

RÉPARTITION DE *CAULERPA PROLIFERA* (FORSKAL) LAMOUREUX SUR LES CÔTES CONTINENTALES FRANÇAISES DE LA MÉDITERRANÉE

Alexandre MEINESZ

Université de Nice, U.E.R. Domaine Méditerranéen, Laboratoire de Biologie Générale, Parc Valrose, 06034
Nice Cedex, France

SUMMARY

The geographic position, the bathymetric amplitude and the vegetal groups in the stations of *Caulerpa prolifera* on the French Mediterranean Continental Coast are described.

This sub-tropical alga is at the limit of its distribution area and is very localized. Water temperature appears to be the prevailing factor of its distribution.

Many authors mentioned stations of *Caulerpa prolifera* and their descriptions allowed us to compare its present distribution with that existing more than ten years ago. Among the 15 stations mentioned in this study, 13 were described before and we recorded the disappearance or the noticeable regression of 8 of them.

RESUME

La position géographique, l'amplitude bathymétrique et les groupements végétaux des stations de *Caulerpa prolifera* sur les côtes continentales françaises de la Méditerranée sont décrites.

A la limite de son aire de répartition, cette algue, d'origine subtropicale, est très localisée. La température de l'eau semble être le facteur prépondérant de sa distribution géographique. Sa morphologie peu commune et sa valeur écologique ont toujours suscité l'intérêt de nombreux auteurs qui ont, chaque fois, signalé et décrit ses stations avec précision. Ces descriptions nous ont permis de comparer sa répartition actuelle avec celle existant il y a plusieurs dizaines d'années. Sur les quinze stations mentionnées dans cette étude, treize avaient déjà été décrites et nous avons constaté la disparition ou la régression sensible de huit d'entre elles.

1 -- INTRODUCTION

Le genre *Caulerpa* Lamouroux est l'unique représentant de la famille des Caulerpacées (Chlorophycées, Caulerpales). Ce genre est composé d'une soixantaine d'espèces essentiellement réparties dans les régions tropicales et subtropicales. Sur nos côtes, deux espèces très voisines ont été signalées : *Caulerpa prolifera* (Forsk.) Lamour. et *C. ollivieri* Dostal.

Une carte de la répartition de *Caulerpa prolifera* établie par Feldmann (1937) montre que l'algue est commune sur les côtes des Antilles et de la Méditerranée ; elle présente une nette affinité subtropicale.

Dans certaines régions de la Méditerranée, comme en Corse, où les conditions du milieu sont favorables, l'algue se développe dans divers faciès. Son amplitude bathymétrique est importante.

Sur les côtes continentales françaises de la Méditerranée, l'algue se trouve à la limite de son aire de répartition. Elle est localisée dans la zone superficielle de l'étage infralittoral de certaines parties abritées de

la côte. Elle est caractéristique d'un biotope particulier qui se rencontre dans un ensemble de stations analogues.

Restreinte aux côtes continentales françaises de la Méditerranée, notre étude comprend, d'une part une mise au point et une récapitulation des stations déjà connues, d'autre part une description de nouvelles stations. Dans cette étude, les conditions du milieu et les associations végétales sont analysées. En outre, les descriptions plus ou moins anciennes de certaines stations nous ont permis de formuler quelques considérations sur leur évolution.

2 - METHODES D'ETUDE

De nombreuses plongées échelonnées entre 1967 et 1971 ont permis de reconnaître et d'étudier les stations de *Caulerpa prolifera* des côtes continentales françaises de la Méditerranée. Pour la reconnaissance des stations, la surface à explorer étant considérable, nous avons limité nos investigations, d'une part aux localités déjà signalées, d'autre part aux sites où les Caulerpes ont de bonnes probabilités de se développer. Ainsi, presque toutes les stations décrites ont été vérifiées et plusieurs stations nouvelles ont été découvertes.

La position géographique, l'étendue et l'amplitude bathymétrique de chaque station reconnue a été déterminée. Pour donner une bonne description qualitative et quantitative des associations végétales, nous avons effectué des relevés phytosociologiques. Toute la végétation d'une aire minimale, délimitée par un cadre de 0,1 m², est prélevée en plongée et conservée au formol dilué. Pour étudier ces prélèvements, nous avons utilisé la méthode d'analyse phytosociologique appliquée aux phytocoenoses marines benthiques de Boudouresque (1969). Cette méthode comporte l'attribution de deux coefficients à chaque espèce : un coefficient de recouvrement noté de + à 5 et un coefficient de biomasse noté également de + à 5 selon une échelle logarithmique de base 10. Ce dernier coefficient est calculé d'après le poids humide égoutté non décalcifié de l'algue. Cette méthode étant récente et encore peu répandue nous reproduisons ici les notes et leurs correspondances pour les deux coefficients.

Coefficient de recouvrement

- + = recouvrement négligeable
- 1 = recouvrement inférieur à 5 % de la surface
- 2 = recouvrement compris entre 5 et 25 % de la surface
- 3 = recouvrement compris entre 25 et 50 % de la surface
- 4 = recouvrement compris entre 50 et 75 % de la surface
- 5 = recouvrement supérieur à 75 % de la surface.

Coefficient de biomasse

- + = moins de 1 gramme par m²
- 1 = de 1 à 10 grammes par m²
- 2 = de 10 à 100 grammes par m²
- 3 = de 100 à 1 000 grammes par m²
- 4 = de 1 à 10 kg par m²
- 5 = + de 10 kg par m²

Certaines abréviations peuvent accompagner ces coefficients : e = épiphyte ; j = juvénile.

3 - BIOLOGIE DE L'ALGUE

Le thalle de *Caulerpa prolifera* est constitué d'un stolon d'où partent des rhizoïdes et des axes dressés foliacés. Les frondes uniaxiales et le stolon ont une structure siphonnée ; de nombreux piliers membranaires unissent les parois. L'analyse cytologique montre que l'algue est coenocytique et hétéroplastidiée. La reproduction est essentiellement végétative. En effet, chaque partie de l'algue peut redonner par bouturage un thalle entier. La reproduction sexuée s'effectue par holocarpie, elle concerne une faible proportion de la végétation ; nous l'avons observée de Septembre à Novembre. Le cycle complet de l'algue reste inconnu et nous avons entrepris des recherches à ce sujet.

C. prolifera présente sur nos côtes, un développement saisonnier ; au début de l'hiver la plupart des frondes blanchissent puis disparaissent, seuls les stolons persistent, enfouis dans la vase. Les frondes nouvelles poussent au printemps et l'algue prolifère pour atteindre un maximum de développement à la fin de l'été. Ainsi, dans la classification des types biologiques des algues marines (établie par Feldmann, 1937) *C. prolifera* figure parmi les Hémicryptophycées (espèces pérennantes dont certaines parties du thalle se détruisent chaque

année). En fait, ce comportement biologique n'est pas généralisé dans les parties plus orientales de la Méditerranée et n'existe pas dans les régions subtropicales où les frondes de *C. prolifera* se rencontrent toute l'année. Ce caractère saisonnier est une adaptation aux conditions défavorables que l'algue rencontre à la limite de son aire de répartition.

4 – ETUDE DES STATIONS

L'ensemble des stations de *Caulerpa prolifera* des côtes continentales françaises de la Méditerranée qui ont été décrites ou que nous avons observées est mentionné sur la figure 1. Nous avons distingué 15 stations que nous allons étudier une à une. D'Est en Ouest, nous trouvons successivement les stations suivantes :

– *Côtes des Alpes-Maritimes* : 1. Menton ; 2. Monaco ; 3. Beaulieu ; 4. St Jean Cap Ferrat ; 5. Rade de Villefranche (Face Est ; Port de la Darse) ; 6. Nice ; 7. Antibes ; 8. Golfe Juan (Cap d'Antibes à Juan les Pins ; Juan les Pins à Golfe Juan village ; Golfe Juan village ; îles de Lérins : île Sainte Marguerite) ; 9. Cannes.

– *Côtes du Var* : 10. Anthéor ; 11. Porquerolles ; 12. Toulon ; 13. Le Brus.

– *Côtes des Bouches-du-Rhône* : 14. Port Miou (Cassis) ; 15. Marseille.

A une trentaine de kilomètres de la frontière franco-espagnole et au-delà du Cap Creus, se trouve une station de Caulerpes très importante (Rosas) que nous avons étudiée sommairement.

