

Éléments cartographiques et évolution de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée (Alpes Maritimes et Monaco, 1992)

Caulerpa taxifolia
Prolifération
Cartographie
Variations
du recouvrement

Caulerpa taxifolia
Expansion
Cartography
Variations
of coverage

Thomas BELSHER ^a, Gilles YOUENOU ^a, Joël DIMEET ^b, Jean-Michel RAILLARD ^c, Sylvie BERTRAND ^b et Nicole MEREAU ^b.

^a IFREMER Centre de Brest, Laboratoire Ecologie, BP 70, 29280 Plouzané, France.

^b IFREMER Centre de Toulon, BP 330, 83507 La Seyne Cedex, France.

^c IFREMER/GENAVIR Centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzané, France.

Reçu le 5/11/93, révisé le 25/04/94, accepté le 5/05/94

RÉSUMÉ

Deux campagnes océanographiques, menées à partir du N.O. *Roselys 2*, au cours de l'année 1992, ont permis d'établir la cartographie de l'algue *Caulerpa taxifolia* pour plusieurs secteurs des côtes des Alpes Maritimes et de la Principauté de Monaco. L'expansion rapide de l'algue, ses capacités de fixation à grande profondeur, ainsi que des variations du recouvrement ont ainsi pu être mises en évidence.

ABSTRACT

Elements of cartography and changes of *Caulerpa taxifolia* in 1992 along the Alpes Maritimes and Monaco coasts, Mediterranean Sea.

During 1992, two oceanographic campaigns were conducted with the IFREMER vessel *Roselys 2*, along the French (Alpes Maritimes) and Monaco coasts. Monitoring of *Caulerpa taxifolia* has revealed a continued expansion and variations.

Oceanologica Acta, 1994. 17, 4, 443-451.

INTRODUCTION

L'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh, introduite accidentellement en Méditerranée en 1984, colonise, depuis cette date, des secteurs de plus en plus éloignés de son premier point de signalisation, les côtes monégasques (Meinesz et Hesse, 1991 ; Meinesz *et al.*, 1991).

Afin de déterminer l'ampleur de cette expansion, sa rapidité, et de manière générale d'essayer de cerner les caractéristiques essentielles de la dynamique de cette nouvelle population végétale pour la Méditerranée, une série d'actions ont été menées en 1992. Elles ont permis, sur des secteurs sélectionnés (fig. 1) en fonction des données déjà existantes (Meinesz et Hesse, 1991 ; Meinesz *et al.*, 1991) de constituer une vidéothèque de référence, d'établir la car-

tographie de l'algue jusqu'à - 90 m, d'étudier ses variations et de mettre en évidence des phénomènes de compétition par rapport aux populations végétales indigènes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Stratégie d'investigation

Campagnes océanographiques

Les prospections ont été menées à partir du N.O. *Roselys 2*, du 23 mars au 3 avril et du 13 au 23 octobre 1992.

L'objectif principal est de comparer les données concernant les zones les plus colonisées du Cap Martin, du Cap d'Ail et de Menton. Les côtes monégasques font exception,

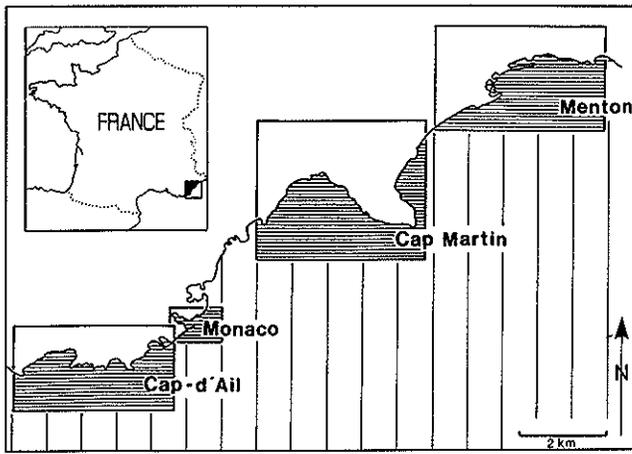


Figure 1

Localisation des secteurs explorés.

Chart of the explored zones.

n'ayant pu être prospectées qu'au cours de la seconde campagne océanographique.

Les données sont constituées principalement par des images obtenues par l'intermédiaire d'une caméra vidéo immergeable que tracte le navire, lui-même poussé par les courants. Il n'est en effet pas possible, principalement pour des raisons de lisibilité des images, d'imprimer au système vidéo une vitesse supérieure à 2 nœuds. Pour la même raison, les images utilisées sont celles correspondant à un champ de vision allant de 0,70 m² à 4 m². Ces images sont transmises en direct, par l'intermédiaire d'un câble ombilical, à un moniteur couleur muni d'un magnétoscope incorporé.

Un sondeur altimétrique, couplé au système vidéo, permet de connaître la distance de celui-ci par rapport au fond entre 0,4 m et 4,1 m, ce qui facilite le calcul des superficies couvertes ; heure, date et profondeur sont rapportées à chaque image. La localisation des trajets est obtenue par l'enregistrement en continu de données GPS (Global Positioning System); des points sont relevés ponctuellement au radar afin d'affiner les tracés de ces trajets. Des dragages permettent d'assurer les déterminations, ainsi que l'obtention de données complémentaires de terrain.

