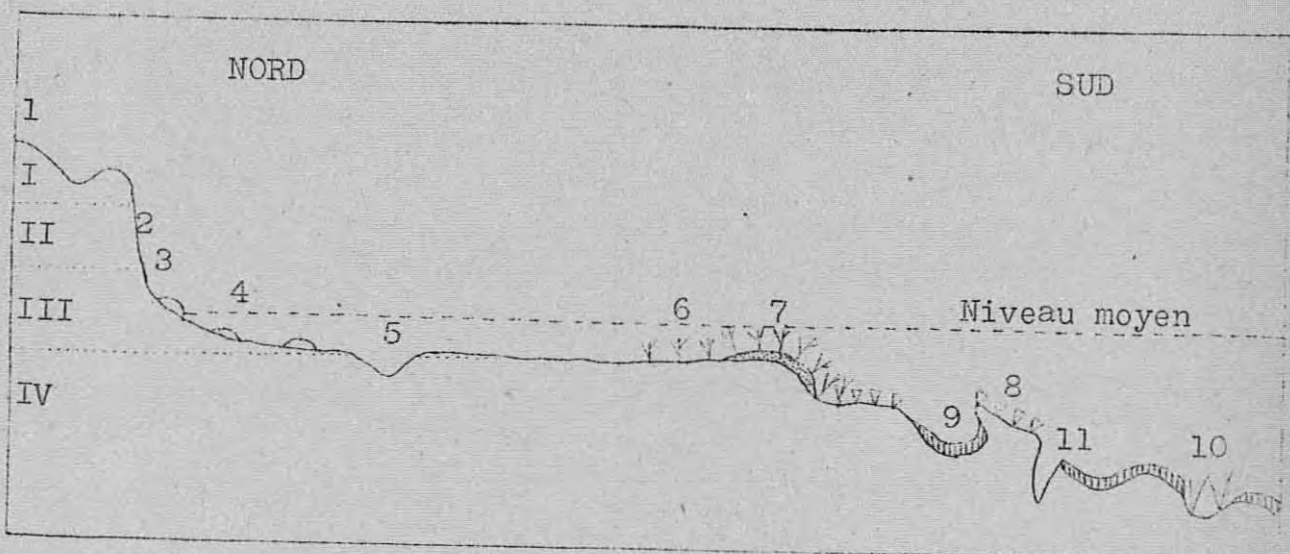


Figure 2 : Peuplements sur la côte sud du Cap Ferrat.