

direction de l'environnement et de l'aménagement littoral  
DEL/EC/BB

T. BELSHER

Janvier 2000

**ifremer**

---

## LIFE DG XI

# Suivi de l'expansion de l'algue *Caulerpa taxifolia*

actions menées par l'IFREMER

## **Suivi de l'expansion de l'algue *Caulerpa taxifolia* : actions menées par l'Ifremer**

### **Définition de programme**

Au début de l'année 1992, à la demande du Ministère de la Mer, une réunion s'est tenue au siège de l'Ifremer. Présidée par son Directeur de l'Environnement, elle a proposé un programme d'intervention et arrêté le principe d'un suivi de l'expansion. La Commission interministérielle de la mer a par la suite, décidé de lancer un programme national.

Dans le cas d'un début de colonisation, les questions essentielles, afin de décider des moyens à mettre en œuvre, sont les suivantes :

- quelle est son ampleur ?
- quelles sont ses limites bathymétriques ?
- quelle est sa dynamique ?
- quels sont les moyens de la limiter ?

L'Ifremer participant à deux programmes européens LIFE DGXI (1993-1995 et 1996-1998) coordonnés par le Pr. C.F. Boudouresque (Université d'Aix-marseille II), les grandes lignes de la stratégie d'exploration ont été définies en concertation avec le LEML (Université de Nice), le GIS Posidonie (Université d'Aix-Marseille II), et les autres partenaires européens, italiens et espagnols.

### **Le programme**

#### Objectifs

Compte tenu des moyens techniques disponibles à L'Ifremer, et des actions menées par le LEML et le GIS Posidonie, il a été convenu :

- de prospecter le domaine marin dans les profondeurs difficilement accessibles à la plongée sous-marine.
- d'établir les cartes les plus précises possibles de la première et principale zone colonisée, située entre Cap d'Ail et Menton. La surveillance soignée du premier site de signalisation, de *C. taxifolia*, *a priori* le plus ancien, celui de Monaco, nous est en effet apparue indispensable, afin d'y déceler les premiers signes éventuels de dégradation propre à aider à une lutte efficace.
- d'établir la dynamique de la population de *C. taxifolia*.
- de mettre en évidence les éventuels phénomènes de compétition.
- de constituer une vidéothèque de référence.

## Matériel et Méthodes

### *1. Cartographie globale et dynamique*

Des trajets, espacés de 100 m dans la mesure du possible sont effectués par vidéo sous-marine tractée entre les isobathes -10 m et -100 m. Leur positionnement est assuré, depuis l'utilisation du N.O. "L'Europe" par GPS différentiel. L'enregistrement des données est réalisé sur cassette vidéo 8 et VHS. Les trajets sont suivis grâce au logiciel de navigation assisté Sodena.

Un codage suivant des classes de densité est appliqué lors de la retransmission des données vidéo, qui se fait en direct, grâce à un câble électro-porteur, et permet d'établir une première carte de répartition.

L'analyse des trajets est poursuivie en laboratoire, afin de préciser les informations obtenues. Les trajets, rejoués sur un fond de carte SHOM et segmentés minute par minute, permettent de positionner les informations obtenues, chaque image étant pourvue lors de l'enregistrement, d'un data horaire.

Des cartes de synthèse, interpolant l'information entre les trajets sous marins, sont ensuite produites. Elles proposent des estimations de pourcentage de recouvrement de l'algue dans les zones prospectées. Sur ces cartes, la présence et la densité de l'algue sont représentées en 2 dimensions par des courbes d'isodensité de couleurs différentes. La quantification des surfaces recouvertes a été réalisée par une technique d'analyse d'image.

### *2. Analyse de sédiments*

Une analyse de sédiments, en vue de détecter d'éventuelles modifications significatives de celui-ci dues au cycle de *C. taxifolia*, a été menée.

Des carottes sont prélevées par carottier manuel ou multitubes suivant la profondeur, dans le sédiment sous-jacent des phytocénoses étudiées. L'analyse de l'eau interstitielle est menée sur les premiers centimètres de sédiment. Les carottes sont découpées en deux tranches (0-5 et 5-10 cm). Elles sont centrifugées à 2000 t/mn pendant 10 mn. L'eau interstitielle est ensuite filtrée (à 0.45  $\mu$ ) puis diluée 20 fois. Les analyses sont conduites par exploitation d'un auto-analyser technicon couplé à un enregistreur graphique.

### *3. Mécanismes de la compétition*

Des cloches benthiques sont mises en place sur les populations de *C. taxifolia* et de *P. oceanica* afin de mesurer les flux de nutriments et d'oxygène et par la même, de comparer le métabolisme de ces deux espèces.

## Campagnes effectuées

Depuis 1992, plusieurs campagnes océanographiques ont été menées par l'Ifremer, dans le cadre des programmes européens LIFE, avec l'appui des Services de l'Environnement et de la Marine monégasques et la participation de partenaires de ces programmes européens. Elles se sont déroulées à bord des navires, de l'Ifremer, les N.O. "Roselys", "L'Europe", ainsi qu'à bord du " Vitamar II", navire du Service de la Marine monégasque (Belsher *et al.*, 1994, 1995, 1996).

Elles ont concerné essentiellement le secteur marin délimité par le Cap d'Ail et la frontière franco-italienne, entre les isobathes -10 et -100 m. Le secteur marin compris entre 0 et -10 m a été partiellement renseigné par plongées.

Des prospections plus ponctuelles ont aussi été menées entre Toulon et le Cap d'Ail, et, en 1998, en collaboration avec l'ENEA et l'ICRAM, le long de la côte ligurienne, de Vintimille à Gènes.

Toutes les données ont été enregistrées, positionnées et analysées, permettant ainsi de constituer une vidéothèque de référence.

Les campagnes du N.O. "Roselys 2" ont eu lieu en mars et en octobre 1992 et celles du N.O. "L'Europe" en mars 1994, octobre 1995, octobre 1996, novembre 1997, septembre et octobre 1998. Des survols aériens (hélicoptère "Alouette", Douanes françaises) ont précédé les deux premières campagnes océanographiques menées à bord du N.O. "Roselys 2" afin de faciliter la délimitation de la zone à prospector.

En 1995, 1996 et 1997, les opérations poursuivies à bord du N.O. "Europe" ont inclus une couverture effectuée par sonar latéral. Il est en effet rapidement apparu nécessaire d'obtenir une carte bio-sédimentaire afin de comprendre la dynamique d'expansion de l'espèce. Par ailleurs, le sonar latéral permettant de détecter, entre autres, les mattes formées par l'herbier de Posidonie, principal écosystème végétal progressivement envahi par *C. taxifolia*, la carte résultante offre une possibilité de prévision quant aux secteurs qui vont être envahis, l'herbier s'avérant être un excellent support pour la fixation des rhizoïdes de *C. taxifolia*.

## Principaux résultats

L'analyse des données, obtenues par vidéo sous marine tractée et en plongée, a montré la persistance et l'extension, année après année, des populations de *C. taxifolia*, ainsi que des phénomènes de compétition avec d'autres phytocénoses.

### 1. Cartographie quantitative

Les observations effectuées par voie aérienne, ainsi que l'analyse des données obtenues par vidéo tractée, montrent clairement la persistance et l'extension des populations de *Caulerpa taxifolia*. Cette extension s'avère rapide et sujette à des variations saisonnières importantes. Ainsi, dans les limites des zones prospectées en mars et en octobre 1992 pour les secteurs de Menton, Cap Martin et Cap d'Ail, l'occupation spatiale passe respectivement de plus de 50 ha à 180 ha. En 1994, les surfaces colonisées atteignent 600 ha et en 1995, 730 ha. En particulier, sur le secteur de Monaco, la zone ouest du Port d'Hercule est colonisée ; la réserve sous marine du Larvotto est ponctuée de taches de Caulerpe et les réimplantations expérimentales à *Posidonia oceanica* sont recouvertes.

En 1996, pour les secteurs échantillonnés de Menton à Cap d'Ail, la superficie prospectée n'a été que de 329 ha mais la superficie colonisée est de 321.5 ha. La campagne 1997, très écourtée du fait de mouvements sociaux, a permis cependant de compléter la couverture sonar, ainsi que de constater, par vidéo sous-marine, la persistance de *C. taxifolia* le long de la face est du Cap Martin .

En 1998, enfin, pour l'ensemble du secteur d'étude de Menton à Cap d'Ail, *C. taxifolia* colonise plus de 1300 ha, soit 69 % de la zone prospectée.

Cette donnée englobe toutes les classes de densité. Pour les populations denses, les biomasses mesurées s'échelonnent de 53.5 g à 214 g/PS/m<sup>2</sup>, en 1995, et de 134.83 g à 327.25 g/PS/m<sup>2</sup> en 1996. Dans la Réserve sous-marine du Larvotto et devant le Musée océanographique de Monaco, les biomasses moyennes sont respectivement de 110 g et de 170 g/PS/m<sup>2</sup>.