Méthode d'analyse des données vidéo

Le logiciel « Vidéo 1 » permet l'exploitation informatisée de films vidéo en vue de l'obtention de données quantitatives (Anonyme, 1988b). Un dépouillement global des documents vidéo est tout d'abord effectué. Puis, pour chaque parcours où *Caulerpa taxifolia* a été identifiée, des séquences, prises à intervalles réguliers, sont analysées image par image. Les principaux composants, phanérogame, sédiments, roches, etc., sont quantifiés et rapportés à la superficie couverte lors de la prise de vue, qui varie de 0,7 m² à 4 m². Trois classes de recouvrement du substrat sont définies : recouvrement de 1 à 25 %, de 25 à 50 % et

de 50 à 100 %. L'appréciation des variations de *Caulerpa taxifolia* s'appuie sur l'analyse des parties de trajets voisines ou communes d'une campagne à l'autre.

Numérisation des cartes et report des trajets

Les cartes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) nécessaires, couvrant les secteurs prospectés, ont été numérisées. Un logiciel permet le report automatique des données GPS sur ces cartes et l'obtention du tracé des trajets effectués et de leur longueur, avec une précision de plus ou moins 100 m, d'après les ouvrages de référence (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, 1992).

Cartographie

La cartographie de *Caulerpa taxifolia* dans les zones prospectées est donc déduite d'extrapolations entre les trajets où sa présence a été détectée. Il a été tenu compte du fait que, pour l'instant, l'algue concernée est en pleine phase de colonisation et que nulle part sa disparition, pour des raisons naturelles, n'a été signalée (Fredj *et al.*, 1993 ; Meinesz *et al.*, 1993a ; Meinesz *et al.*, 1993b). Les limites bathymétriques sont celles imposées, à la côte, par les marges de sécurité dues au tirant d'eau du bateau, au large par la longueur du câble vidéo, soit entre - 5 m et - 90 m.

RÉSULTATS

Campagnes océanographiques

Au cours des deux campagnes, 198 trajets, couvrant une superficie d'environ 3 ha, représentant un parcours de 34 035 m et 34 h d'enregistrement ont été réalisés.

L'analyse de toutes les données permet la classification suivante :

Présence de *Caulerpa taxifolia* décelée par analyse d'images

Mars - avril 1992.

17 trajets, de longueurs comprises entre 20 et 741 m, révèlent la présence de *Caulerpa taxifolia*. Leur répartition concerne des zones dont la superficie peut être évaluée à 90 ha. L'espèce apparaît ainsi y être disséminée irrégulièrement entre - 5 m et - 42 m de profondeur.

Par rapport à la surface échantillonnée, les pourcentages d'occupation de *C. taxifolia* dépassent ou approchent de très près, pour 4 trajets, les pourcentages d'occupation des autres algues ou phanérogame. Un trajet à Cap Martin notamment, révèle que plus de 50 % de la couverture végétale est représenté par *C. taxifolia* alors que les autres composants végétaux n'y participent que pour 29 %. Quatre autres trajets présentent des pourcentages d'occupation

allant de 18 à 24 % ; quant aux trajets restants, ces pourcentages sont inférieurs à 18 % (Belsher, 1992).

Octobre 1992

43 trajets, dont 12 dans le secteur de Monaco, non prospecté en mars 1992, révèlent la présence de *C. taxifolia*. Ces trajets, de longueur comprises entre 11 m et 649 m, permettent de montrer l'évolution spatiale de *C. taxifolia* à quelques mois d'intervalle. Par ailleurs, 9 trajets recoupent ou avoisinent ceux de la campagne n° 1 (Belsher *et al.*, 1993). Ils offrent ainsi une possibilité de comparaison et de quantification. Celle-ci a été effectuée pour chacun des principaux secteurs touchés, dans la limite de la zone prospectée. Les trajets effectués, la localisation des taches à *C. taxifolia* et les estimations de recouvrement sont dans chaque cas figurés (fig. 2 à 8).

Présence de *Caulerpa taxifolia* décelée par des observations en plongée.

Des observations acquises par plongées confirment l'existence de champs denses entre - 1 et - 5 m dans le secteur du Cap Martin et du Cap d'Ail (Meinesz *et al.*, 1991).

Évolution de l'espèce et estimation du recouvrement

Secteur exploré au Cap d'Ail

- Occupation spatiale

Toutes classes de recouvrement confondues, elle est passée de 19,33 ha en mars à 50,45 ha en octobre.

Une nette progression de l'espèce est constatée, dans les limites de la zone prospectée (fig. 2 et 3).

- Recouvrement

Le secteur de fort recouvrement (50 à 100 %), qui, en mars, représentait 1,92 ha, n'a pu être prospecté à nouveau en octobre : c'est donc la figuration de recouvrement la plus faible (1 à 25 %) qui a été adoptée (fig. 3b).

Secteur exploré au Cap Martin

- Occupation spatiale

mars : 34,82 ha

octobre : 128,91 ha

La colonisation a fortement progressé et l'espèce cerne maintenant presque entièrement le Cap Martin (fig. 4 et 5).

- Recouvrement

La zone à fort recouvrement, identifiée en avril (0,4 ha) s'est étendue à la pointe du Cap Martin sur 6,55 ha (fig. 5b).

Secteur exploré à Menton

- Occupation spatiale

mars : 0,09 ha

octobre : 0,76 ha

Élargissement de la tache localisée devant le port de Menton en mars et apparition d'un nouveau point d'implantation (fig. 6 et 7).

- Recouvrement

Il reste compris dans la classe la plus faible (1 à 25 %) (fig. 7b).

Secteur exploré à Monaco

Le secteur de Monaco n'a donné lieu à une prospection qu'en octobre 1992. Les estimations pour cette période sont les suivantes :

- Occupation spatiale : 37 ha.