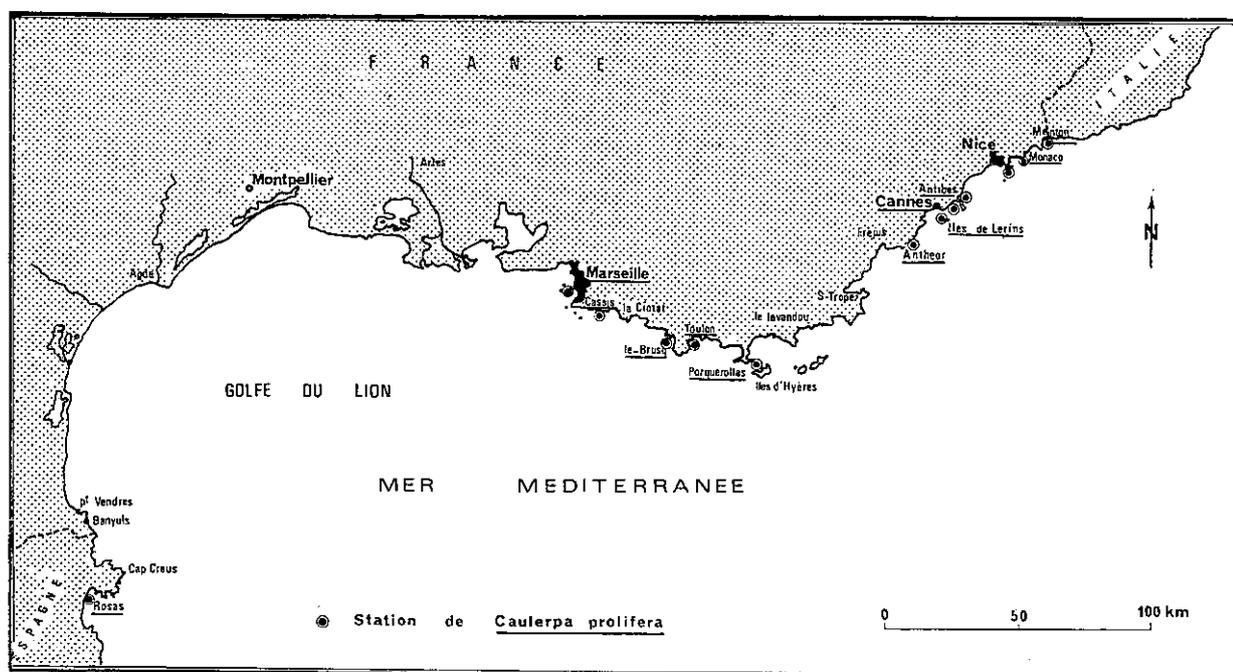


Figure 1 — Carte de la répartition de *Caulerpa prolifera* sur les côtes continentales françaises de la Méditerranée.

4.1. — Menton

La première description de cette station fut donnée par Raphelis (1925). "La plante existe en très grande quantité à la sortie du port, sur un fond de sable. Les frondes, arrachées par les coups de mer fréquents dans la région, sont rejetées dans le port même, mélangées à d'autres, au pied des barques". Depuis, personne ne retrouva l'algue en ce lieu. La côte située à l'est du port de Menton a été considérablement transformée par de nombreux épis artificiels et par le nouveau port de Garavan. Ces constructions ont changé les conditions existantes du milieu, ce qui implique une profonde modification du biotope sur une grande étendue. Au mois de septembre 1971, une plongée dans le port de Menton nous a permis de constater l'absence de Caulerpes dans la prairie de Cymodocées qui recouvre une partie de la vase portuaire.

4.2. – Monaco

Ollivier (1929) donne une carte de la végétation sous-marine de Cap Martin à Monaco. Un "herbier de *Caulerpa*" est mentionné sur cette carte dans tout le port de Monaco. Ollivier considérait que l'espèce était commune dans toute la région et il n'a pas jugé utile de décrire avec précision les stations de Caulerpes. A ce sujet, il note simplement "C'est une plante des ports et de Juan les Pins à Menton, quelques rares abris seulement n'en contiennent pas".

Gilet (1954b) retrouve les Caulerpes dans le port de Monaco "La pelouse dense de Caulerpes est cantonnée tout au fond du port dans la partie Ouest qui n'a pas été draguée".

Les employés du Musée océanographique de Monaco ont pendant longtemps prélevé les Caulerpes dans le port pour décorer les bacs de l'Aquarium. La disparition de l'espèce a été constatée il y a une dizaine d'années. Les dragages fréquents du port ont sans aucun doute contribué à sa disparition.

4.3. – Beaulieu

Ollivier (1929) signale la présence de l'espèce dans les abris de la rade de Beaulieu. Il trouve également l'algue fixée "sur des rhizomes de *Posidonia* rejetés à la côte dans la rade de Beaulieu".

Molinier et Picard (1952) ont récolté l'algue dans "la partie orientale de l'Anse des Fourmis transformée en port au moyen de deux digues". Ils ont observé que les Caulerpes étaient fixées parmi les Cymodocées sur des mattes mortes de Posidonies. Gilet (1954b) confirme sans autre précision cette station.

Nous avons vainement recherché l'algue dans le petit port de l'Anse des Fourmis et dans les nombreux petits abris de la côte Est du Cap Ferrat. Par ailleurs une partie de la rade de Beaulieu a été aménagée en port, ce qui a détruit le biotope existant. L'algue a donc disparu de toutes les stations précédemment citées.

Il est ici intéressant de rappeler que Ollivier (1929) observa à Beaulieu, à Villefranche et à Juan les Pins une forme de *Caulerpa* très petite qu'il apparente à l'espèce *Caulerpa parvifolia* Harvey. Dostal (1929a) étudia avec soin cette forme et en fit une espèce nouvelle qu'il dédia à Ollivier : *Caulerpa ollivieri*. Beaulieu était l'une des trois stations de cette algue endémique des Alpes-Maritimes. Depuis, personne n'a retrouvé cette algue en ce lieu, l'espèce semble donc avoir disparu avant *Caulerpa prolifera*.

4.4. – Saint Jean Cap Ferrat : Anse de Lilong

Située face au Sud entre la presqu'île de St-Hospice et le Cap-Ferrat, l'anse de Lilong ne dépasse pas 10 m de profondeur. Des prairies de *Posidonia oceanica*, de larges surfaces de sable détritique ainsi que des herbiers de *Cymodocea nodosa* couvrent la majeure partie de l'anse. Une plage de galets au Nord et un faciès rocheux à l'Est et à l'Ouest caractérisent la côte.

Nous avons récolté *Caulerpa prolifera* dans cette station, jamais encore décrite, grâce aux indications aimablement communiquées par Monsieur Delarue, marin à la station zoologique de Villefranche. Les Caulerpes sont cantonnées au fond de l'anse face à deux petits débarcadères construits sur la plage de galets. La végétation de *Caulerpa* est réduite à quelques individus épars situés à 70 m du rivage par 2 à 3 m de profondeur. Les stolons sont fixés sur un fond sableux qui cache de vieux rhizomes de Posidonies. Quelques Cymodocées avoisinent l'algue. Un relevé phytosociologique effectué le 16 octobre 1971 apporte plus de précisions sur la végétation qui accompagne *Caulerpa prolifera* et dont la couverture ne dépasse pas 60 % (tableau 1).

4.5. – Rade de Villefranche

La rade de Villefranche présente une physionomie particulière : bien que largement ouverte vers le Sud, le Cap de Nice et la presqu'île du Cap Ferrat protègent la majeure partie de la rade des coups de vent et des courants côtiers. En outre, la partie septentrionale de la rade est peu profonde. L'existence de ce biotope particulier a suscité de nombreuses recherches biologiques effectuées en grande partie à la station zoologique de Villefranche sur Mer.