## 2. Recouvrement , niche écologique et limites bathymétriques

Les populations denses, c'est-à-dire celles dont le recouvrement du substrat varie entre 50 et 100 % se développent maintenant entre la surface et l'isobathe -50 m. Le gain en bathymétrie a été, dans certains secteurs, d'une dizaine de mètres en un an. Au-delà de cette limite, les populations deviennent de plus en plus éparées, mais d'une année sur l'autre, la densité augmente. L'espèce a été observée fixée à plus de 80 m, devant le musée Océanographique de Monaco (en 1995, à -75 m devant le Cap Martin) ainsi que de très nombreux fragments détachés, remis en jeu 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) ainsi que par toutes les observations vidéo effectuées depuis. *C. taxifolia* peut, à l'aplomb des zones colonisées, se fixer et vivre jusqu'à -100 m de profondeur. De nombreux fragments en épave, apparemment viables et susceptibles de redonner des boutures, ont été repérés jusqu'à -108 m. La limite des prospections a été de -182 m. La niche écologique de cette algue couvre toute la tranche bathymétrique de l'étage infralittoral et la partie supérieure du circalittoral. Elle commence à former, dans ce dernier étage, des colonies étendues. Elle se fixe sur tous les types de substrats, pollués ou non, à des vitesses différentes : plus rapidement, par exemple, sur substrat solide que vaseux.

Sur les aspérités vivantes ou minérales émergeant des fonds vaseux, les frondes sont en bon état, les apex verts. La colonisation par stolons autour des points de fixation profonds, vaseux ou solides, n'a pas encore été observée. La colonisation des aspérités serait due à des thalles venant de l'étage supérieur, remis en jeu lors de tempêtes ou d'arrachages, et stoppés par le premier obstacle venu. De nombreux organismes benthiques fixés et dressés de l'étage circalittoral, essentiellement des invertébrés filtreurs (spongiaires, cnidaires, bryozoaires, annélides et tuniciers) apparaissent recouverts par l'algue.

## 3. Variations saisonnières et fluctuations dues aux sédiments et à l'hydrodynamisme.

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. Les variations de température, auxquelles sont particulièrement sensibles les algues d'origine tropicale, doivent jouer un rôle important.

Un autre type de fluctuations, dues au type de sédiments et au mode hydrodynamique auquel ils sont soumis a été mis en évidence dans la Baie de Menton ainsi que sur la face ouest du Cap Martin. En baie de Menton, les sédiments mobiles situés à faible profondeur et marqués par des " ripples marks ", perturbent sporadiquement l'implantation de l'algue.

La face ouest du Cap Martin, falaise abrupte, est soumise à un important hydrodynamisme, qui fragmente la population et favorise sa dissémination. Ce facteur doit contribuer à la colonisation progressive de la baie de Roquebrune.

#### 4. Compétition

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.

En octobre 1992, seul l'herbier à *Posidonia oceanica*, de type clairsemé ou dégradé avait été vu pénétré par *Caulerpa taxifolia*. En 1994, l'herbier dense est également pénétré. En 1995, la frange supérieure de l'herbier de Posidonie de Cap d'Ail régresse et disparaît même par endroits. L'herbier de *P. oceanica*, dont les phases de développement sont pourtant inverses de celles de *C. taxifolia* apparaît donc particulièrement menacé.

Dans les herbiers à *Cymodocea nodosa*, *C. taxifolia* se surimpose au réseau de stolons de cette espèce, le décalquant littéralement.

#### 5. Modifications de la composition des sédiments

Les analyses des carottes de sédiments, tant au niveau des métaux lourds, des pesticides, des nutriments et des hydrocarbures ont été effectuées dès 1994 et poursuivies jusqu'en 1998, entre -34 m et -62 m, ainsi qu'à proximité de la réserve du Larvotto.

En 1994, les valeurs en nitrates étaient équivalentes à celles trouvées dans d'autres secteurs méditerranéens (de 3.18 à 40.90  $\mu\text{Atg/l}$ ) et les valeurs en azote ammoniacal (de 200 à 455  $\mu\text{Atg/l}$ ) fortes par rapport à celles concernant les phosphates (de 0.50 à 4.00  $\mu\text{Atg/l}$ ).

Une contamination en métaux lourds est relevée par rapport aux concentrations mesurées dans des sédiments prélevés en haute mer.

Des valeurs élevées sont mesurées pour le DDT, le pyrène et le fluoranthène. Les PCB sont en quantité faible et les hydrocarbures présentent des valeurs irrégulières, avec des taux élevés près de la réserve du Larvotto. La comparaison des données faite jusqu'en 1996, montre, en certains secteurs, une augmentation des valeurs en azote ammoniacal. Les valeurs en nitrates indiquent que le sédiment n'est pas totalement anoxique. Une réduction des sédiments sous les populations denses de *C. taxifolia*, situées à -10 m a été observée. La série de mesures et d'observations est encore trop limitée pour en tirer des conclusions.

Par ailleurs, le suivi des concentrations en nitrate des eaux de surface, effectué mensuellement par le R.N.O., de 1976 à 1991, pour le secteur de Beaulieu à Menton, met en évidence une stabilité des valeurs, qui s'avèrent faibles. Les données les plus récentes, issues également du R.N.O., ne font pas non plus apparaître de tendance à la hausse par rapport aux valeurs de la décennie passée (R.N.O., 1988, et Joanny, communication personnelle).

#### 6. Mécanismes de compétition.

Afin de déterminer les mécanismes de la compétition entre l'algue *C. taxifolia* et la principale phytocénose végétale de Méditerranée constituée par l'herbier à *P. oceanica*, des mesures *in situ*, à l'aide de cloches benthiques ont été effectuées de 1995 à 1998. L'activité photosynthétique de *C. taxifolia* s'avère largement supérieure, en automne, comme en hiver, à celle de *P. oceanica*. Les ordres de grandeur sont de 8 et de 1.5 fois. L'algue serait plus apte à utiliser les phosphates. Dans un environnement limité en nutriments, comme l'est la Méditerranée, cette capacité de fixation est sans doute un avantage dans la compétition entre les deux espèces en période estivale.

### 7. Elément pour un système d'information géographique

La carte bio-sédimentaire "de Cap d'Ail à Menton" a été dressée à la suite des campagnes océanographiques de 1995 à 1997 (Editions Ifremer 1999).

Elle s'avère être un document d'une grande utilité, tant pour les biologistes que pour les modélisateurs.

### Conclusion et perspectives

L'Ifremer a activement contribué au programme national puis aux deux programmes européens LIFE DGXI concernant l'algue.

Les moyens mis en œuvre ont été sans cesse perfectionnés et les méthodes d'étude améliorées. La mise en service du N.O. "L'Europe", avec une informatique de bord, des logiciels de navigation assistés performants et un positionnement par GPS différentiel, a été décisive quant à la progression des connaissances sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia*.

Ainsi, pour la même zone d'étude, la première donnée quantitative, acquise en mars 1992, est d'environ 50 ha, et la dernière, datant d'octobre 1998, avoisine 1300 ha. Ce chiffre englobe toutes les classes de densité. Toutefois, la figuration et la quantification d'éléments biologiques du milieu sous-marin représentent toujours un instantané, plus fugace que celui des formations sédimentaires, avec des potentialités de fluctuations pour des raisons tant physiques que biologiques.

*C. taxifolia* colonise aussi bien les milieux pollués que non pollués dans la tranche bathymétrique comprise entre 0 et -100 m et entre en compétition avec divers compartiments floristiques et faunistiques. Un métabolisme supérieur à celui d'autres espèces végétales à certaines saisons et une meilleure utilisation de certains nutriments apparaissent pouvoir figurer parmi les éléments explicatifs.

Le devenir de la biomasse produite et dégradée et ses incidences sur l'écosystème méditerranéen à longue échéance restent encore inconnus.

Enfin, la découverte lors de la campagne Califa 98/2 menée le long des côtes liguriennes, pour la première fois dans ce secteur, d'ascoglosses indigènes dans les champs de *C. taxifolia* témoigne des possibilités d'adaptation de l'écosystème.

Toutes les données mentionnées ci-dessus ont fait l'objet de communications, rapports et publications. Ainsi que défini dans le cadre du second programme européen, les versions anglaise et arabe du film vidéo de l'Ifremer "Sur les traces de la caulerpe" ont été réalisées au Centre Ifremer de Brest, avec la collaboration de l'INSTM (Tunisie).