Tout le secteur prospecté est colonisé, à des degrés divers, par *Caulerpa taxifolia*. L'emploi d'une caméra motorisée filoguidée (R.O.V.E. « IRIS »), a permis de montrer que l'algue pénétrait dans le port de Fontvieille (fig. 8a et 8b).

- Recouvrement

Une zone à fort recouvrement, atteignant souvent 100 %, s'est développée sur au moins 2,5 ha devant le Musée Océanographique jusqu'à l'isobathe - 20 m. Il s'agit visiblement de la population la plus ancienne détectée à ce jour (fig. 8b).

Classement des trajets en fonction du recouvrement et du type de substrat colonisé

Les plus forts recouvrements sont rencontrés dans les premiers mètres à partir de la côte (Meinesz *et al.*, 1991), donc dans des zones généralement inaccessibles pour un bateau comme le *Roselys 2*. Ce sont donc les zones les moins denses qui font l'objet de cette analyse et de ce classement (tableau). L'analyse des recouvrements de *C. taxifolia* par rapport à ceux des autres composants du biotope dans lequel l'algue s'est implantée montre que les secteurs de Monaco et de Cap Martin sont, en octobre 1992, parmi les plus colonisés. Elle permet également de quantifier et de comparer, d'une campagne à une autre, l'infiltration de cette algue dans les herbiers de *Posidonia oceanica* pour les secteurs de Cap d'Ail, Cap Martin et Menton.

Trajets à pourcentage de *C. taxifolia* de 50 à 100 %.

- Monaco

Ce secteur comprend le trajet le plus fort de cette classe (trajet n° 15) à -10 m. Le substrat dominant est sablo-vaseux, à l'exception des premiers 10 m où l'algue s'est implantée sur roche, la recouvrant entièrement (fig. 8a) ; (voir tableau).

- Cap Martin

Mars 1992 : pas de trajet de ce type.

Octobre 1992 : trajet n°16 (fig. 5a).

Analyse des trajets en fonction du recouvrement et du type de substrat colonisé (octobre 1992).

Analysis of paths in terms of coverage and substratum (October 1992).

Trajets, dates	Superficie analysée (m ²)	Sable, vase (%)	Blocs, galets (%)	Posidonie (%)	<i>C. taxifolia</i> (%)
<i>Secteur de Monaco</i>					
T 4, 15.10.92	20,99	94,70	3,80	0,00	1,50
T 5, 15.10.92	16,13	95,60	3,30	0,00	0,33
T 6, 15.10.92	20,43	79,40	0,00	0,00	20,60
T 7, 15.10.92	19,67	67,90	1,50	0,00	30,20
T 8, 15.10.92	20,70	38,70	14,30	0,00	46,00
T 10, 15.10.92	23,42	86,10	12,10	0,00	1,20
T 11, 15.10.92	15,77	76,70	2,10	0,00	21,20
T 12, 15.10.92	22,41	95,80	2,50	0,00	0,90
T 13, 15.10.92	9,44	11,87	37,00	0,00	26,70
T 14, 15.10.92	16,02	54,20	15,33	0,00	30,40
T 15, 15.10.92	24,45	0,00	1,30	0,00	98,90
<i>Secteur de Cap Martin</i>					
T 16, 16.10.92	29,39	0,27	2,77	36,63	60,30
T 17, 16.10.92	21,39	50,17	14,90	0,00	0,30
T 18, 16.10.92	23,57	16,47	0,00	60,73	22,80
T 19, 16.10.92	24,25	87,37	0,00	7,33	5,10
T 20, 16.10.92	25,83	47,83	0,00	48,73	3,20
T 21, 16.10.92	19,73	95,20	0,10	1,27	0,06
T 22, 16.10.92	17,66	36,37	0,93	62,37	0,10
T 28, 16.10.92	22,94	93,33	0,00	0,10	1,20
T 29, 17.10.92	11,19	92,03	3,27	0,00	4,10
T 30, 17.10.92	19,23	85,70	0,07	0,00	3,40
T 31, 17.10.92	21,51	79,93	0,80	3,00	5,30
T 32, 17.10.92	23,85	95,27	0,07	0,80	0,60
T 34, 17.10.92	26,79	6,47	1,67	90,73	0,60
T 35, 17.10.92	24,14	3,27	5,80	81,23	9,60
T 54, 19.10.92	30,09	4,67	19,03	69,17	6,80
T 55, 19.10.92	21,12	8,70	29,87	57,80	3,60
T 56, 19.10.92	22,77	36,63	29,00	31,00	5,20
T 60, 19.10.92	10,33	98,43	0,00	0,43	1,10
T 61, 19.10.92	20,92	81,77	2,10	0,00	0,40
T 62, 19.10.92	16,64	98,40	0,20	0,10	0,13
T 65, 19.10.92	10,13	97,80	0,03	0,57	1,30
<i>Secteur de Cap d'Ail</i>					
T 36, 17.10.92	26,86	6,60	0,47	85,77	7,20
T 37, 17.10.92	15,87	0,00	0,00	66,63	0,03
T 47, 19.10.92	27,18	4,47	37,67	57,80	0,06
T 49, 19.10.92	26,71	69,17	0,00	30,33	0,40
T 51, 19.10.92	26,07	7,87	16,83	64,93	10,30
T 52, 19.10.92	27,92	11,63	3,80	69,97	14,60
T 53, 19.10.92	52,96	11,70	0,00	88,23	0,06
<i>Secteur de Menton</i>					
T 23, 16.10.92	13,36	34,50	0,00	59,33	6,00
T 24, 16.10.92	16,00	71,50	0,00	27,53	0,80
T 26, 16.10.92	13,77	58,67	0,00	12,93	0,30

Trajets à pourcentage de C. taxifolia de 25 à 50 %.