Tableau 1
 Relevé phytosociologique effectué à Saint Jean Cap Ferrat : Anse de Lilong (Alpes Maritimes).
 (Relevé n° 1)

<i>Caulerpa prolifera</i>	2.2
<i>Cymodocea nodosa</i>	2.3
<i>Halicystis parvula</i>	+.+
<i>Valonia utricularis</i>	+.+
<i>Bryopsis balbisia</i>	+.+
<i>Cladophora prolifera</i>	+.+
<i>Cladophora</i> sp.	+.+
<i>Udotea petiolata</i>	2.3
<i>Halopteris scoparia</i>	+.+
<i>Dictyota linearis</i>	+.+
<i>Dictyota dichotoma</i>	+.+
<i>Dictyopteris membranacea</i>	+1
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	+.+
<i>Jania corniculata</i>	1.1
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	+1
<i>Plocamium coccineum</i>	+.+
<i>Ceramium</i> sp.	+.+
<i>Antithamnion cruciatum</i>	+.+
<i>Spyridia filamentosa</i>	+.+
<i>Dasyopsis plana</i>	+.+
<i>Herposiphonia secunda</i>	+.+
<i>Laurencia obtusa</i>	1.2
<i>Symploca hydnoïdes</i>	+.+

Caulerpa prolifera a été observée dans le port de la Darse et au fond de la rade sur la côte Est.

Carnous (1912) auteur d'une liste des algues marines de Nice note : "rade de Villefranche dans les bas-fonds sableux très peu profonds".

— Côte septentrionale de la rade

L'algue a été trouvée de l'extrémité Est de la plage de Villefranche à l'anse de Passable. Ollivier (1929) et Dostal (1929b) la considèrent comme fréquente dans cette zone. Ils citent Villa Roca Marina, baie de l'Espalmador et port de Passable. Gilet (1954b) trouve l'algue dans la baie de Grasseuil (Grassuet sur certaines cartes) "entre les rhizomes le sable grossier à peine vaseux porte quelques taches de *Caulerpa prolifera*".

Nous avons trouvé quelques rares *Caulerpes* dans la baie de l'Espalmador 100 m au Nord de la Pointe Passable par 5 à 6 m de fond (octobre 1967). Quelques épaves de frondes furent récoltées sur la plage de Passable après un coup de mer (novembre 1967). Depuis, de nombreuses plongées ayant pour but la recherche de l'algue dans cette zone, sont restées sans résultat (étés 1970 et 1971).

Caulerpa ollivieri récoltée par Ollivier (1929) et Dostal (1929a) dans la rade (Pointe Grassuet à Pointe Passable, Villa Roca Marina) a disparu de ces localités. Une autre espèce d'affinité tropicale qui a été décrite dans cette partie de la rade est en régression sensible ; il s'agit du *Penicillus capitatus* forma *mediterranea*, Chlorophycée de la famille des Udoteacées (*Caulerpales*).

— Le port de la Darse

Dostal séjourna longtemps à la station zoologique de Villefranche située à la Darse et il fit de nombreuses recherches sur *Caulerpa prolifera* qu'il récoltait dans le port. Il fut le premier à décrire la reproduction du *Caulerpa prolifera* et de 1926 à 1945 il publia une dizaine de notes au sujet de cette algue.

Ollivier (1929) qui était en relation avec Dostal signale aussi l'espèce dans le port de la Darse.

Gilet (1954b) mentionne la présence d'une pelouse très dense de *Caulerpa* dans le centre de la Darse.

Enfin, Gessner et Hammer (1960) étudièrent, au cours d'un stage à la station zoologique, la production primaire de la pelouse mixte *Caulerpa prolifera-Cymodocea nodosa* du port de la Darse. Ils ont

conclu que cette végétation avait une densité et une production primaire très élevées, comparables à celles de certaines prairies terrestres.

Nous avons vainement recherché l'algue dans le port de la Darse et selon les marins de la station zoologique l'algue a disparu brusquement du port depuis dix années environ sans qu'on ait pu expliquer cette disparition. De ce fait, *Caulerpa prolifera* peut être considérée comme absente dans l'ensemble de la rade de Villefranche.

4.6. — Nice

Caulerpa a été signalée dans le port de Nice, pour la première fois par Ollivier (1929). Cependant Sarato a probablement récolté l'algue au Lazaret entre 1872 et 1873 comme nous le rapporte Raphelis (1924b) après l'étude de l'herbier Sarato conservé au Musée de Nice.

Ollivier (1929) note "Nous assistons actuellement à des transformations de stations : le bassin de la Tour Rouge à Nice m'en paraît un exemple. L'édification des digues, l'arrivée d'un égout ont complètement modifié cette localité et le *Caulerpa prolifera* règne déjà en maître sur beaucoup de points". Gilet (1954b) signale sans précision que l'espèce est présente dans le port de Nice.

Depuis, le bassin de la Tour Rouge a été modifié par l'extension des digues et nous n'avons pas retrouvé l'algue dans cette station.

Nous avons donc constaté que les *Caulerpes* ont disparu de toutes les stations signalées situées de Menton à Nice. L'Anse de Lilong (Cap Ferrat) est la seule station de cette région où l'on peut encore la trouver (figure 2).

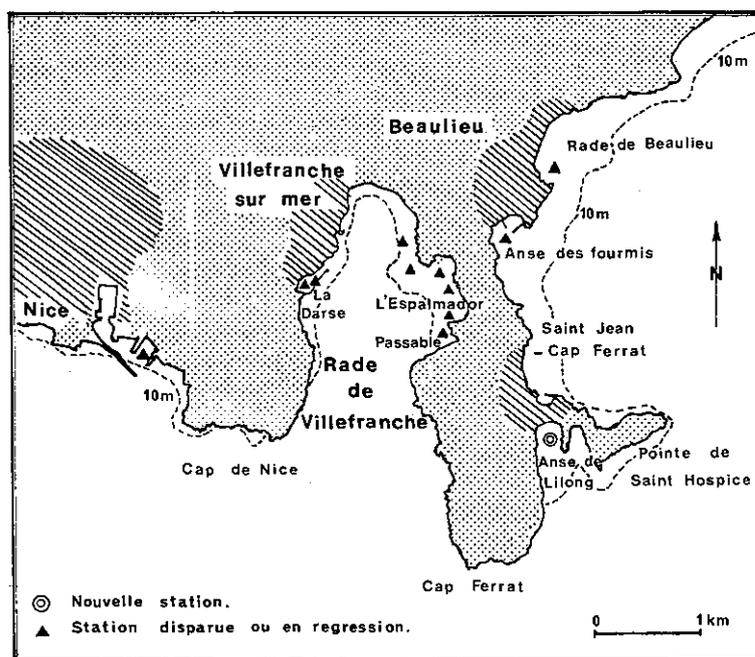


Figure 2 — Carte des stations de *Caulerpa prolifera* de Beaulieu-sur-Mer à Nice (Alpes-Maritimes).

4.7. — Antibes

Ollivier (1929) et Gilet (1954b) mentionnent successivement, sans autre précision, l'existence de l'algue d'une part dans le port d'Antibes et son avant-port, d'autre part, dans les petits ports de la face Est du Cap d'Antibes. De nombreux dragages, la prolongation de la digue et de nombreux travaux d'aménagements ont rénové le port d'Antibes et nos investigations pour retrouver l'algue en ce lieu sont restées vaines jusqu'à présent.

Gilet (1954b) a établi la carte des stations de *Caulerpa prolifera* qu'il a reconnues sur les côtes des Alpes-Maritimes. Parmi celles-ci figure une station à l'Est du Cap d'Antibes avec pour indication dans la légende "Port privé côte Est du Cap d'Antibes". Le petit port de la Salis correspond bien à ces renseignements. Nous n'avons pas retrouvé les *Caulerpes* dans ce petit port dont le fond est recouvert de Cymodocées.

4.8. — Le Golfe Juan

La côte du Golfe Juan représente à notre connaissance la plus importante station de *Caulerpa prolifera* des côtes continentales françaises de la Méditerranée. L'algue a été décrite en plusieurs endroits et nous l'avons observée sur de grandes superficies.

Protégé à l'Ouest par la pointe de la Croisette et à l'Est par le Cap d'Antibes, le Golfe Juan est relativement fermé par les îles de Lérins et par les hauts fonds qui affleurent la surface. De plus, les profondeurs du golfe sont faibles. Cette géographie et cette bathymétrie déterminent des courants et des températures des eaux qui ont été étudiées par Romanovsky (1955). Il ressort de cette étude que la baie est peu exposée aux grands courants côtiers, seuls certains régimes de vents (Mistral) provoquent des remontées d'eaux froides.

— De l'extrémité Est du Cap d'Antibes à Juan-les-Pins

La côte rocheuse présente une succession de criques et de petits ports. La flore algologique de cette zone a été étudiée par Bornet et Flahault (1883). Cependant, *Caulerpa prolifera* ne figure pas dans leur liste des algues marines récoltées à Antibes.