## Publications et Rapports

- Belsher, T., *et al.*, 1994. Eléments cartographiques et évolution de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée (Alpes maritimes et Monaco, 1992). *Oceanologica acta*, 17(4) : 443-451.
- Belsher, T. et Meinesz, A., 1995. Deep water dispersal of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean. *Aquatic botany*, 51: 163-169.
- Belsher, T., et Henocque, Y., 1995. *Caulerpa taxifolia* : la biodiversité en danger ? *Recherches marines*, 12 : 9-10.
- Belsher, T., *et al.*, 1996. Acquisitions d'éléments qualitatifs et quantitatifs sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en 1994 (Alpes maritimes et Principauté de Monaco (Second International Workshop on *C. taxifolia*), Ribera *et al.* edit., Univ ; Barcelona publ., Spain: 107-112.
- Belsher, T., *et al.*, 1997. Acquisitions d'éléments qualitatifs et quantitatifs sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en 1995 et 1996 (Alpes maritimes et Principauté de Monaco) Rapport Ifremer DEL/EC/BB/RCO/97/11 et Service de l'Environnement de Monaco : 38 p.
- Belsher, T., *et al.*, 1998. Acquisitions d'éléments qualitatifs et quantitatifs sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en 1996 (Alpes maritimes, Var et Principauté de Monaco) (Third International Workshop on *C. taxifolia*), Boudouresque *et al.* edit., GIS Posidonie publ ; 33-44.
- Belsher, T., et E. Houlgatte, 1999. Carte des sédiments superficiels marins des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia*. Editions Ifremer, 3 feuilles + notice.
- Belsher, T., et V. Ben Tata. Les caulerpes invasives de Méditerranée : actions menées par la France in *Rapports Techniques du PAM/PNUE*, 1999 ? : sous presse.
- Vaugelas, J. De, Meinesz, A., Antolic, B., Ballesteros, E., Belsher, T., Cassar, N., G. Cecherelli, G., Cinelli, F., Cottalorda, J.M., Frada Orestano, C., Grau, A.M., Jaklin, A., Morucci, C., Relini, M., R. Sandulli, R., Span, A., Tripaldi, G., Van Klaveren, P., Zavodnik, N., and A. Zuljevic. Standardization of map representation for the expansion of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean sea. *Oceanologica Acta*, 22 (1) 1999 , 85-94.
- A. Meinesz, J.M. Cottalorda, D. Chiaverini, N. Cassar, J. de Vaugelas, B. Antolic, E. Ballesteros, T. Belsher, G. Ceccherelli, F. Cinelli, C. orestano, A.M. Grau, A. Jaklin, S. Pou, R. Sandulli, A. Span, N. Zavodnik et A. Zulevic, 1998. Bilan et analyse de la situation de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée à la fin de 1997 in *Suivi de l'invasion de l'algue tropicale Caulerpa taxifolia en Méditerranée : situation au 31.12.97*. Meinez, A., Cottalorda, J.M., Chiaverini D., Cassar N et Vaugelas J. de (ed). LEML-UNSA publ., 1998, 238 p.

### **Participation aux Séminaires Internationaux**

First International workshop, Nice, 17-18/01/1994.

Dynamique d'espèces marines invasives : application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée, Académie des Sciences, Paris, 13-15/03/1997.

Third international workshop, Marseille, 19-20/09/1997.

A la demande du Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, T. Belsher a représenté la France, avec V. Ben Tata (MATE) à l'atelier organisé par le PAM/PNUE sur les espèces de *Caulerpa* invasives. A ce titre, T. Belsher a présenté l'historique des actions menées en France. Cet Atelier s'est tenu en Crète (18-20/03/1998) et a réuni les représentants de tous les pays méditerranéens ainsi que leurs délégations scientifiques.

Fourth international workshop, Lerici (Italie), 01-02/1999.

### **Participation aux Comités scientifiques et de Coordination (Plan national) et au Comité de Pilotage du MATE**

Représentation de l'Ifremer à la réunion du Comité d'orientation du programme de recherche "Caulerpe" du MATE (29/04/1998).

Réponse à l'appel à proposition de recherches du MATE (07/1998).

Société Phycologique de France : journées phycologiques sur le thème "Espèces invasives et impacts" (Paris, 20-22/12/1998). Communication sur les acquisitions qualitatives et quantitatives sur *Caulerpa taxifolia* obtenues lors des missions océanographiques Califa 98/1 et Califa 98/2.

### **Sensibilisation et diffusion des connaissances (1998-1999)**

"Sur les traces de la caulerpe" (film vidéo, version arabe, en collaboration avec l'INSTM, Tunisie ; Editions Ifremer 1999).

Conférencier invité par l'Institut des Sciences marines d'Izmir (Turquie)

Participation au " Journal de la Terre " (émission de la chaîne TV "La Cinquième")

Fourniture de documents à la chaîne TV "ARTE"

Participation à l'émission Thalassa (diffusion prévue en Octobre 1999).

Participation au Festival du Film sous-marin de Taverny : présentation du film "Sur les traces de la caulerpe" (06/02 au 07/2/1998) et conférence sur *Caulerpa taxifolia*.



# Rapport d'activités 1994-1995

*Thomas Belsher*

## Programme *Caulerpa taxifolia*

### Programme de rattachement

Programme Européen DGXI LIFE "Contrôle de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée". Le programme développé à l'Ifremer est complémentaire des recherches effectuées par les divers partenaires tant en Italie (cartographie qualitative à faible profondeur, toxicité ...) qu'en Espagne (cartographie qualitative à faible profondeur, mesure des facteurs limitants ...) et en France (cartographie qualitative et semi quantitative à faible profondeur, modélisation, atteintes à l'herbier de Posidonie, sédimentologie, lutte biologique, lutte mécanique...). Il est le fruit d'une concertation avec les coordonnateurs du programme LIFE DG XI et tient compte des résultats acquis et des nouvelles orientations de programme dégagées. Il fait intervenir à plein les spécificités techniques propres à l'Ifremer : acquisition de données qualitatives et quantitatives précises à toutes profondeurs, mise en oeuvre de sonar latéral et d'outils expérimentaux, mise en place de cloches benthiques, ...) ainsi que l'expérience et les compétences acquises dans le domaine des proliférations végétales dues aux macrophytes benthiques (coordination nationale du programme *Sargassum muticum*, phytosociologie, mesure de flux de nutriments, cinétique d'absorption des nutriments, ...).

### Problématique générale

Depuis 1989, l'algue d'origine tropicale *Caulerpa taxifolia* ne cesse d'accroître son territoire. Tout d'abord signalée au pied du Musée océanographique de Monaco, en tache de l'ordre du m<sup>2</sup>, elle occupe en 1990, entre le cap Martin et Monaco 3 ha pour atteindre à la fin de l'année 1995 plus de 2000 ha. L'aire de répartition s'étend maintenant, de façon discontinue, des îles Baléares à la Croatie.

Du fait de la persistance de cette expansion algale, il est apparu qu'il devenait nécessaire d'aller plus loin qu'un état descriptif de la situation, et qu'il fallait rechercher les éléments explicatifs quant au succès de cette espèce afin d'élucider ses mécanismes d'insertion dans l'écosystème méditerranéen.

Aussi les missions effectuées à bord du N/O "L'Europe" et du "Vitamar" (Service de l'Environnement monégasque) en 1994 et en 1995 se sont-elles strictement limitées au secteur compris entre le Cap d'Ail et Menton afin d'acquérir des données précises quant :

- à la dynamique de la population et ses limites bathymétriques
- au devenir de la biomasse produite
- aux mécanismes de compétition mis en jeu
- aux modifications de la biodiversité.

L'analyse des données montre que les populations denses, c'est-à-dire celles dont le recouvrement varie entre 50 et 100 %, se développent maintenant au delà de - 30 m ; les signalisations sont courantes jusqu'à - 75 m. Depuis 1994, la progression apparaît de plus en plus rapide. Des individus isolés avaient été observés en décembre 1992 à - 99 m (Meinesz et Belsher, 1993 ; Belsher et Meinesz, 1995), aussi ne fait-il maintenant aucun doute que l'espèce va accroître progressivement son emprise jusqu'à cette profondeur.

Les phénomènes de compétition sont aigus vis-à-vis de la flore indigène et, fait nouveau et particulièrement inquiétant, la frange supérieure de l'herbier de *Posidonia oceanica*, dans certains secteurs (Cap d'Ail) régresse et disparaît. Enfin, l'utilisation de cloches benthiques a permis de montrer que l'activité photosynthétique de *C. taxifolia* est largement supérieure à celle de *P. oceanica*. L'algue serait également plus apte à utiliser les phosphates disponibles dans la masse d'eau.

## Prospective

Bien que le phénomène prenne de plus en plus rapidement de l'ampleur, les réponses aux questions posées s'inscrivent dans un programme à long terme dont l'enjeu final est d'arriver à non seulement prédire les bouleversements de l'écosystème, tant structurels que fonctionnels, mais aussi de permettre de maîtriser ce type de prolifération. Le renouvellement du Programme européen LIFE (1996-1998) offre cette opportunité ainsi que celle de tester de nouvelles techniques d'acquisition (projet ULIS/DITI).