– Monaco

Octobre 1992 : de - 10 à - 20 m (fig. 8a).

– Cap d'Ail

Mars 1992 : quelques trajets (fig. 2a).

Octobre 1992 : pas de trajets de cette catégorie.

– Cap Martin

Mars 1992 : un trajet.

Octobre 1992 : trajet n°18 ; profondeur de - 10 à - 12 m.

Dans ces secteurs, ce sont l'herbier de Posidonie, clairsemé, ainsi que les substrats sableux et rocheux qui sont colonisés (fig. 5a).

Trajets à pourcentage de C. taxifolia de 1 à 25 %.

Rencontrés sur tous les secteurs prospectés. Là également, les biotopes colonisés sont ceux de l'herbier à *P. oceanica* clairsemé et les zones sableuses ou rocheuses. Entre 0 et - 10 m, *C. taxifolia* peut se superposer à l'herbier constitué par *Cymodocea nodosa*.

DISCUSSION

Parallèlement à cette étude, des données ont été acquises au cours de la même année, avec des techniques d'analyse et des outils différents, sur les secteurs que nous avons prospectés (Fredj *et al.*, 1993 ; Meinesz *et al.*, 1993a ; Meinesz *et al.*, 1993b ; Meinesz et Belsher, 1993).

Fredj *et al.* (1993) ont utilisé, avec une précision similaire à la nôtre, dans les eaux monégasques, une caméra motorisée filo guidée, localisée également par GPS, (ROVE « Pluto » ; 17 trajets, représentant 12 km, par radiales perpendiculaires à la côte), plusieurs dizaines de photographies sous-marines et des reconnaissances ponctuelles pour établir « l'inventaire, la cartographie et l'évaluation de l'état des biocénoses benthiques du plateau continental de la Principauté de Monaco entre 0 et 150 m de profondeur ».

Les peuplements à *Caulerpa taxifolia*, mais non les trajets effectués, sont figurés en annexe (carte n° 1, Inventaire et Cartographie des Biocénoses Benthiques).

Si l'on s'en tient à la représentation cartographique de Fredj *et al.* (1993) concernant notre zone d'étude, l'on s'aperçoit qu'elle correspond aux figurations que nous avons adoptées pour caractériser les classes de recouvrement allant de 25 à 100 %.

Il en est de même pour la figuration issue des observations en plongée réalisées par Meinesz *et al.* en 1992 (Meinesz *et al.*, 1993a).

En ce qui concerne la profondeur extrême à laquelle *C. taxifolia* a été trouvée à cette époque dans ce secteur, la campagne que nous avons menée en octobre 1992 a permis de constater la présence de l'algue fixée jusqu'à - 87 m.

Le rapport de A. Meinesz *et al.* (1993a) fournit également, pour les deux autres secteurs que nous avons prospectés, des données cartographiques, des mesures de superficies occupées, et une classification suivant le recouvrement, toujours issues d'observations en plongée.

A l'est du Cap Martin, similitude des tracés concernant les superficies occupées ; à l'ouest, du fait de nos possibilités de prospection en profondeur, la superficie colonisée se révèle plus importante que celle figurée par Meinesz *et al.* (1993a). Ainsi atteignons-nous, pour l'ensemble du Cap Martin, une superficie de 128,91 ha pour 95,84 ha. Il en est de même pour le secteur de Menton, pour lequel nous proposons 0,76 ha au lieu de 0,26 ha. Au Cap d'Ail, par contre, l'estimation par Meinesz *et al.* (1993a) des superficies occupées (133,71 ha) est nettement plus importante que la nôtre (50,42 ha), car incluant un secteur que nous n'avons pu prospecter, pour des raisons météorologiques.

Au Cap Martin comme au Cap d'Ail, les plongées réalisées en décembre 1992 avec le sous-marin *Griffon* de la Marine Nationale confirment d'ailleurs l'implantation de *C. taxifolia* entre - 50 et - 100 m. (Meinesz et Belsher, 1993) et montrent que toutes les estimations de superficies précédentes sont certainement en dessous de la réalité.

Il est toujours délicat de comparer des données issues de techniques d'acquisition et d'analyse différentes. Cependant, quoiqu'il en soit, force est de constater que tous les travaux confirment, à des degrés divers, la présence et l'extension de *C. taxifolia*, qui rend rapidement obsolète toute estimation de superficie colonisée. Ainsi, en décembre 1991, d'après Meinesz *et al.* (1993b) la superficie totale occupée par *C. taxifolia* était estimée à 30 ha (20 au Cap Martin et 10 entre le Rocher de Monaco et le Cap d'Ail).

CONCLUSION

L'analyse des données obtenues par vidéo tractée, montre clairement la persistance et l'extension des populations de *Caulerpa taxifolia*. Ainsi, dans les limites géographiques et bathymétriques des zones prospectées en mars et en octobre, pour les secteurs de Menton, Cap Martin et Cap d'Ail, l'occupation spatiale passe de 54,24 ha à 180,12 ha.