Ollivier fut le premier à signaler les Caulerpes dans la baie du Croton (1928 et 1929). Il récolta une petite forme de Caulerpe que Dostal nomma *Caulerpa ollivieri*. Ce dernier auteur confirme la présence des deux espèces au Croton (1929).

Gilet (1954a) publia une note sur quelques peuplements de la baie du Croton dans laquelle les deux espèces de Caulerpes sont mentionnées et figurent sur une coupe topographique et bionomique de la baie du Croton. L'auteur souligne la particularité de cette baie par l'association de *Caulerpa ollivieri*, *Penicillus capitatus* forma *mediterranea* et *Zostera nana*.

Huvé et Huvé (1963) retrouvent cette association en étudiant le *Penicillus capitatus*.

La construction récente du port Gallice contre l'ancien petit port au Croton (Crouton sur certaines cartes) laisse présager une modification plus ou moins rapide de ce biotope exceptionnel. Cependant, six années après la construction du port, les deux espèces de Caulerpes persistent, toutefois nous avons trouvé très rarement la forme adulte du *Penicillus capitatus* forma *mediterranea* qui est encore présente sur de larges superficies sous sa forme juvénile (*Espera mediterranea*).

Les deux stations de *Caulerpa ollivieri* situées à Beaulieu et dans la rade de Villefranche ayant disparu, le Croton est l'unique localité où cette algue est encore présente. *C. ollivieri* est cantonnée au Sud Est de l'ancien port du Croton, dans une surface parallèle au rivage d'une longueur de 300 m sur 100 m de large ; l'algue se développe sur des fonds vaseux par un à 3 m de profondeur, les premiers individus se rencontrent à 30 m du rivage. *Caulerpa prolifera* se trouve parfois mélangée à *C. ollivieri* ; cependant elle recouvre aussi par endroits les galets et la vase situés en avant vers le rivage.

Trois relevés (relevés n° 2, 3 et 4) effectués le 14 août 1971 décrivent l'association de *Caulerpa ollivieri* et *C. prolifera* avec les Phanérogames marines *Zostera noltii* et *Cymodocea nodosa*. Certaines algues comme le *Dasycladus vermicularis* trouvent un substrat favorable sur les galets plus ou moins envasés (tableau 2).

— Devant la ville de Juan-les-Pins et à l'Ouest de cette localité

Cette zone est caractérisée par une plage de sable ponctuée de quelques rares épis rocheux artificiels. Nous avons découvert, face à ces plages, une végétation très importante de *Caulerpa prolifera* qui occupe une grande superficie que l'on peut situer dans une bande de deux kilomètres entre 40 et 350 m du rivage par 3 à 8 m de fond. La végétation de Caulerpes y est parfois interrompue par des matras de *Posidonia oceanica* ou de larges plaques de sable vaseux. La densité des Caulerpes est variable selon les endroits et nous avons souvent observé des pelouses mixtes de *Caulerpa prolifera* — *Zostera noltii* ou *Caulerpa prolifera* était aussi abondante que les phanérogames.

Nous avons distingué plusieurs types d'association avec *Caulerpa prolifera*. Tout d'abord l'association de *Caulerpa prolifera* avec *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii* où le pourcentage de ces trois végétaux est variable. Ce type d'association très caractéristique qui prédomine dans cette localité est fréquent dans les parties plus orientales de la Méditerranée. C'est avec *Zostera noltii* que nous avons observé la plus grande densité de Caulerpes.

Tableau 2

Relevés phytosociologiques effectués dans le Golfe Juan : Le Croton (Alpes Maritimes).

Relevé n° 2 : 70 m du rivage, profondeur 1 m, pente nulle, substrat sablo-vaseux avec de nombreux galets, couverture ≠ 100 %.

Relevé n° 3 : 70 m du rivage, profondeur 1,50 m, pente nulle, substrat sablo-vaseux, couverture 100 %.

Relevé n° 4 : 80 m du rivage, profondeur 2 m, pente nulle, substrat sablo-vaseux, couverture 100 %.

	Numéro des Relevés		
	2	3	4
<i>Caulerpa prolifera</i>	2.3	..	1.1
<i>Caulerpa ollivieri</i> .....	..	2.3	2.3
<i>Cymodocea nodosa</i>	3.3	3.3	3.3
<i>Zostera noltii</i> .....	..	3.3	4.3
<i>Penicillus capitatus</i> forma <i>mediterranea</i> .....	++.	..	..
<i>Cladophora prolifera</i> .....	++.	..	..
<i>Cladophora</i> sp.	+.j.	..	..
<i>Dictyota linearis</i>	++.	1.1	+.+
<i>Jania rubens</i> .....	++.	..	..
Melobésiées indéterminées	+.e	+.e	+.e
<i>Spyridia filamentosa</i>	+.j.	..	..
<i>Ceramium diaphanum</i> var. <i>zostericola</i> .....	..	+.+	..
<i>Laurencia obtusa</i>	1.2	+.e	+.e
<i>Symploca hydroides</i>	1.2	..	..
Cyanophycées indéterminées	+.e	+.e	+.e
Sur les galets uniquement			
<i>Dasycladus vermicularis</i>	2.3.	+.+	..
<i>Lithothamnium lenormandii</i>	1.1	..	..
<i>Ralfsia verrucosa</i> .....	++.	..	..

Un autre type d'association a été observé lorsque *Caulerpa prolifera* pousse sur une matte morte de Posidonies non encore envahie par les Cymodocées et les Zostères. Avec les Caulerpes de nombreuses petites algues photophiles se fixent sur les vieux rhizomes de Posidonies à demi enfouis dans le sable vaseux.

Nous avons concrétisé ces types d'associations par quatre relevés effectués le 14 août 1971 face au Boulevard du bord de mer de Juan-les-Pins (Bd Charles Guillaumond), (Relevés n° 5, 6, 7 et 8).

Trois de ces relevés ont été réalisés dans les pelouses de Cymodocées et de Zostères et le quatrième en bordure d'une matte de Posidonies (tableau 3).

— Golfe Juan Village

Dans le petit port du village de Golfe Juan existe une végétation fournie de *Caulerpa prolifera*. Seul Raphelis (1907 et 1929) a mentionné sommairement la présence de l'Algue à l'entrée du petit port.

Du printemps à la fin du mois d'août, le port est envahi par des Ulves qui recouvrent des plaques très denses de Caulerpes, qui, elles-mêmes, cachent une grande quantité d'une autre algue : la chlorophycée *Cladophora prolifera*, dont les rhizoïdes se fixent sur les stolons des Caulerpes à demi enfouis dans la vase noire du port. Un relevé précise encore mieux ce groupement particulier jamais encore signalé sur les côtes françaises de la Méditerranée de *Caulerpa prolifera-Cladophora prolifera*. Ce relevé a été effectué le 14 août 1971 par 1,50 m de fond au milieu du port à 20 m du rivage, la couverture des algues était égale à 100 %.

Relevé n° 9 :

<i>Caulerpa prolifera</i>	5	3
<i>Ulva</i> sp.	2	2
<i>Cladophora prolifera</i>	4	3
<i>Corallina mediterranea</i> ...	+	+.j.

La végétation de Caulerpes est étendue à l'ouest du port face à la plage de sable de Golfe Juan. Dans cette zone nous avons trouvé les mêmes associations que celles décrites face à la ville de Juan les Pins.