De manière générale, les méthodes utilisées et les résultats obtenus ont également pour ambition de nourrir une *réflexion globale sur les proliférations* d'espèces tant animales que végétales. Les autres actions envisagées propres à fédérer un groupe de travail Ifremer sur ce thème sont, à mon sens, la constitution d'une base *bibliographique* et la *réalisation d'un ouvrage de synthèse* (dénombrement, causes, effets, méthodes utilisées, résultats, état de l'art ...) sur les proliférations touchant les côtes françaises, y compris celles des Territoires et Départements d'Outre mer.

## 1994

Diplôme obtenu : Habilitation à diriger des recherches

### Publication

Belsher *et al.*, 1994. Cartographie et évolution de *Caulerpa taxifolia* (Alpes Maritimes et Principauté de Monaco) in First International Workshop on *C. taxifolia*, Nice, France : 147-154.

### Colloques

Séminaire franco-japonais "Gestion et restauration des écosystèmes côtiers" (Nice, 13-16/09/1994) (sur invitation du CNRS).

Préparation du 5ème International Phycological Congress, Qingdao, Chine (membre du Comité d'organisation et présidence de session) :

\* le financement de cette mission n'a pu être obtenu.

Préparation du 15ème International seaweed symposium, Valdivia, Chili :

\* le financement de cette mission n'a pu être obtenu.

### Activités pédagogiques

Encadrement et cours dans le cadre des 3èmes Rencontres Nationales Sciences et techniques de l'Environnement (Brest).

Congé maladie du 7/10 au 17/12.

## 1995

### Publication scientifique

Belsher, T., et A. Meinesz, 1995. Deep-water dispersal of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean. *Aquatic Botany*, 51 : 163-169.

### Communication (revue)

Belsher, T., et Y. Hénocque, 1995. *Caulerpa taxifolia* : la biodiversité en danger ? *Recherches marines*, 12 : 9-10.

## Rapport

Belsher, T., J. Dimeet, J.M. Raillard, D. Coïc, M.C. Grillo, A. Veglia, et R. Pucci, 1995. Acquisition d'éléments qualitatifs et quantitatifs sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en 1994 (Alpes Maritimes et Principauté de Monaco). Rapport Ifremer et Service de l'Environnement de la Principauté de Monaco : 32 p.

## Ouvrages collectifs

Belsher, T., Lavoie, A., et Dubois, J.M., 1995.(a paru en 1996). La végétation marine : répartition, biomasse et gestion. *in* Précis de Télédétection, Universités francophones, Volume 2, Applications thématiques, Presses de l'Université du Québec/AUPELF : 429-474.

Belsher, T., Cabioch, J., L'Hardy Halos, Th., Castric-Fey, A., et Le Roux, A., 1995 (a paraître en 1996): Manche-Atlantique: effets des introductions d'espèces. Les algues macrophytes. Biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord : synthèse, menaces et perspectives. *in* Biocénoses menacées, MNHN : 33 p.

## Conférences

Forum «La Science et Nous» (Fontenay-sous-Bois) :

- Applications de la télédétection spatiale
- *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : questions et problèmes.

Institut Océanographique (Paris) :

- De la Sargasse à la Caulerpe : la saga des algues envahissantes.

## Documentaire vidéo

Belsher, T., V. Baty, M. Gouillou, G. Vincent, et A. Lathière, 1995. Sur les traces de la caulerpe. Film vidéo Ifremer : 14 mn.

## Interviews

France Info : les envahisseurs de la mer.

Agence Gamma, RFI, Radio Provence, Radio Nostalgie, Radio BFM : la campagne CALIFE, le point sur *C. taxifolia*.



## Note synthétique concernant les moyens de lutte appliqués à l'algue *Caulerpa taxifolia*

par Thomas Belsher, Yves Henocque et Didier Sauzade  
Ifremer/DEL, Brest et Toulon  
09/07/99

### **Introduction et historique**

En 1991, à la suite d'une première publication (Meinesz *et al.*, 1991) et de plusieurs réunions publiques, un programme était mis en place par le Ministère de la Mer qui confiait notamment à l'IFREMER d'établir un inventaire comparatif des techniques et équipements rapidement disponibles afin de préparer une stratégie de lutte. Dans un premier temps, l'IFREMER s'est tourné vers les entrepreneurs de travaux sous-marins. Très rapidement, il est apparu également nécessaire d'intégrer les propositions de plusieurs inventeurs de procédés déclarés comme étant spécifiquement adaptés. Une première sélection pour « évaluation -terrain » a ainsi été faite en retenant cinq techniques d'arrachage et quatre techniques de traitement *in situ*.

Les premiers essais d'évaluation de ces techniques de lutte ont été financés et dirigés par l'Ifremer/Toulon (montant: 200kF) avec délégation de la maîtrise d'oeuvre à la Société High-Tech Environnement dans le cadre d'un Programme national puis du premier Programme européen LIFE DGXI (1993-1995). Il est à noter que ces programmes n'ont permis de financer que l'évaluation *in situ* de ces techniques, toujours supportée par leur promoteurs, qui ont bénéficié d'aides très variables, et non leur développement et leurs essais en aquarium (*Algue Caulerpa taxifolia : qualification des techniques d'éradication : Avon et al., 1994*)

La troisième phase d'évaluation *in situ* a été entreprise dans le cadre du deuxième Programme européen LIFE DGXI (1996-1998) piloté par le GIS Posidonie et n'a porté que sur les dernières évolutions des procédés chimiques.

Les deux programmes européens ont généré trois colloques internationaux (1994, 1996 et 1998) faisant la synthèse de l'ensemble des travaux, dont la partie « lutte et stratégies de lutte ».

Une évaluation des techniques utilisées apparaît aussi dans les « Actes de colloques de l'Académie des Sciences » sur la "Dynamique d'espèces marines invasives: application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée" (1997).

Parallèlement à ces essais, utilisant des moyens physiques et chimiques, la voie de la lutte biologique était explorée avec la proposition d'introduction d'espèces d'ascoglosses (limace de mer), brouteuses de caulerpe, l'une tropicale, l'autre indigène. Mais, contrairement aux essais de lutte physique et chimique, les essais se sont limités au laboratoire, notamment du fait des risques encourus par ce type d'introduction.

Les observations et les prélèvements effectués au cours des campagnes océanographiques menées par Ifremer/Brest et Toulon depuis 1992 ont également été utiles pour la rédaction de cette note, qu'il s'agisse du comportement de l'algue elle-même ou de celui de ses prédateurs. Celle-ci ne prétend cependant pas être exhaustive, compte tenu du fait qu'une dernière synthèse, dans le cadre du Programme européen DGXI (1996-1998) est en cours de rédaction

au GIS Posidonie. Elle sera publiée dans les actes du " Fourth International Workshop on *Caulerpa taxifolia* " qui s'est tenu à Lerici ( Italy, 1-2nd February, 1999).

Plus en détail, nous reprenons les techniques citées plus haut selon qu'elles font à des procédés physiques, chimiques et biologiques. Pour l'évaluation des techniques physico-chimiques, les cinq critères de comparaison pris en compte sont l'efficacité d'arrachage (m<sup>2</sup>/heure), le rendement (% d'algue réellement détruite), le coût (FF/m<sup>2</sup>), l'impact environnemental, et la sécurité des opérateurs.

### Procédés physiques

Les procédés physiques visent soit à arracher l'algue, ce qui pose le problème de la récupération systématique de déchets afin d'éviter leur diffusion puis celui de la destruction de ces déchets à terre, soit à détruire l'algue sur place par des procédés physiques (chaleur, froid..), qui se sont révélés peu efficaces.

#### - Arrachage manuel

méthode couramment employée aux Baléares et dans la Réserve sous-marine de Port Cros dans laquelle un premier arrachage manuel a été effectué en 1997 ; elle offre le recul nécessaire pour juger de ses avantages et de ses inconvénients (coût, conditions de travail ). L'arrachage manuel est à proscrire pour les grandes surfaces d'après Gravez et Robert (1997).

#### - Arrachage mécanique

La combinaison d'un jet d'eau sous pression avec un système d'aspiration simple a été évaluée comme un moyen de procéder efficacement à un arrachage systématique malgré un coût élevé (*in Utilisation de moyens d'intervention mécaniques ou chimiques, avantages et risques : Y.Henocque, 1997*). Cette méthode a été considérée comme **la technique de référence**, au sens où elle peut être mise en oeuvre de façon professionnelle et sans nécessiter de développements par toutes les entreprises de travaux sous-marin. Il a été admis que les autres techniques, plus novatrices, doivent au terme de leur développement être significativement plus avantageuses, notamment du point de vue de leur coût, pour présenter un intérêt par rapport à cette technique de référence.

#### - Voile opaque

Les problèmes de mise en oeuvre portent sur la mise en place et la stabilité de la toile par mer agitée. Il semble que cette technique (priver l'algue de lumière et stopper la photosynthèse) ait été cependant utilisée à l'échelle d'une baie en Croatie.