Les populations denses, c'est-à-dire celles dont le recouvrement du substrat varie entre 50 et 100 %, occupent, pour les mêmes périodes, respectivement 2,32 ha, puis 6,55 ha. Si l'on inclut le secteur Monégasque, visité uniquement en octobre, le bilan, non exhaustif, puisqu'il ne concerne qu'une sélection de sites, s'élève à 217,12 ha colonisés, dont 9,03 ha de façon dense. Ces populations à recouvrement élevé se développent essentiellement, pour l'instant, entre la surface et l'isobathe - 20 m. Au delà de cette limite, les populations deviennent de plus en plus éparées. L'espèce a été observée fixée sur des fonds dépassant - 80 m devant le Musée Océanographique de Monaco, ainsi que de très nombreux fragments détachés, entraînés par les courants, et susceptibles de se refixer dans d'autres secteurs. Ces observations ont été confirmées lors des

plongées effectuées à bord du sous-marin *Griffon* de la Marine Nationale (Meinesz et Belsher, 1993).

L'examen comparé de données photographiques, de vidéo aériennes et sous-marines, prises dans des secteurs identiques à des périodes différentes de l'année, montre l'existence de variations saisonnières, que mentionnent également Meinesz et Hesse (1991). La croissance des populations de *Caulerpe* est maximale de la fin de l'été à l'automne, minimale en hiver. L'ampleur de ces variations, ainsi que leurs causes restent à cerner plus précisément au cours de campagnes ultérieures.

Tous les types de substrats apparaissent, à des degrés divers, pouvoir être colonisés.

Dans le secteur de Monaco et de Cap Martin, les substrats rocheux et sablo-vaseux peuvent être entièrement recouverts ; la progression sur ce dernier type de substrat apparaît cependant plus lente.

Les aspects de compétition vis-à-vis de la flore indigène sont aigus, en ce qui concerne les algues photophiles de l'étage infralittoral, qui peuvent être totalement supplantées par endroits, moins évidents en ce qui concerne l'herbier à *Posidonia oceanica*.

Jusqu'en octobre 1992, seul l'herbier à *Posidonia oceanica*, de type clairsemé, a été vu pénétré par *Caulerpa taxifolia*. Il apparaît alors en mauvais état ; les feuilles sont uniformément ternes jusqu'à leur insertion dans la matre, et généralement couchées ou ployées. L'herbier non pénétré, ainsi que les herbiers denses ont, pour la même période d'observation, des feuilles dressées, vivaces et vertes à la base. L'herbier clairsemé apparaît donc, à une période de l'année, correspondante au développement maximal de *C. taxifolia*, menacé.

L'herbier de *P. oceanica*, dont les phases de développement sont inverses par rapport à celles propres à *C. taxifolia*, peut-il reprendre le dessus au printemps ? La réponse ne pourra être apportée qu'après un suivi de plusieurs années.

Il en est de même pour les herbiers à *Cymodocea nodosa* : *C. taxifolia* se surimpose au réseau de stolons précédemment mis en place, le décalquant littéralement.

Dans la plupart des cas, ce sont des biocénoses typiques de milieux non pollués qui sont colonisées. Elles sont caractérisées par la présence d'algues et de phanérogames bio-indicatrices d'eaux de qualité acceptable et l'absence d'algues nitrophiles. Une prospection systématique a été menée au droit de tous les débouchés d'émissaires situés entre Menton et Toulon : elle n'a pas permis, avec les moyens utilisés, de détecter, pour l'année 1992, la présence de populations de *Caulerpa taxifolia*. Par ailleurs, le suivi des concentrations en nitrate des eaux de surface, effectué mensuellement par le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (R.N.O.), de 1976 à 1991, pour le secteur de Beaulieu à Menton, met en évidence une stabilité des valeurs ; celles-ci sont faibles. Les données les plus récentes, issues également du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, ne font pas non plus apparaître de tendance à la hausse par rapport aux valeurs de la décennie passée (Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, 1988, et Joanny, IFREMER, communication personnelle).

La surveillance soignée du premier site de signalisation de *C. taxifolia*, a priori le plus ancien, celui de Monaco, apparaît indispensable, afin d'y déceler tout signe de dégradation propre à aider à une lutte efficace. Si cette éventualité, pour l'instant purement hypothétique, se réalisait, elle ne devrait en aucun cas permettre de déduire que l'expansion de *C. taxifolia* puisse s'arrêter du jour au lendemain en Méditerranée.

Remerciements

Nos remerciements vont à tous ceux qui ont permis et facilité cette étude, et plus particulièrement à J.C. Hennequin, Directeur Inter-Régional des Affaires Maritimes pour la Méditerranée, A. Aquila, Président du Comité Régional des Pêches et Cultures Marines P.A.C.A., P. Van Klaveren, Chef du Service de l'Environnement, Monaco.

Cette étude a été effectuée dans le cadre du Programme Européen intitulé : « L'expansion de l'algue verte tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée » (contrat CCE-DG XI Life n° 92-3 INT/13/A-B4-3200/92/017222).

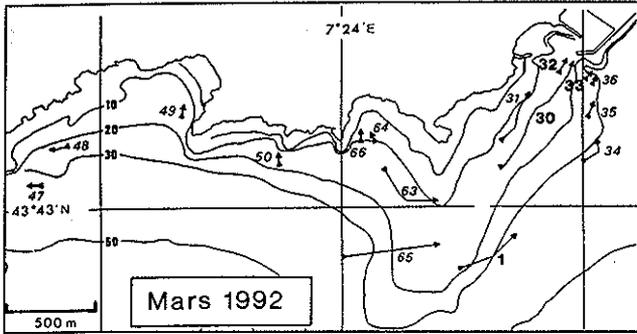


Figure 2a
Zone de Cap d'Ail : trajets.
Cap d'Ail area: chart of tracks.