Tableau 3

Relevés phytosociologiques effectués dans le Golfe Juan : Juan les Pins (Alpes Maritimes)

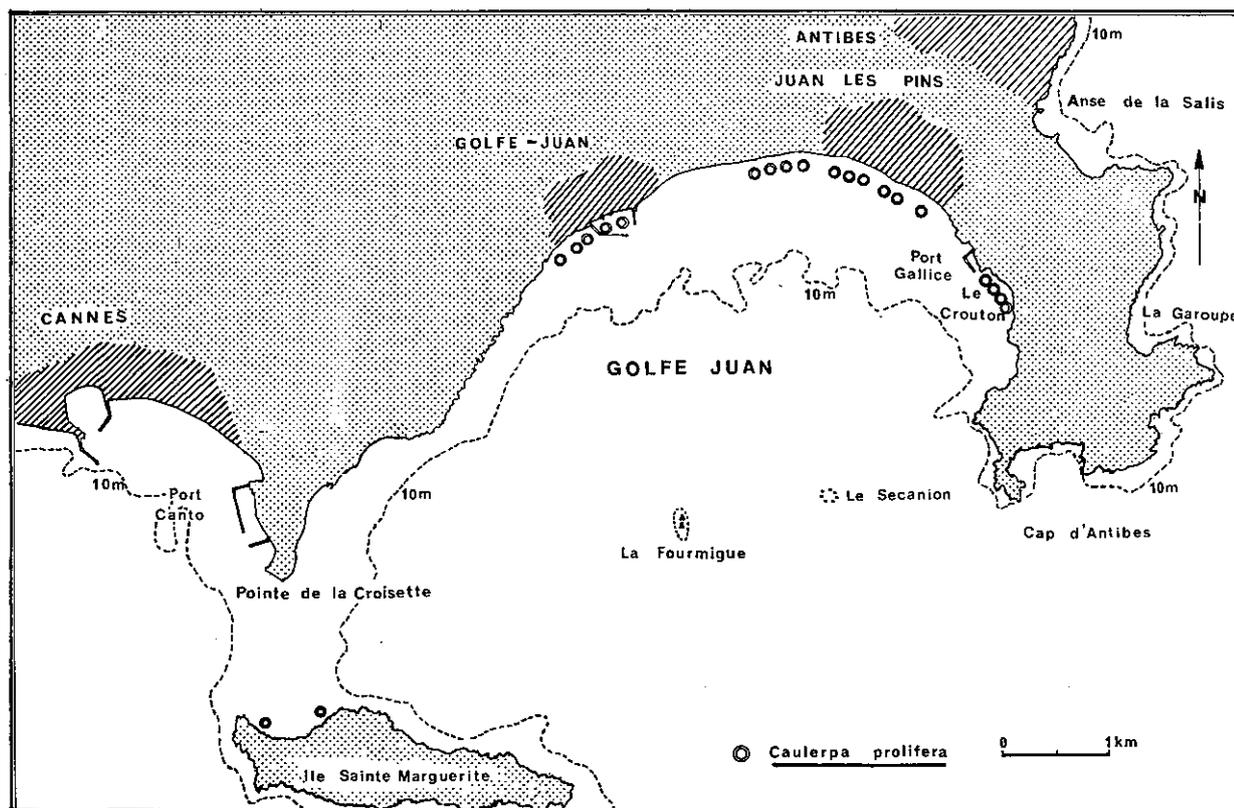
Relevé n° 5 : 200 m du rivage, profondeur 4 m, pente nulle, substrat sablo-vaseux, couverture 100 %.

Relevé n° 6 : 300 m du rivage, profondeur 6 m, pente nulle, substrat sablo-vaseux, couverture 100 %.

Relevé n° 7 : 350 m du rivage, profondeur 6,50 m, pente nulle, substrat sablo-vaseux, couverture 100 %.

Relevé n° 8 : 150 m du rivage, profondeur 4 m, pente 20°, substrat sablo-vaseux avec de nombreux rhizomes morts de Posidonies, couverture 100 %.

	Numéro des Relevés	5	6	7	8
<i>Caulerpa prolifera</i>		2.3	4.3	3.3	3.3
<i>Cymodocea nodosa</i>		1.2	2.3	4.3	..
<i>Zostera noltii</i>		4.3	3.3	..	..
<i>Cladophora</i> sp.	+ .j	..	..
<i>Udotea petiolata</i>	+ .j	2.2
<i>Dictyota linearis</i>	1.1
<i>Padina pavonia</i>	2.3	..	2.2
Melobésiées indéterminées		+ .1e	+ .1e	+ .1e	+ .1e
<i>Jania corniculata</i>	+ .1	1.2
<i>Plocamium coccineum</i>	+ .+e
<i>Lomentaria</i> sp.	+ .+ej
<i>Chylocladia</i> sp.	+ .+ej
<i>Ceramium</i> sp.	+ .+ej
<i>Acrosorium uncinatum</i>	+ .+j	+ .+e
<i>Herposiphonia secunda</i>	+ .+e
<i>Laurencia obtusa</i>		+ .+j	..	..	+ .+ej
Cyanophycées indéterminées		+ .+e	+ .+e	..	..

Figure 3 — Carte des stations actuelles de *Caulerpa prolifera* dans le Golfe Juan (Alpes Maritimes).

— Iles de Lérins (Ile Sainte Marguerite)

La côte septentrionale de l'île Sainte Marguerite présente un "récif barrière" de Posidonies qui délimite une formation lagunaire. C'est dans cette lagune que Molinier et Picard découvrirent l'algue en 1953. Ils notent à ce sujet : "C'est le seul point des côtes méditerranéennes françaises où l'on puisse dire que les Caulerpes soient réellement prospères". Gilet (1954b) cite cette station en précisant qu'elle se situe près de l'appontement des vedettes.

Au mois d'août 1971 nous avons plongé dans la lagune et constaté que la végétation de *Caulerpa prolifera* était réduite à quelques rares individus parmi les Cymodocées 50 m à l'est et 150 m à l'ouest de l'appontement des vedettes par 1 à 2 m de fond.

La végétation ne correspond plus du tout aux descriptions de Molinier et Picard ; *Caulerpa prolifera* est en voie de disparition dans cette localité.

Toutes les stations de Golfe Juan que nous venons d'étudier sont indiquées sur la figure 3.

4.9. — Cannes

Raphelis étudia la flore algologique des environs de Cannes de 1907 à 1930. Il fit de nombreuses observations sur *Caulerpa prolifera* publiées dans la liste des algues récoltées dans les environs de Cannes (1907) et dans les "Additions à la flore des Algues de Cannes" (1924a). Il publia également une note concernant uniquement la végétation de cette algue (1925). A Cannes, l'auteur mentionne une station couvrant plus de mille mètres carrés localisée à l'ouest de la pointe de la Croisette et des rochers dits de la Réserve et de Pierre Longue. Après une dizaine d'années d'observations, il constate que la végétation s'est déplacée vers l'Ouest, envahit le port de Cannes et recouvre les blocs de la jetée du Casino.

Depuis, aucune autre indication a été apportée sur cette station et sur les lieux où Raphelis décrit la végétation de Caulerpes, à l'Ouest de la pointe de la Croisette, a été édifié le Port Canto.

4.10. — Anthéor

Les côtes varoises de l'Estérel ont été très peu étudiées au point de vue algologique. Il est fort probable que *Caulerpa prolifera* soit présente dans les nombreux petits ports, criques et baies qui se succèdent sur cette côte. Il en est ainsi pour Anthéor où nous avons découvert l'algue lors d'une plongée en septembre 1968. La station se situe dans la passe entre l'île des vieilles d'Agay et la côte, non loin du village d'Anthéor. La végétation de *C. prolifera* était alors réduite à quelques individus fixés sur un rocher exposé au courant par 1,50 m de fond. En août 1971 une autre plongée nous a permis de constater que l'algue avait disparu du rocher mais était retrouvée non loin de là dans une large faille sur fond rocheux par 4 à 5 m.

L'implantation de *Caulerpa prolifera* en ce lieu, qui n'est pas protégé des courants et des houles, est étonnante. Elle implique certainement des conditions du milieu, température de l'eau en particulier, exceptionnelles qui seules peuvent expliquer la persistance de l'algue dans cette station. La présence de *Dasycladus vermicularis*, chlorophycée d'affinité subtropicale comme *Caulerpa prolifera* appuie notre hypothèse. Cependant cette algue est moins exigeante que les Caulerpes et on la trouve assez souvent de Menton à Marseille.

Un relevé effectué le 23 août 1971 montre que les Caulerpes poussent avec de nombreuses algues photophiles communes de l'étage infralittoral (tableau 4).

4.11. — Porquerolles

Molinier décrit ainsi cette station (1954a) "A faible profondeur (— 1 m — 2 m) à la base de la jetée principale du petit port et sur un sable vaseux noirâtre avec forte teneur en matières organiques". Les Caulerpes de cette station présentaient en juin 1954 une anomalie singulière : la dichotomie du thalle (Molinier 1954b).

Caulerpa prolifera n'a jamais été signalée sur la côte de l'île de Port Cros voisine de Porquerolles et systématiquement explorée par Augier et Boudouresque (1967 et 1970a et b).