#### - Eau chaude confinée

Essais en mer en rade d'Hyères avec une cloche déplacée par un plongeur. L'eau chaude est à 90°C à la sortie de la chaudière mais tombe à 45°C au contact de l'algue, ce qui prolonge le temps d'application (1mn30s et plus) et diminue d'autant l'efficacité. Il y a alors seulement destruction partielle de l'algue avec, au bout de trois semaines, des repousses .

Citons pour mémoire quelques méthodes qui ont été abandonnées après une première évaluation *in-situ* peu concluante :

#### - Faucardage, jetting et jetting d'eau chaude

Ces méthodes se sont avérées peu efficaces et provoquent une forte dissémination de fragments d'algue, propice à la colonisation d'autres zones

- *Chalumeau*

Essais en mer non concluants.

- *Ultrasons*

Essais en mer non concluants, à l'inverse de ceux conduits en aquarium

- *carboglance*

Provoque des nécroses de l'algue. Peu d'efficacité sur le terrain sauf à employer des quantités extravagantes de carboglance.

L'ensemble des essais a montré la limite de ces méthodes : l'arrachage manuel ne peut être appliqué que sur de toutes petites surfaces comme à Port Cros (moins de 10m<sup>2</sup>) ou pour des retours sur zone, et le système mécanique le plus efficace (arrachage par jetting et aspiration simultanée) sur des surfaces plus importantes (ex: port) mais à des coûts élevés (300 à 400 FF/m<sup>2</sup>).

(in « *Utilisation de moyens d'intervention mécaniques ou chimiques, avantages et risques* » : Y.Henocque, 1997).

En conclusion, le coût d'utilisation de ces méthodes va de 300 à 800 FF/m<sup>2</sup> et aucune n'apparaît, pour les divers auteurs des synthèses sur ces techniques, opérationnelle et efficace à 100%.

## **Procédés chimiques**

Ils ont pour avantage de viser à une dénaturation de l'algue sur place, ce qui élimine le problème de la récupération. La difficulté consiste à obtenir une bonne efficacité tout en limitant l'impact sur négatif du biocide utilisé sur le milieu dans des limites acceptables. Ces procédés doivent résoudre deux problèmes majeurs: la génération ou l'apport contrôlé d'une solution de biocide et la garantie d'un temps d'exposition suffisant de cette solution autour de l'algue.

- *Chlorure de sodium*

Des essais ont été conduits dans le Port de St-Cyprien ainsi qu'en Baie de Roquebrune. D'après les promoteurs de cette technique, il est possible de pouvoir éradiquer une surface importante, à condition de traiter zone par zone, avec des doses de 20 à 25kg/m<sup>2</sup>. (in « *Utilisation du chlorure de sodium comme moyen d'éradication de *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C.Agardh* » : Escoubet, S. et al, 1998). Des évaluations plus récentes ont montré que les quantités de chlorure de sodium à utiliser devaient être beaucoup plus importantes, en particulier en cas de courants, ce qui diminue beaucoup l'attrait de ce procédé.

- *Cuivre*

Plusieurs procédés ont été expérimentés, présentés ici dans l'ordre chronologique de leur déclaration. Ces procédés ont un coût marginal de mise en oeuvre qui pourrait descendre autour de 100 F/m<sup>2</sup> en première approximation, pour des surfaces moyennes.

Procédé dit de la cuve électrolytique virtuelle (C.E.V.) (Association pour le développement de procédés de maîtrise de la *Caulerpa Taxifolia*, Pd M. Jaffrennou)

Ce procédé breveté est issu de la technique de l'électrolyse industrielle. Il utilise un champ électrolytique transportant les ions de cuivre d'une anode à une cathode disposées de part et d'autre d'une population de *C. taxifolia*. Ce procédé s'est révélé efficace, sélectif, au sens où les herbiers de phanérogames ne sont pas atteints et peu polluant, l'influence mesurée sur le substrat étant négligeable.

(in » *Un matériel complet et opérationnel pour la maîtrise et la réduction du développement de la Caulerpa taxifolia en méditerranée: la cuve électrolytique virtuelle (CEV)* »: Rebouillon et al., 1999). En dépit des développements déjà effectués, cette technique est certainement perfectible du fait de sa complexité de mise en oeuvre, comparée aux techniques suivantes.

Procédé dit de la couverture à ions cuivrique

Ce procédé original a été développé par un laboratoire du CNRS (LMPM, C. GAVACH, Montpellier) et a fait l'objet de brevet. La grande souplesse des couvertures autorise des applications sur tous types de substrats et de reliefs; l'avantage de cette technique est d'amener l'ion cuivrique directement au contact de l'algue sans dissémination dans l'environnement.

- des essais ont été effectués sur différents sites en mer ouverte, en particulier à Port Cros  
Seuil de létalité: 1g de Cu fixé pour 10kg d'algue fraîche; teneur résiduelle du Cu dans les sédiments un an après traitement: 40mg/kg, sous forme inerte et sans action sur la recolonisation par d'autres algues.

(in » *Développement pré-industriel de la destruction de Caulerpa taxifolia par la technique de la couverture à ions cuivriques. Résultats des essais* »: Gavach et al., 1999)

Procédé dit de diffusion contrôlée d'un algicide pour le traitement de la Caulerpe

Ce procédé, développé et breveté par un inventeur indépendant (M. Charrin) avec le soutien d'EdF, utilise du sulfate de cuivre en solution dans de l'eau de mer à la salinité augmentée par passage dans une colonne de sel. Le produit, préparé en continu par pompage, est injecté sur la zone de traitement suivant trois modes :

- mode de diffusion libre : utilisable par mouvements faibles de l'eau sur tâches isolées de caulerpe

- mode ouvert délimité par des barrages immergés : zone portuaire

- système fermé utilisant une couverture souple lestée : le produit se répand sous un film plastique et permet de traiter les zones à courants et densément recouvertes.

Les auteurs de l'expérimentation précisent que le choix du système d'application est fonction du site et des conditions d'agitation du milieu sous-marin; temps moyen de contact de l'algicide avec *C. taxifolia* pour éradication : 30mn

(in » *Procédé industriel de destruction de la Caulerpa taxifolia par diffusion d'algicide au contact de l'algue: développement, évaluation et perspective* »: Charrin, J.P., Emery, E. et V.Gravez., 1999). Ce procédé, qui a pour lui sa simplicité, et la possibilité de contrôler exactement les doses émises, convient particulièrement aux zones planes, en particulier les ports. L'impact environnemental est probablement équivalent à celui du procédé précédant.

Efficacité et impact environnemental du cuivre

Une étude fondamentale menée par Uchimura *et al*, quant à l'effet comparé des ions  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , et  $\text{Na}^+$  fait apparaître que la dose létale au  $\text{Cu}^{2+}$  est 2 000 à 10 000 fois plus faible que celle en  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ . L'action de  $\text{Cu}^{2+}$  sur *C.taxifolia*, lorsque la dose létale est atteinte, entraîne un blocage de la photosynthèse par perte de deux sous-unités d'un enzyme (Rubisco) (in « *Etude comparative de l'action des ions  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  et de la dichloro-méthyl-urée sur *Caulerpa taxifolia** » : Uchimura *et al.*, 1999)

Une synthèse des discussions et des exposés concernant les techniques au cuivre a été faite par C.Gavach. qui conclut que: " si les risques induits par la propagation de *C.taxifolia* étaient jugés assez graves pour exiger des traitements au cuivre, ces derniers devront être efficaces à 100% pour éviter des apports répétés de cuivre. De plus, ils devraient être effectués dès les premiers stades de développement des nouvelles colonisations pour minimiser les quantités de cuivre émises ".

(in « *Peut-on prévoir l'impact éco-toxicologique des techniques de destruction de *C.taxifolia* par l'ion cuivrique?* » : Gavach, C., 1999)

En conclusion, les moyens chimiques permettent d'avoir des coûts inférieurs aux procédés physiques. Cependant, ces procédés chimiques ne sont pas encore arrivés à maturité sur le plan technique. Bien que les essais restent insuffisants, on est en droit d'espérer que les techniques chimiques permettent à terme d'atteindre des coûts oscillant entre 100 et 200 FF/m<sup>2</sup>, soit environ la moitié du coût moyen des techniques physiques.

Les évaluations d'impact quant à elles ont montré que celui-ci était relativement faible et que l'application est d'autant plus adaptée que l'on intervient sur des fonds pauvres tels que dans les zones portuaires.