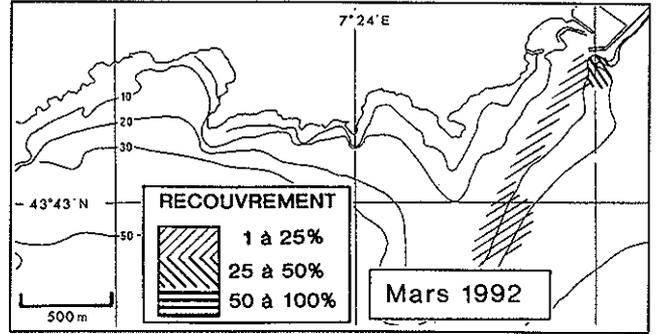


Figure 2b
Zone de Cap d'Ail : pourcentages de recouvrement.
Cap d'Ail area: percentages of coverage.

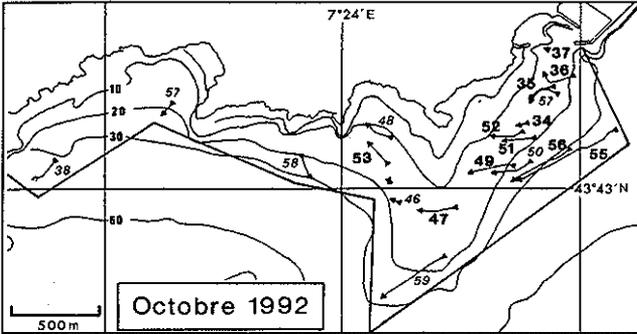


Figure 3a
Zone de Cap d'Ail : trajets.
Cap d'Ail area: chart of tracks.

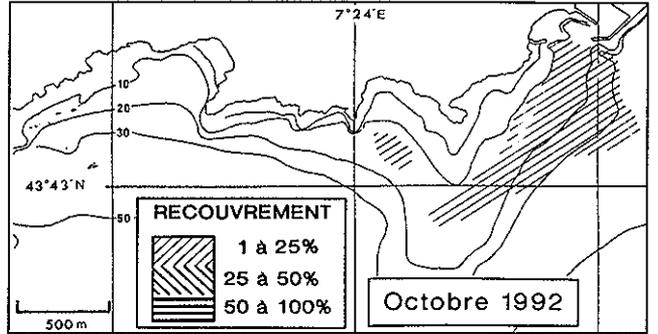


Figure 3b
Zone de Cap d'Ail : pourcentages de recouvrement.
Cap d'Ail area: percentages of coverage.

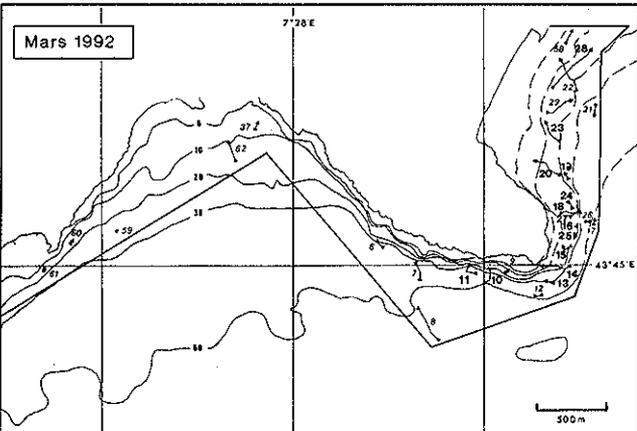


Figure 4a
Zone de Cap Martin : trajets.
Cap Martin area: chart of tracks.

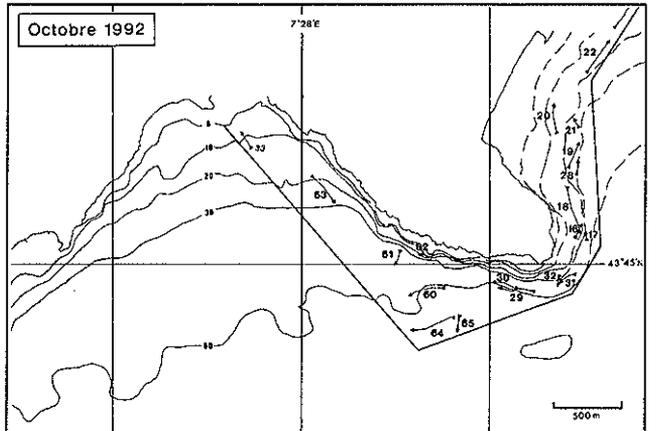


Figure 5a
Zone de Cap Martin : trajets.
Cap Martin area: chart of tracks.

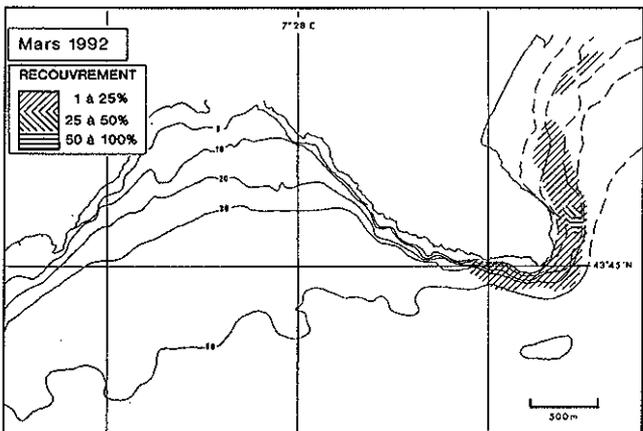


Figure 4b
Zone de Cap Martin : pourcentage de recouvrement.
Cap Martin area: percentages of coverage.