Tableau 4

Relevé phytosociologique effectué à Anthéor (Var). (Relevé n° 10)

<i>Caulerpa prolifera</i>	2.1
<i>Dasycladus vermicularis</i>	2.1
<i>Halopteris scoparia</i>	1.1
<i>Dictyota dichotoma</i>	+.
<i>Dictyota linearis</i>	2.1
<i>Dictyopteris membranacea</i>	2.2
<i>Padina pavonia</i>	+.
<i>Sargassum vulgare</i>	1.2
<i>Cystoseira</i> sp.	1.1j
<i>Amphiroa rigida</i>	1.1
<i>Jania corniculata</i>	2.2
<i>Corallina mediterranea</i>	+.
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	+.
Melobesiées indéterminées	+.
<i>Heterosiphonia wurdemanii</i>	+.
<i>Botryocladia botryoides</i>	+.
<i>Halopitys incurvus</i>	1.2
<i>Ceramium</i> sp.	+.
<i>Acrosorium</i> sp.	+.
<i>Symploca hydroides</i>	+.

4.12. — Toulon

La rade de Toulon bien protégée des perturbations sensibles sur la côte extérieure, présente de bonnes conditions pour le développement de *Caulerpa prolifera*. L'algue a été trouvée dans la rade mais nous ne possédons que peu de précisions sur cette station. Ardissonne (1823) note : "Golfo di Tolone (Signora Favarger)". Guinochet (1928) trouve les Caulerpes abondantes dans le bassin du Lazaret et dans le petit golfe de Saint-Mandrier : l'algue était associée aux mattes de *Posidonia oceanica*. Hamel (1928) cite au sujet de la distribution géographique de l'algue : "Toulon (Lenormand)". Enfin, Molinier et Picard (1953) mentionnent que les Caulerpes ont été trouvées dans la baie de Toulon par Tchang-Si. Cependant, Mouret (1911) auteur d'une liste des algues marines du Var n'a jamais trouvé l'algue dans ce département.

4.13. — Le Brusuc

Cette station a été décrite récemment par Aillaud et Pellegrini (1970) ; ces auteurs citent dans une note infrapaginale "l'espèce est présente au Brusuc sous forme de touffes rares et isolées, les Caulerpes ne parvenant en aucun point à constituer de véritables pelouses".

La lagune du Brusuc présente aussi des conditions très particulières. Protégée de l'extérieur par un "récif barrière" de la Phanérogame marine *Posidonia oceanica*, sa profondeur varie entre 0 et 1,50 m. Pour ces raisons la température de l'eau suit de très près les variations de celle de l'air : très chaude en été l'eau se refroidit rapidement en hiver. La température descend en dessous de 10° C dans certains secteurs ce qui est très nuisible à *Caulerpa prolifera*.

Au mois de septembre 1971 nous avons en vain cherché l'algue dans la lagune.

4.14. — Port Miou

Cette station située à l'Ouest de Cassis fut signalée la première fois par Molinier et Picard (1953). Gaillande (1969) figure *Caulerpa prolifera* sur sa carte de la végétation sous-marine de la calanque.

La calanque de Port Miou, très étroite et sinueuse, ne subit pas l'influence des houles et courants marins sensibles sur la côte. Une couche froide d'eau douce superficielle provenant de nombreuses

résurgences est la deuxième caractéristique de cette calanque très particulière. Ces deux facteurs sont à l'origine d'un microclimat favorable à *C. prolifera*. L'étude thermométrique de la calanque entreprise par Gilet (1956) montre que la température de l'eau est très variable selon la saison et la profondeur; cependant, entre 3 et 5 m de fond dans la zone occupée par *C. prolifera* la température ne descend pas en dessous de 14° C au mois de janvier.

Nous avons reconnu cette station le 3 septembre 1971, *C. prolifera* a été retrouvée grâce aux indications mentionnées sur la carte établie par Gaillande. Sur la côte Est de la calanque, devant le local du Club Nautique de Port Miou, sont amarrés de nombreux bateaux accessibles au moyen de pontons en bois. En ce lieu à 18 m du rivage par 3 à 5 m de fond les Caulerpes forment des plaques denses (couverture avoisinant 100 %) de superficie réduite (dépassant rarement 1 m²). Ce substrat composé de vase noire est jonché de débris divers : bouteilles, cordages, ferraille, etc. Un relevé effectué sur une de ces plaques le 3 septembre 1971 par 3 m de fond permet de constater que *C. prolifera* est accompagné de quelques algues de faible abondance. Ces algues sont soit épiphytes sur les frondes de Caulerpes, soit fixées sur les débris jonchant le sédiment.

Relevé n° 11

<i>Caulerpa prolifera</i>	5	3	<i>Dictyota dichotoma</i>	+	1
<i>Cladophora</i> sp.	+	1 j.	<i>Ceramium diaphanum</i> var. <i>zostericola</i>	+	+ e.j.
<i>Udotea petiolata</i>	+	1 j.	<i>Polysiphonia</i> sp.	+	+ e.j.

4.15. — Marseille

D'après Decrock (1914) "l'espèce est très rare et n'a été signalée que dans la calanque du Ratonneau et autour des Auffes". Hamel (1930), au sujet de la distribution géographique de cette algue, mentionne "Marseille d'après Giraudy". Ce sont les seules indications que nous possédions sur ces stations voisines de Marseille et qui n'ont depuis jamais été confirmées.

4.16. — Espagne : Rosas

Caulerpa prolifera n'a jamais été rencontrée entre l'embouchure du Rhône et la frontière franco-espagnole. Sa présence en Espagne dans le golfe de Rosas, situé à quelques dizaines de kilomètres de la frontière, est donc intéressante à signaler. Selon Feldmann l'absence de cette algue sur la côte des Albères voisine de l'Espagne est sans doute imputable à la température relativement basse des eaux en hiver. Une expérience effectuée par Feldmann (inédit) à laquelle nous avons assisté le 24 août 1967 tend à confirmer cette hypothèse.

Plusieurs bacs de *C. prolifera* furent prélevés à Rosas par dragage et l'algue fut transplantée à Banyuls sur-Mer non loin de l'île Grosse dans le vivier du Laboratoire Arago où l'eau est peu profonde. Les Caulerpes ne résistèrent pas à l'hiver 1967-1968. La température de l'eau qui descend au dessous de 11° C (moyenne du mois de février) doit être vraisemblablement la cause de cette disparition.

Le golfe de Rosas présente la particularité d'être protégé par le Cap Creus des courants froids qui longent la côte du golfe du Lion, et de la tramontane. La population de *C. prolifera* du golfe de Rosas couvre une grande superficie dont les limites n'ont pas été déterminées. Les dragages du 24 août 1967 ont été effectués à quelques centaines de mètres au Sud-Ouest du port de Rosas par des fonds compris entre 11 et 18 m. En outre, des plongées nous ont permis d'observer l'algue à 200 m de la plage de Rosas à partir de 4 m de profondeur (août 1967 et juillet 1970).

Concentrées à l'Est de notre côte les stations de *C. prolifera* sont limitées à quelques sites où les conditions favorables du milieu permettent son développement. Si l'algue est relativement fréquente sur les côtes des Alpes-Maritimes (9 stations), elle est moins commune sur les côtes du Var (4 stations) et rare sur les côtes des Bouches du Rhône (2 stations). Enfin les Caulerpes sont absentes à l'Ouest de l'embouchure du Rhône.

L'aire de répartition de *C. prolifera* se superpose avec celle d'autres espèces d'affinité tropicale ou subtropicale, exemple *Dasycladus vermicularis* (Chlorophycée, Dasycladale, Dasycladacée); on rencontre souvent cette algue sur des galets ou rochers à proximité des stations de Caulerpes et de Marseille à Menton elle nous semble relativement commune.

D'autres algues tropicales sont plus exigeantes que les Caulerpes, il en est ainsi pour le *Penicillus capitatus* forma *mediterranea* (Chlorophycée, Caulerpale, Udotéacée). Cette algue pousse dans le biotope de *Caulerpa* cependant sur nos côtes deux stations seulement présentent des conditions satisfaisantes pour son développement (Rade de Villefranche : l'Espalmador ; Golfe Juan : Le Croton). Enfin quelques espèces pantropicales sont communes sur toute notre côte, par exemple deux espèces appartenant à l'ordre des Caulerpales : *Halimeda tuna* et *Udotea petiolata* (Chlorophycées, Udotéacées).