**Qu'il s'agisse de procédés physiques ou chimiques, malgré les améliorations nécessaires, on a aujourd'hui une palette de techniques utilisables pour la lutte sur des surfaces relativement limitées, allant de la dizaine de m<sup>2</sup> à l'hectare pour des coûts variant de 100 à 400 FF selon la surface, la profondeur, les difficultés d'accès, etc. En clair, on entre dans une phase qui pourrait être rapidement opérationnelle dans un cadre financier et administratif adapté.**

### **Moyens biologiques**

- ascoglosses des caraïbes

Action étudiée en aquarium par A. Meinesz.(LEML,Nice) qui préconise, d'après les résultats une expérimentation en mer ouverte avec l'espèce *E.subornata* et éventuellement *O.azuropunctata*

(in « *Biological control of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean sea : use of tropical and mediterranean ascoglossans* » : Meinesz, A.,1998).

- ascoglosses indigènes

La reproduction de *L.serradifalci* et *Oxynoe olivacea* a également été étudiée en aquarium par A. Meinesz .

D'après cet auteur, elles ne semblent pas constituer des populations suffisantes pour contrôler l'expansion de l'algue et ces deux espèces, du fait de leurs larves pélagiques, nécessiteraient des élevages intensifs, et entraîneraient des difficultés techniques rendant très onéreuses et rhédibitoires leur utilisation.

Il faut cependant mentionner que l'espèce *L.serradifalci*, du fait vraisemblablement de l'expansion continue des champs de *C.taxifolia*, se rencontre de plus en plus fréquemment . Elle a été ainsi signalée en Croatie et en Ligurie (campagne Ifremer/CALIFA98).

A notre avis, ce témoignage d'adaptation d'une espèce endémique, connue avant l'apparition de *C.taxifolia* en Méditerranée pour ne consommer que *C.prolifera*, mérite une attention soutenue, dans le cadre d'un programme général de recherche des prédateurs indigènes de *C.taxifolia*.

Ceci rejoint les propositions d'actions de recherche de l'Académie des Sciences :

*Il faut donc initier et soutenir les recherches expérimentales permettant d'établir le bilan précis des potentialités de lutte biologique par l'utilisation des espèces indigènes de méditerranée, en particulier des Ascoglosses méditerranéens, mais sans négliger les autres agents biologiques.*

*(in » Actes de colloques de l'Académie des Sciences », 1997).*

### **En conclusion**

La très grande majorité des techniques évoquées brièvement dans cette note ont fait l'objet d'essais et d'évaluations poussés menant la plupart du temps à une évaluation du coût par m<sup>2</sup>. Un certain nombre de ces techniques pourraient être à présent rapidement opérationnelles et complémentaires pour peu que leur champ d'application puisse se développer grâce à des moyens financiers plus incitatifs.

L'enseignement acquis notamment dans le cadre de deux programmes européens successifs devrait être mis à profit lors de campagnes d'essai d'éradication et de limitation de grande ampleur dans les secteurs à protéger de la colonisation de *C.taxifolia* (Réserves sous-marines) ainsi que dans ceux où la présence de cette algue s'avère particulièrement inopportune (Port de St Cyprien, zones d'intérêt patrimoniales, ...)



# NOTE sur CAULERPA TAXIFOLIA

Etablie à la demande de Mr F. Poinsard  
Conseiller scientifique, Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation - 20/12/96  
Réactualisée le 25/11/99 à la demande de Mme D. Shirman Duclos

## 1. Les constats concernant l'environnement marin

En 1991, une publication dans une revue internationale (*Oceanologica Acta*) fait état de "l'introduction et de l'invasion de l'algue *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée occidentale".<sup>1</sup> Depuis, plus de 250 articles scientifiques, mais aussi environ 600 articles de presse et reportages, ont été consacrés à ce sujet. La production scientifique est principalement issue de deux programmes LIFE (1993-1995 et 1996-1998) sur l'expansion de l'algue en Méditerranée, coordonnés par le GIS Posidonie. Ces programmes ont rassemblé plusieurs dizaines de laboratoires français (dont l'IFREMER), italiens et espagnols. Les résultats obtenus ont été présentés dans quatre colloques internationaux<sup>2 3 4 7</sup>.

## 2. Les effets sur l'environnement marin

Certaines des conséquences de cette prolifération algale en Méditerranée commencent à être évaluées.

### *Superficies couvertes :*

Plus de 5000 ha sont touchés de manière inégale. En 1998, la plupart des populations denses cartographiées, c'est à dire recouvrant le substrat de 50 à 100 % sont situés entre le Cap d'Ail et Menton<sup>7</sup>.

### *Dynamique de la progression :*

1990 : 3 ha - 1991 : 30 ha - 1992 : 427 ha - 1993 : 1300 ha - 1994 : 1360 ha<sup>6</sup> - 1996-1997 : 1600 ha<sup>6</sup>

En 1998, 1890 ha ont été prospectés, bordant un linéaire côtier de plus de 25 km. *C. taxifolia* colonise irrégulièrement 1308 ha soit environ 69 % de la zone prospectée. Plus de 200 ha y sont affectés par des recouvrements de l'algue compris entre 50 et 100 %.<sup>7</sup>

---

<sup>1</sup> Meinesz *et al.*, 1991

<sup>2</sup> 1<sup>st</sup> International Workshop on *Caulerpa taxifolia*, 1994

<sup>3</sup> 2<sup>nd</sup> International Workshop on *Caulerpa taxifolia*, 1996

<sup>4</sup> 3<sup>rd</sup> International Workshop on *Caulerpa taxifolia*, 1998

<sup>6</sup> Meinesz *et al.*, 1998

<sup>7</sup> Belsher *et al.*, 1999 (in 4<sup>th</sup> international Workshop on *Caulerpa taxifolia*, 1999)

En Ligurie italienne, toujours en 1998, près de 200 ha ont été colonisés par l'algue *C. taxifolia*, dont 12 ha avec un recouvrement du substrat compris entre 50 et 100 %. Etant donné l'étendue du secteur à prospecter, les trajets ont été généralement effectués avec des intervalles parfois de plusieurs kilomètres. Aussi ils ne permettent pas, la plupart du temps, d'extrapolations. Au vu de la répartition des localisations, une continuité de la présence de l'algue est cependant vraisemblable entre Imperia et capo Mele, ainsi qu'entre capo Croce et Borghetto S. Spirito.

Aussi les chiffres issus de cette prospection, compte tenu de celles effectuées par ailleurs (Cinelli *et al.*, 1998 *in* : Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation au 31 décembre 1997) sont-ils vraisemblablement une sous estimation de la réalité quant à la colonisation des côtes Liguriennes par *C. taxifolia*.

*Points géographiques extrêmes :*

les Baléares et la Croatie

*Limites bathymétriques :*

entre - 1 m et - 100 m.

Les effets les plus immédiatement perceptibles ont trait au changement d'aspect des fonds marins. L'algue colonise de manière plus ou moins dense et de façon plus ou moins rapide tous les types de substrats et toutes les biocénoses. Ainsi :

- au droit du Musée Océanographique de Monaco, la multiplication des travaux publics, les extensions de la Principauté, les effluents introduisant des apports tant organiques que minéraux avaient altéré les communautés benthiques. Les prairies de phanérogames marines originelles avaient disparu sous la vase, bien avant 1984. Sur celle-ci, s'étend maintenant une pelouse à *Caulerpa taxifolia*.
- dans les herbiers de *Posidonia oceanica* du Cap d'Ail et du Cap Martin, qui eux n'étaient pas altérés, la prolifération de *Caulerpa taxifolia* affecte la vitalité de ceux-ci et entraîne, en certains points, leur régression, dont on ne peut pour l'instant dire si elle est momentanée ou non. Celle-ci peut s'expliquer en partie par une compétition en faveur de *C. taxifolia* en période automnale, du fait de capacités photosynthétiques et d'une capacité supérieure d'utilisation des phosphates.

Aussi, la prolifération de *C. taxifolia* traduit-elle le caractère opportuniste de cette espèce **indépendamment de l'eutrophisation** éventuelle du milieu marin.

- lorsqu'ils sont recouverts, les peuplements d'algues photophiles originelles sont appauvris et la faune associée est modifiée.
- la microflore bactérienne est modifiée :  
"la composition de la microflore bactérienne des prairies de *C. taxifolia* apparaît bien différente de celle des zones témoins... Il semble donc que *C. taxifolia* exerce une sélection très forte sur la microflore accompagnatrice ... en favorisant les bactéries gram négatif ... et en sélectionnant des souches résistantes dans chaque type de bactérie."<sup>2</sup>
- les oursins ne consomment pas naturellement *C. taxifolia* et s'éloignent des zones colonisées. La consommation est possible à certaines époques de l'année mais entraîne des désordres physiologiques.

---

<sup>2</sup> 1<sup>st</sup> International Workshop on *Caulerpa taxifolia*, 1994

- les zones colonisées s'avèrent favorables au recrutement de certaines espèces de poissons. Par contre, une diminution globale de la richesse spécifique et de la biomasse y a été mesurée. Ces résultats sont à moduler en fonction des saisons.