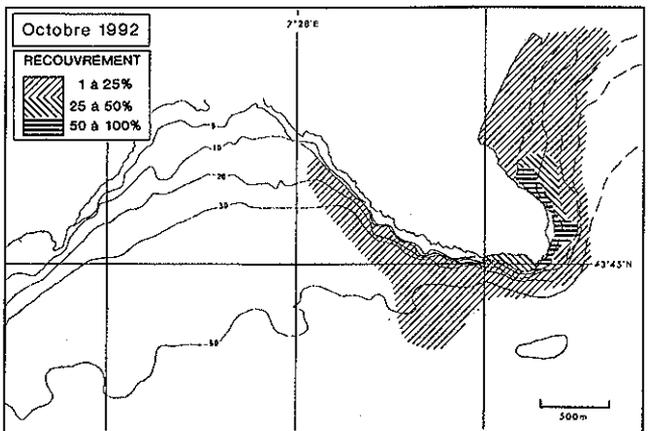


Figure 5b
Zone de Cap Martin : pourcentages de recouvrement.
Cap Martin area: percentages of coverage.

Les trajets indiqués en chiffres gras sont ceux où l'algue *Caulerpa taxifolia* est présente (fig. 2a à 8a).
Chart of tracks : bold digits indicate *Caulerpa taxifolia* (Fig. 2 a to 8 a).

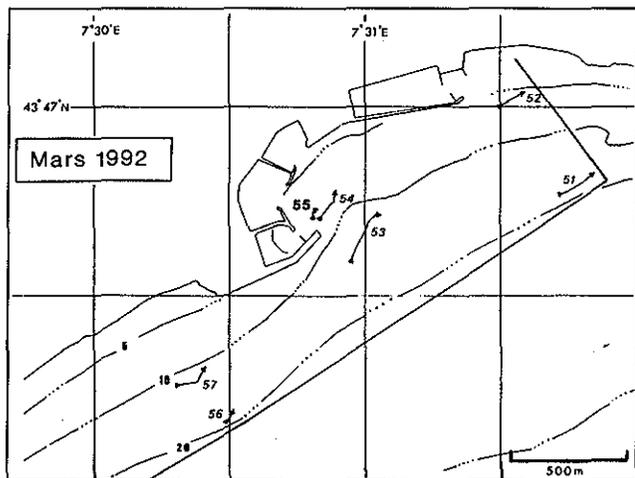


Figure 6a

Zone de Menton : trajets.

Menton area: chart of tracks.

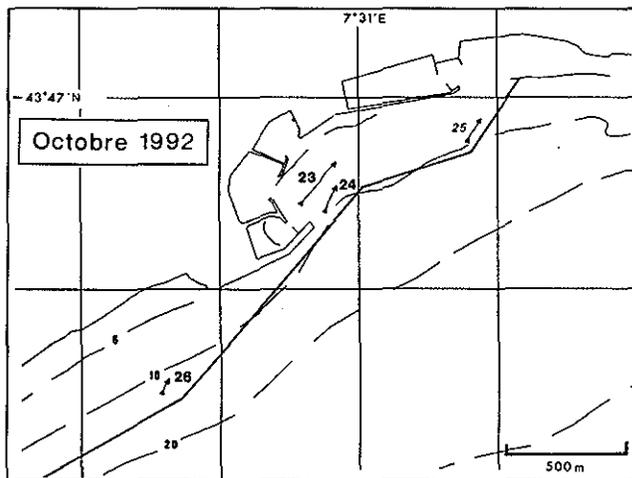


Figure 7a

Zone de Menton : trajets.

Menton area: chart of tracks.

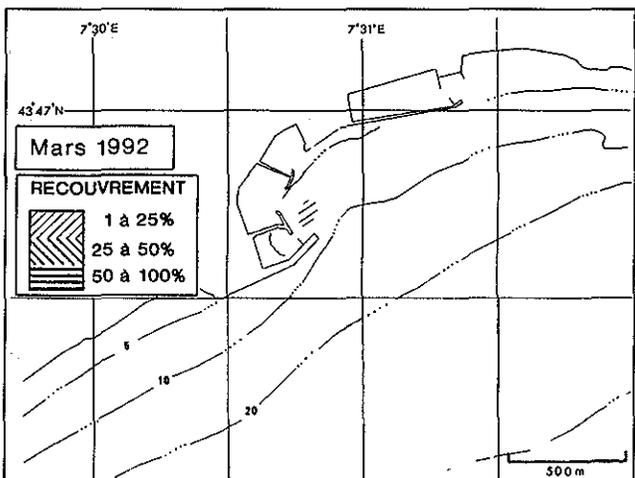


Figure 6b

Zone de Menton : pourcentages de recouvrement.

Menton area: percentages of coverage.

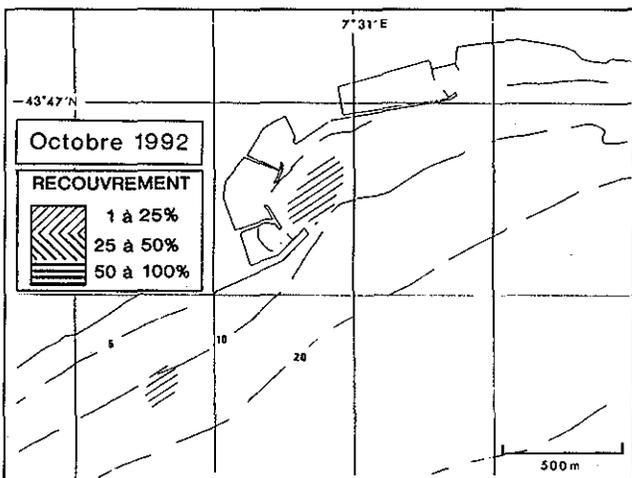


Figure 7b

Zone de Menton : pourcentages de recouvrement.