5 - ETUDE DU BIOTOPE DE *CAULERPA PROLIFERA*

De nombreux facteurs physiques, chimiques et biologiques déterminent la répartition géographique, l'amplitude bathymétrique et le mode de vie d'une algue.

Dans certaines régions une algue peut être très sensible à un seul facteur qui limite son extension. Il en est ainsi sur nos côtes où la température est un facteur limitant pour *Caulerpa prolifera*.

Au voisinage de nos côtes la température des eaux méditerranéennes est variable selon la profondeur, les saisons et les régions. Au delà de 50 m les variations saisonnières et régionales sont faibles, la température moyenne est de 13° C. Entre 0 et 50 m les eaux s'échauffent et se refroidissent sous l'influence des températures extérieures et des courants. De nombreuses études ont montré que les températures minimales et maximales des eaux superficielles sont plus élevées dans la partie Est des côtes méditerranéennes françaises. La distribution géographique de *C. prolifera* est en rapport avec cette différence de température ; l'algue étant d'affinité subtropicale toutes les stations sont concentrées à l'Est de ces côtes où les températures sont plus chaudes.

Certaines variations de températures peuvent être localisées, ainsi les eaux d'une baie bien protégée des courants se refroidissent moins vite et se réchauffent plus vite que les eaux de la côte extérieure. Ce microclimat est favorable à *C. prolifera* et à une exception près (Anthéor) toutes les stations sont protégées des grands courants.

La température des eaux limite également l'amplitude bathymétrique de *C. prolifera* car les eaux se réchauffent moins vite et se refroidissent plus rapidement à une certaine profondeur. Nous avons observé les Caulerpes sur nos côtes entre 0,50 m et 8 m de fond. En Corse où les eaux sont plus chaudes nous avons rencontré l'algue à 30 m sur les hauts fonds devant Centuri (Cap Corse).

Quelles sont les conditions de température qui déterminent la répartition de *C. prolifera* ? L'algue exige-t-elle des eaux chaudes pendant une longue période de l'année ou craint-elle les eaux froides de la mauvaise saison ? De nombreuses observations montrent que l'algue est essentiellement sensible aux basses températures hivernales. Funk (1927) constata les influences néfastes des hivers particulièrement froids sur la végétation de Caulerpes de la baie de Naples. Ollivier (1929) observa d'une part que l'hiver rigoureux 1927-1928 avait fait disparaître une végétation de Caulerpes à Villefranche-sur-Mer, d'autre part, que les hivers doux précédaient une extension notable de la végétation de *Caulerpa prolifera*. L'expérience de Feldman effectuée à Banyuls et que nous avons relatée montre que les Caulerpes ne supportent pas les températures hivernales des eaux superficielles de la côte des Albères (la moyenne du mois de février avoisine 11° C).

Les mesures de la température effectuées par Gilet (1956) dans la calanque de Port Miou nous apportent plus de précisions sur les exigences de l'algue. Entre 3 et 5 mètres dans la zone où l'on trouve les Caulerpes, la moyenne mensuelle du mois le plus froid avoisine 14° C et celle du mois le plus chaud 24° C. Ceci prouve d'une part que les températures estivales très élevées ne sont pas nécessaires au développement de l'algue, d'autre part que l'algue persiste aux températures hivernales avoisinant 14° C. Cette sensibilité aux eaux relativement froides influence également le comportement biologique de l'algue. En effet, comme nous l'avons écrit précédemment l'algue dépérit l'hiver et les parties encore vivantes du thalle régénèrent et prolifèrent au printemps.

Si la température représente le facteur prépondérant dans la distribution géographique de l'algue, la nature du substrat doit être considérée comme un facteur secondaire mais non négligeable. On observe en effet une densité et un développement beaucoup plus importants de l'algue sur certains substrats. En outre, selon la nature du substrat, *Caulerpa prolifera* pousse parmi quelques groupements végétaux différents que l'on peut distinguer.

Sur substrat sablo-vaseux les Caulerpes poussent avec les phanérogames marines *Zostera noltii* et *Cymodocea nodosa*; le pourcentage de ces trois végétaux est variable. A cette association peut s'ajouter *Caulerpa ollivieri* (uniquement au Golfe-Juan : Le Croton). Sur substrat vaseux *Caulerpa prolifera* est associée à *Cladophora prolifera* dans le port de Golfe-Juan. Enfin, à Port Miou (substrat vaseux) la végétation est constituée essentiellement de Caulerpes. On peut rencontrer l'algue sur d'autres substrats comme de vieux rhizomes de Posidonies ou des rochers (à Anthéor) recouverts d'algues photophiles communes de l'étage infralittoral.

C'est sur substrat vaseux et sablo-vaseux que nous avons observé les plus grandes densités de Caulerpes, d'un recouvrement situé entre 50 et 100 % le poids égoutté de l'algue au m² dépasse souvent 500 g. Dans ce cas, *Caulerpa prolifera* est une caractéristique de l'association végétale. Sur les autres substrats la végétation de Caulerpes est réduite à quelques thalles et sa présence est considérée comme accidentelle.

6 – EVOLUTION DES STATIONS DE *CAULERPA PROLIFERA*

Les nombreuses observations qui ont été effectuées sur les stations de Caulerpes nous permettent d'étudier leur évolution. Si l'on pouvait il y a plus de cinquante ans noter l'extension de la végétation de Caulerpes, on constate aujourd'hui que de nombreuses stations décrites ont disparu.

Ollivier (1929) cite "l'accumulation de matières organiques en certains endroits, par les égouts des agglomérations humaines, paraît avoir une influence considérable sur la flore et j'y vois la cause principale de l'envahissement croissant des Caulerpes au détriment de la plupart des autres algues". A propos du Bassin de la Tour Rouge à Nice il observe que "l'édification des digues, l'arrivée d'un égout, ont complètement modifié cette localité et le *Caulerpa prolifera* règne déjà en maître sur beaucoup de points".

A Cannes, Raphelis (1927) note aussi l'extension de l'algue : "La végétation de *Caulerpa* se déplace le long du rivage sur deux à trois kilomètres de parcours et envahit la rade même et le port de Cannes". Il attribue cette extension en partie aux pêcheurs "qui rejettent à la mer les algues qui encombrant leurs filets lorsqu'ils font le triage de leur pêche à leur rentrée au port".

Plus récemment Gilet (1954b) observe déjà la régression de l'algue dans la baie de l'Espalmador (Rade de Villefranche).

Nos observations montrent qu'un grand nombre de stations ont disparu ou sont en régression sensible ; il en est ainsi à Menton, Monaco, Beaulieu, Rade de Villefranche (L'Espalmador et la Darse), Antibes, Golfe Juan (Ile Sainte Marguerite). En l'absence de mesures précises en temps voulu *in situ* de différents paramètres nous ne pouvons définir avec exactitude les causes de cette régression généralisée, cependant plusieurs hypothèses peuvent être avancées.

Le principal facteur qui limite la répartition de *Caulerpa prolifera* étant la température nous pouvons supposer qu'une succession d'hivers rigoureux ont détruit une grande partie des stations. Cependant une destruction de cette nature n'est pas irréversible. En effet le moindre stolon ou partie du thalle épargné peut, aux saisons suivantes, proliférer et reconstituer la végétation de Caulerpes.

La destruction peut être irréversible si certaines constructions côtières changent les conditions du milieu en modifiant les courants et la température des eaux. Les constructions portuaires récentes se multiplient sur nos côtes et elles sont édifiées très souvent dans des zones abritées qui sont le biotope des Caulerpes. Si ces constructions provoquent un abaissement de la température le biotope n'est plus favorable aux Caulerpes qui disparaissent. Cependant il n'est pas impossible que certains ports nouveaux constituent une enceinte favorable aux Caulerpes après que leurs fonds se soient stabilisés.

La pollution des eaux peut également être à l'origine de la disparition des Caulerpes. Certaines substances en quantité infime en solution dans l'eau de mer peuvent provoquer la mort des Caulerpes. Dans le port de la Darse (Villefranche-sur-Mer), existait une végétation de Caulerpes d'une densité remarquable, il y a une dizaine d'années l'algue disparut brusquement. La présence d'un chantier naval au fond du port explique peut-être la disparition des Caulerpes. Ce chantier existe depuis longtemps, cependant on y utilise des produits nouveaux qui sont rejetés dans le port (détergents, décapants, peintures etc.).