De nombreux essais concernant les métabolites secondaires ont été effectués *in vitro* du fait des craintes largement médiatisées quant à la toxicité présumée de l'espèce. Une synthèse en a été faite<sup>3</sup>. Il est très difficile d'extrapoler les résultats obtenus dans ces conditions expérimentales à celles rencontrées dans le milieu.

### 3. Les conséquences socio-économiques

Un certain nombre de conséquences, qui n'ont pas été quantifiées en termes d'activités socio-économiques, ont été mentionnées :

- désertion, par les clubs de plongée locaux, de deux sites.
- limitation ou interdiction des rejets en mer des produits de dragage des ports contaminés. Ce problème risque de devenir de plus en plus aigu, du fait d'une contamination croissante des zones de mouillage, l'un des modes de propagation étant lié aux activités nautiques (plaisance par les ancres, pêche par les filets).
- gêne des activités des pêcheurs dans la zone de prolifération maximale, entre Menton et Monaco, les algues colmatant les mailles de filets. Il faut souligner que cette gêne est également mentionnée dans la région d'Imperia (côtes de Ligurie) où les activités de pêche côtière ont une importance plus élevée qu'en France. Certains problèmes diplomatiques ont d'ailleurs commencé à se faire jour à ce sujet dans d'autres pays (mise en demeure du gouvernement espagnol d'éradiquer la caulerpe du port de St Cyprien, Pyrénées orientales). Or, les potentialités de l'algue laissent présager la continuité de son extension en Méditerranée et aucune solution satisfaisante (parmi les nombreuses testées) ne peut pour l'instant être proposée pour limiter à grande échelle l'expansion de l'espèce.

Les impacts induits depuis 1984, en France, en termes socio-économiques, sont à l'heure actuelle en 1999, encore **difficilement mesurables**.

### 4. Contexte international

Si l'introduction de l'espèce *Caulerpa taxifolia* est à placer dans le contexte des introductions d'espèces en Méditerranée, abordé récemment par plusieurs auteurs<sup>5</sup>, elle relève aussi des transferts d'organismes marins pour lequel le CIEM a émis un code de conduite (1994). On ne saurait trop insister sur la nécessaire prise en considération préliminaire des modifications écologiques et économiques qu'est susceptible d'entraîner l'introduction volontaire d'une espèce sous le couvert de son intérêt commercial. Les nuisances engendrées demeurent en général bien au-delà des intérêts économiques.

<sup>3</sup> 2<sup>nd</sup> International Workshop on *Caulerpa taxifolia*, 1996

<sup>5</sup> (Verlaque, 1994, Belsher, 1991, 1995, Ribera et Boudouresque, 1995...)

Plusieurs organisations internationales ont émis des recommandations et la plupart des états actuellement concernés ont pris une série de mesures, dont certaines spécifiques au problème *C. taxifolia* :

- le Programme des Nations Unies pour l'Environnement dans le Plan d'action pour la Méditerranée (Athènes, 1995) fait mention d'un article 13 dans le protocole relatif aux aires spécialement protégées (Convention de Barcelone, 08/06/1995).
- le Comité permanent de la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe a édicté la recommandation n° 45 concernant le contrôle de l'expansion de *C. taxifolia* en Méditerranée (Convention de Berne, 23/03/1995).
- la Generalitat de Catalunya-(Espagne) (26/10/1992) ainsi que la Communauté Autonome des îles Baléares (20/03/1996) ont prohibé la vente de l'algue.
- le Ministère de l'Environnement Français a émis un arrêté (4/03/1993) interdisant la mise en vente, l'achat, l'utilisation et le rejet en mer de tout ou partie des spécimens de l'algue.

A la demande du Ministère de l'Environnement et en partenariat avec lui, l'Académie des sciences et le CNRS (Programme "Environnement, Vie, Sociétés") ont organisé, du 13 au 15 mars 1997, un séminaire scientifique international intitulé : "Dynamique d'espèces marines invasives : application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée" qui s'est tenu dans les locaux de l'Institut de France, à Paris. Ce séminaire a clarifié les questions relatives à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* et le rapport issu de l'Académie des Sciences a permis au Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement d'élaborer sa stratégie.

Un plan d'action a été mis en place. Il est fondé sur un programme d'observations et de recherches à 5 ans. Son objectif consiste à **prévoir l'évolution** de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée, à **évaluer les risques** qui pourraient lui être liés et à **mettre au point des techniques utilisables dans l'hypothèse d'une lutte éventuelle**.

Enfin, le PNUE, dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée, programme MED POL, a organisé en mars 1998 un atelier "Sur les espèces *Caulerpa* invasives en Méditerranée". Des recommandations, approuvées par tous les participants, représentant l'ensemble des pays bordant la Méditerranée, ont été publiées dans le Rapport technique n° 125<sup>8</sup>.

Toutes ces mesures et recommandations visent à restreindre l'introduction d'espèces liée aux actions anthropiques. Certaines de ces introductions pouvant se révéler néfastes à la qualité de notre environnement ainsi qu'à des secteurs de notre économie, il importe de se **donner les moyens de les éviter ainsi que de les limiter**.

Il s'avère, en effet, extrêmement difficile, voire impossible, de contrecarrer une prolifération en milieu marin.

L'application effective des mesures préconisées, qui vont des études d'impact préliminaires à toute introduction volontaire d'espèce aux systèmes de filtrage des aquariums, la révision ou création d'une législation plus appropriée, ainsi que le développement des recherches sur les écosystèmes perturbés constitueraient déjà une avancée dans ce domaine.

Dans l'immédiat, en ce qui concerne l'espèce *Caulerpa taxifolia* le suivi de cette expansion et de ses répercussions éventuelles reste nécessaire.

---

<sup>8</sup> PNUE : Actes de l'atelier sur les espèces *Caulerpa* invasives en Méditerranée, Heraklion, Crète, Grèce, 18-20 mars 1998. N° 125 de la série des rapports techniques du PAM, PNUE, Athènes, 1999.

## 5. Le débat scientifique

L'Académie des Sciences a accepté successivement, après révision, de publier deux articles concernant l'algue *Caulerpa taxifolia* dans ses "Comptes rendus Sciences de la Vie". Il s'agit respectivement de :

- *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale : introduction accidentelle ou migration à partir de la mer Rouge ? par J.R. M. Chisholm, J.M. Jaubert, G. Giaccone (décembre 1995, C. R. Acad. Sci. Paris Série III 318 : 1219-1226).
- Sur l'origine de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée, par A. Meinesz, C. F. Boudouresque (juillet 1996, C. R. Acad. Sci. Paris Série III 319 : 603-613).

Ces deux articles traduisent une controverse, comme il s'en produit régulièrement dans le domaine scientifique. L'Académie des Sciences, en acceptant leur parution successive et en appliquant à chacun les règles qui lui sont propres, en fait ainsi apparaître divers aspects et permet ainsi à ses lecteurs de se faire une opinion. Il appartient à l'Académie des Sciences, si elle le trouve nécessaire, de contrôler si les règles de soumission et d'évaluation des articles ont bien été observées pour chacun d'eux dans le cadre de l'éthique scientifique. Il appartient également à l'Académie des Sciences et aux autres institutions scientifiques de poursuivre en leur sein, l'organisation du débat pour faciliter l'émergence de la vérité scientifique ainsi que le déroulement harmonieux des études entreprises.

## 6. Avis de l'IFREMER

A l'heure actuelle, l'extension de la *Caulerpa taxifolia* ne semble pas induire de conséquence socio-économiques chiffrables. Les zones actuellement les plus touchées (de Cap d'Ail à Menton) ne sont pas le siège d'une activité importante dans le domaine des ressources vivantes. Il convient, cependant, de ne pas négliger l'impact éventuel que pourrait avoir cette prolifération sur des secteurs voisins (lagunes méditerranéennes) ou des pays avoisinants (Italie, où le plateau continental est le plus étendu, Espagne) ayant une activité importante de pêche et de culture marine.

Les conséquences d'ordre écologique de cette prolifération sont pour l'instant :

- altération de la flore algale et phanérogamique,
- altération de certains compartiments faunistiques,
- uniformisation des paysages sous-marins.

Les résultats concernant la toxicité de l'algue obtenus *in vitro* sont difficilement transposables au milieu. Cependant, les toxines identifiées dans cette espèce participent à sa stratégie de colonisation, empêchant notamment sa prédation.

**Il ne semble pas y avoir de risques sérieux pour la santé humaine en l'état actuel des connaissances.**

Aucune solution satisfaisante ne peut pour l'instant être proposée pour limiter, à grande échelle, l'expansion de l'espèce. Cependant, les programmes LIFE ont permis de développer des techniques d'éradication applicables localement sur des stations isolées, dans le but de protéger des zones sensibles (réserves marines, grands herbiers de Posidonies, espèces protégées...). Certaines de ces techniques ont été appliquées de façon systématique à l'étranger (Baléares, Espagne) et de façon plus limitée en France où des incertitudes demeurent sur l'attribution des responsabilités techniques et financières de ces opérations.