Menton area: percentages of coverage.

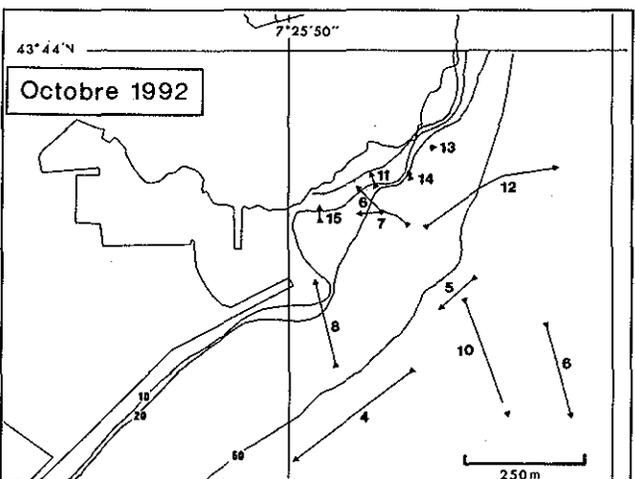


Figure 8a

Zone de Monaco : trajets.

Monaco area: chart of tracks.

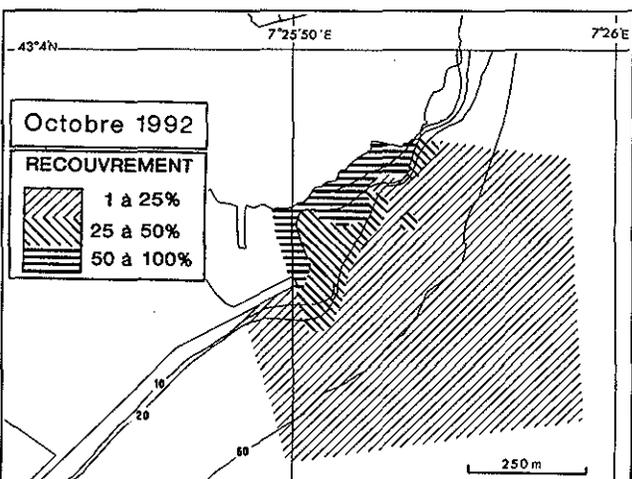


Figure 8b

Zone de Monaco : pourcentages de recouvrement.

Monaco area: percentages of coverage.

RÉFÉRENCES

- Anonyme** (1988). Mise au point d'une méthode de dépouillement des radiales vidéo pour l'étude quantitative des champs de Laminaires. Exploitation informatisée avec ou sans hauteur connue de la caméra. Rapport ADRAMER, Brest, 29 p.
- Anonyme** (1992). Ouvrage n° 91. Radionavigation. Fascicule 1992. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.
- Belsher T.** (1992). Cartographie sous-marine de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia*. Campagne n° 1 du N.O. *Roselys 2*. Rapport IFREMER, Centre de Brest, 39 p.
- Belsher T. et al.** (1993). Évolution de *Caulerpa taxifolia* devant les côtes des Alpes-Maritimes et de la Principauté de Monaco. Observations par vidéo-tractée (mars et octobre 1992). Rapport IFREMER/Centre de Brest/DEL, 36 p.
- Boudouresque C.F., A. Meinesz, M. Verlaque et M. Knoepffler-Peguy** (1992). The expansion of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the Mediterranean. *Cryptogamie Algologie*, **13**, 2, 144-145.
- Fredj G., S. Di Geronimo et G. Gay** (1993). Inventaire et cartographie des biocénoses benthiques de la Principauté de Monaco. Principauté de Monaco, Département des Travaux Publics et des Affaires Sociales, Service de l'Environnement, 40 p. + 15 planches photographiques + 4 annexes + 2 cartes.
- Meinesz A., B. Hesse et X. Mari** (1991). Situation des zones atteintes par l'algue *Caulerpa taxifolia* sur la Côte d'Azur. Ed. Lab. Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis et GIS Posidonie, 22 p.
- Meinesz A. et B. Hesse** (1991). Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée Nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, **14**, 4, 415-426.
- Meinesz A. et T. Belsher** (1993). Observations en sous-marin de *C. taxifolia* dans l'étage circalittoral de l'Est des Alpes Maritimes. Rapport IFREMER/Université de Nice - Sophia Antipolis/Marine Nationale, 15 p.
- Meinesz A., J. de Vaugelas, L. Benichou, G. Caye, J.-M. Cottalorda, L. Delahaye, M. Febvre, S. Garin, T. Komatsu, R. Lemee, X. Mari, H. Molenaar, L. Perney et A. Venturini** (1993a). Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. Situation au 31 décembre 1992. Rapport LEML, Université de Nice - Sophia Antipolis, Fac. Sci., 80 p.
- Meinesz A., J. De Vaugelas, B. Hesse, et X. Mari** (1993b). Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters. *J. of Applied Phycology*, **5**, 141-147.
- R.N.O.** (1988). Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Dix années de surveillance 1974-1984. Document technique, V.II, physicochimie, éléments nutritifs, matériel particulier. IFREMER et Secrétariat d'État auprès du Premier Ministre chargé de l'Environnement, 229 p.