Si nous pouvons formuler des hypothèses sur l'évolution de quelques stations, certaines régressions de l'algue sont beaucoup plus énigmatiques. Il en est ainsi pour la station de la Baie de l'Espalmador située

face au port de la Darse. La pollution chimique provenant du chantier naval ne peut pas être mise en cause car la régression de l'algue dans cette baie est antérieure à sa disparition du port de la Darse. Gilet (1954b) constate que la végétation de Caulerpes autrefois luxuriante ne correspond plus aux "quelques taches de Caulerpes" qu'il observe. Quinze ans plus tard nous avons trouvé quelques rares thalles de Caulerpes. L'algue dépérit petit à petit sans raison apparente : elle aurait dû proliférer intensément dans ce biotope autrefois favorable.

7 - CONCLUSION

Successivement chorologique, écologique et phytosociologique cette étude constitue une synthèse des nombreuses recherches plus ou moins anciennes de différents auteurs auxquelles s'ajoutent nos observations. Cette mise au point représente une monographie phyto-océanographique de *Caulerpa prolifera* sur les côtes continentales françaises de la Méditerranée. Nous avons recensé et étudié l'une après l'autre quinze stations de cette algue dont trois ont été décrites pour la première fois.

Les valeurs minimales de la température des eaux représentent le principal facteur limitant pour *C. prolifera* sur ces côtes. C'est ce facteur qui restreint la distribution géographique de l'algue. Assez fréquente à l'Est où les températures des eaux sont plus élevées les stations sont de plus en plus rares vers l'Ouest et absentes au-delà de l'embouchure du Rhône.

Plusieurs relevés phytosociologiques précisent les groupements végétaux marins dans lesquels on trouve la présence des Caulerpes. Nous avons ainsi pu distinguer plusieurs groupements selon le type de substrat. Si l'association caractéristique de *Caulerpa prolifera* avec les phanérogames marines *Cymodocea* et *Zostera* a été retrouvée dans plusieurs stations sur substrat sablo-vaseux, l'association mixte *Caulerpa prolifera*-*Cladophora prolifera* que nous avons observée dans le port de Golfe-Juan sur substrat vaseux n'avait jamais encore été décrite sur les côtes françaises de la Méditerranée. A la limite de son aire de répartition l'algue est très sensible à toute modification du milieu qui peut entraîner sa disparition. Or, sur treize stations anciennement décrites nous avons constaté la régression ou la disparition de huit d'entre elles. Une succession d'hivers rigoureux, la pollution chimique, les constructions portuaires peuvent représenter autant de causes de disparitions qui restent énigmatiques en l'absence de mesures précises sur l'évolution de certains paramètres physico-chimiques dans les stations. Cette régression généralisée qui peut avoir pour origine une action de l'homme est très grave et nous insistons sur ce fait d'autant plus que nous sommes en présence d'une espèce marine dont l'existence et plus encore, la destruction, passent inaperçues.

Il est donc très important de connaître avec un maximum de précision la chorologie, l'écologie et la phytosociologie de cette espèce. Ceci permet notamment d'évaluer et de définir avec plus d'exactitude toute évolution possible.

REFERENCES

- Aillaud G., Pellegrini M., 1970. Etudes écologiques et biocénologiques dans la baie du Brusc (Var). *Bull. Inst. océanog.*, Monaco, 69 (1403) : 1-24.
- Ardissone F., 1886. *Phycologia mediterranea*, partie 2 : Oosporee, Zoosporee, Schizosporee. Varese : 325 pp.
- Augier H., Boudouresque C.F., 1967. Végétation marine de l'île de Port Cros. 1. La baie de la Palu. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 27 : 93-124.
- 1970a. Végétation marine de l'île de Port Cros. 5. La baie de Port Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Ibid.*, 30 : 145-159.
- 1970b. Végétation marine de l'île de Port Cros. 6. Le récif barrière de Posidonies. *Ibid.*, 30 : 221-228.
- Bornet E., Flahault C., 1883. Liste des algues maritimes récoltées à Antibes. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 30 : CCIV-CCXV.

- Boudouresque C.F., 1969. Une nouvelle méthode d'analyse phytosociologique et son utilisation pour l'étude des phytocoenoses marines benthiques. *Téthys*, 1(2) : 529-534.
- Camous A., 1912. Liste des algues marines de Nice. *Bull. Ass. nat. Nice et des A.M.*, 1 : 25 pp.
- Decrock E., 1914. Esquisse phytogéographique d'un coin de Provence. *Marseille, Encyclop. du Dép. des Bouches du Rhône*, 12.
- Dostal R., 1927. Observations morphogéniques sur le *Caulerpa prolifera* de la baie de Villefranche-sur-Mer. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 185 : 1298-1299.
- 1928. Sur les organes reproducteurs de *Caulerpa prolifera*. *Ibid.*, 187, 569-571.
- 1929a. *Caulerpa ollivieri* n. sp. "La seconde espèce européenne des Caulerpacées". *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, 531 : 1-12.
- 1929b. Sur la reproduction du *Caulerpa*. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 189 : 493-494.
- Feldmann J., 1937. Végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Rev. alg.*, 10, 339 pp.
- Funk G., 1927. Die Algenvegetation des Golfs von Neapel nach neueren ökologischen Untersuchungen. *Pub. Stat. zool. Napoli*, 7 (Suppl.) : 507 pp.
- Gaillande D. de, 1968. Monographie des peuplements benthiques d'une calanque des côtes de Provence : Port-Miou. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 60 (Bull. 44) : 357-388.
- Gessner F., Hammer L., 1960. Die Primärproduktion in mediterranen *Caulerpa-Cymodocea* — Wiesen. *Bot. mar.*, 2 : 157-163.
- Gilet R., 1954a. Note sur quelques peuplements de la baie du Croton près de Juan les Pins. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 12 (Bull. 7) : 29-34.
- 1954b. Note sur la répartition de *Caulerpa prolifera* Lamour, sur les côtes des Alpes-Maritimes. *Ibid.*, 12 (Bull. 7) : 35-40.
- 1956. Note sur la thermométrie de la calanque de Port Miou. *Ibid.*, 18(Bull. 11) : 97-104.
- Guinochet M., 1928. Mémoire sur la flore marine de la rade de Toulon. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 4 : 791-795.
- Hamel G., 1928. Chlorophycées des côtes françaises : Siphonales. *Rev. alg.*, 5 : 383-430.
- Huvé P., Huvé E., 1963. A propos de *Penicillus capitatus* Lamark forma *mediterranea* (Decaisne) comb. nov. (Caulerpale, Udoteacée). *Proc. 4th inter. Seaweed Symposium* ; 99-111.
- Meinesz A., 1969. Contribution à l'étude des Caulerpales de la Côte d'Azur. D.E.S. Faculté des Sciences de Nice : 44 pp.
- Molinier R., 1953a. Observations sur les Caulerpes méditerranéennes. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 12 : 113-123.
- 1953b. Sur la dichotomie du thalle de *Caulerpa prolifera* (Forsk.) Lamour. *Ibid.*, 13 : 151-154.
- Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanerogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. océanog. Monaco*, 27 : 157-234.
- 1953. Notes biologiques à propos d'un voyage d'étude sur les côtes de Sicile. *Ibid.*, 28 : 164-187.
- Mouret M., 1911. Liste des Algues marines du Var. *Ann. Soc. Hist. nat. Toulon* : 78-107.
- Ollivier G., 1928. Contribution à la connaissance de la flore marine des Alpes-maritimes. *Bull. Inst. océanog. Monaco*, 522 : 1-8.
- 1929. Etude de la flore marine de la Côte d'Azur. *Ann. Inst. océanog. Monaco*, 7 (3) : 173 pp.
- Raphelis G., 1907. Liste des Algues récoltées dans les environs de Cannes. *Ann. Soc. Sci. nat. Provence*, 1 : 595-618.
- 1924a. Additions à la flore des Algues de Cannes. *Rev. alg.*, 1(2) : 162-166.
- 1924b. Inventaire des Algues du Musée de Nice 2. Herbière Sarato. *Riviera scientifique, Bull. Ass. nat. de Nice et des A.M.*, 3 : 49-54.
- 1925. Sur la végétation du *Caulerpa prolifera* (Forsk.) Lamour. *Rev. alg.*, 2(2) : 170-174.
- Romanovsky V., 1955. Etude de la circulation littorale dans le Golfe Juan. *Bull. Inform. C.O.E.C.*, 7(3) : 119-126.