Aucun signe de régression de cette expansion n'étant pour l'instant remarqué, mais par contre la signalisation de nouveaux points montrant à l'évidence que la colonisation du littoral méditerranéen continue, il convient d'avoir une attitude très claire quant aux actions et aux mesures à proposer, compte tenu du contexte international de cette expansion et de son origine présumée.



FOURTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON *CAULERPA TAXIFOLIA*  
Lerici, Italie, February, 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, 1999

ABSTRACT 1

**Poster.**

Carte des sédiments superficiels marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia*, de Menton au Cap d'Ail. Echelle 1/7500 (43°45'N)  
par T.Belsher(Ifremer/brest) et E.Houlgatte(Bureau d'études géologiques/Brest)  
Edition 1998-Ifremer et Service de l'Environnement de Monaco.

Cette carte a été élaborée à la suite des travaux océanographiques effectués de 1995 à 1997 par l'Ifremer, Genavir et le Service de l'Environnement de Monaco. Le domaine marin a été renseigné, jusqu'à -100m, par l'utilisation combinée, dans la limite de leurs possibilités, de plusieurs techniques d'acquisition. Ainsi, sonar latéral, vidéo sous-marine, carottier multitube, photographies aériennes ont été mis à contribution. Une partie du secteur marin monégasque a été renseignée par les données d'I.D.Scope(1992), de G.Fredj, S.Di Geronimo et G.Gay(1993), et de M.Verlaque et G.Bernard(1998).

L'ensemble des isobathes est emprunté des cartes SHOM(6881,6863,6953 et 7017. Le domaine terrestre est illustré par une imagerie informatisée issue des photographies aériennes (campagne aéroportée IGN de 1994.

Carte disponible sur commande au Service des Editions Ifremer, Centre de Brest/BP70-29280-Plouzané cedex-France

ABSTRACT 2

**Communication.**

Acquisition de données qualitatives et quantitatives sur l'expansion de l'algue *Caulerpa taxifolia*. Campagnes océanographiques Califa du NO » L'Europe »(Ifremer/Icram)

par

T.Belsher(Ifremer/Brest, responsable des missions), A.Peirano(ENEA), M.Puccini(ICRAM),  
M.Boutbien(Genavir/Brest), M.Blanc(Carabinier du Prince/Monaco),  
D.Coroller(Ifremer/Brest)

J.M.Cottalorda(LEML-UNSA/Nice),F.Dagault(Ifremer/Sète),E.Emery(Ifremer/Toulon)

P.Fugazzi(Université de Gênes), H.Goraguer(Ifremer/Brest)

E.LeGall(Ifremer/Brest.),M.Lunven(Ifremer/Brest)J.P.Marcfeld(Carabiniers du Prince/Monaco)

M.Peleau(Ifremer/Brest), R.Pucci(Service de l'Environnement/Monaco)

T.Thibaut(LEML-UNSA/Nice)

et l'équipage du N.O. »L'Europe »

La mission océanographique Califa 98 (Caulerpa-Life-Italia) s'est déroulée du 31 août au 14 septembre et du 11 octobre au 22 octobre 1998 à bord du navire océanographique de l'IFREMER et de l'ICRAM, le N.O « L'Europe.

La première partie de cette campagne(CALIFA98/1) a concerné le secteur compris entre Cap d'Ail et Menton, incluant la Principauté de Monaco. Elle a été réalisée, ainsi que lors des années précédentes, avec la collaboration du Service de l'Environnement de Monaco et

l'appui logistique du Service de la Marine de la Principauté et des plongeurs de la compagnie des Carabiniers du Prince.

Elle a montré que l'extension de *C.taxifolia* se poursuit, en particulier pour la Principauté de Monaco, dans la Réserve sous-marine du Larvotto, le long du tombant du Loews, où des tentatives d'éradication ont favorisé la dissémination, ainsi que de part et d'autre de l'entrée du port d'Hercule.

Les fonds du port de Fontvieille, dans la partie est, le tombant de St Nicolas ainsi que les abords du Musée océanographique sont recouverts de plusieurs strates de *C.taxifolia*. De manière générale, de Cap d'Ail à Menton, la densité s'accroît dans les stations profondes, jusqu'à -100m, où l'algue est maintenant rencontrée plus fréquemment.

La seconde partie(CALIFA98/2), entreprise pour la première fois le long des côtes de Ligurie, a été effectuée avec la collaboration de l'ENEA(Dr.APeirano) et de l'ICRAM(Dr.M.Puccini).

La majorité des ports italiens compris entre la frontière franco-italienne et Savone sont colonisés par *C.taxifolia*. Une mention particulière est décernée à celui d'Imperia, entièrement tapissé par l'algue. Celle-ci colonise également les parois, jusqu'à quelques cm sous la surface, permettant ainsi de privilégier le facteur hydrodynamique comme régulateur de l'implantation à proximité immédiate de la surface.

Les prospections menées à l'extérieur des ports montrent que l'expansion se fait à partir de ceux ci. *C.taxifolia* se raréfie lorsque l'on s'éloigne des ports. Aussi, la pêche, et de manière générale la circulation maritime apparaissent comme les principaux facteurs de dissémination. A l'extérieur des ports, l'algue colonise tout d'abord les herbiers de Cymodocées et la matre morte des herbiers de *P.oceanica* dégradés. *C.taxifolia* commence à pénétrer dans les herbiers de *P.oceanica* denses. Cette séquence de colonisation est la réplique de celle observée quelques années plutôt entre Cap d'Ail et Menton.

Dans certains secteurs, comme celui de l'île de Gallinara, l'algue a été observée jusqu'à une profondeur de -57m.

Un autre fait significatif est apparu au cours de cette prospection menée pour la première fois du Cap de Mortola, situé à l'extrémité est de la baie de Menton, vers l'ouest, en direction de Monaco. La densité de l'algue, d'abord faible, s'accroît progressivement, désignant clairement le foyer initial d'implantation.

Enfin, au cours d'une des plongées effectuées dans le secteur d'Albenga, l'un des plongeurs de l'équipe (H.Goragner/Ifremer/Brest) a observé plusieurs ascoglosses dans un champ de *C.taxifolia*. L'un de ceux ci a été ramené vivant, filmé et photographié; un spécialiste italien (N.Bianchi, Université de Gênes) a assuré sa détermination. Il s'agit de *Lobiger serradifalci*, espèce méditerranéenne, connue pour se nourrir exclusivement de Caulerpales, c'est à dire, jusqu'à présent, principalement d'espèces endémiques de la méditerranée, telle *Caulerpa prolifera*.

# ACQUISITION D'ÉLÉMENTS QUALITATIFS ET QUANTITATIFS SUR L'EXPANSION DE L'ALGUE *CAULERPA TAXIFOLIA* EN 1998.

(ALPES MARITIMES, PRINCIPAUTE DE MONACO, LIGURIE )

SOMMAIRE

INTRODUCTION

MATERIEL ET METHODES

## **Cartographie et étude de la dynamique de la population**

RESULTATS

### **1. Cartographie et étude de la dynamique de la population**

1.1. Côtes françaises et côtes monégasques de Menton au cap d'Ail

1.1.1. de Menton à la baie de Roquebrune

-secteur de Menton

-secteur de cap Martin

1.1.2. de la baie de Roquebrune au cap d'Ail

-secteur de Monaco

-secteur du Musée océanographique

-réserve du Larvotto

-secteur du cap d'Ail

1.2. Côtes de Ligurie italienne de la frontière franco-italienne à Loano

1.2.1. de Menton à capo Verde

1.2.2. d'Arma di Taggia à capo Mele

1.2.3. de capo Mele à Loano

### **2) Recouvrement**

### **3) Biocénoses concernées**

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

## INTRODUCTION

Les campagnes océanographiques CALIFA 98/1 et CALIFA 98/2, menées à bord du N.O. »L'Europe« du 31/08/1998 au 14/09/1998 et du 11/10/1998 au 22/10/1998 s'inscrivent dans le prolongement des études menées dès 1992 par l'Ifremer. (campagnes du N.O »Roselys 2«, mars et octobre 1992, du N.O. »L'Europe« mars 1994 et octobre 1995, et du « Vitamar 2 », mai et septembre 1995, mars et septembre 1996. Pour le secteur monégasque, elles s'effectuent avec l'appui du Service de l'Environnement de la Principauté de Monaco; pour les secteurs français avec celui du Laboratoire Environnement marin et Littoral (Université de Nice- Sophia Antipolis), de l'UMR CNRS 6540 DIMAR(Université de la Méditerranée-Centre d'Océanologie de Marseille) et enfin, pour le secteur italien, avec L'ENEA et l'ICRAM..

### *Campagne CALIFA 98/1*

Une zone d'étude principale a été définie depuis 1992, afin de suivre avec le plus de précision possible la progression ou la régression de l'algue jusqu'à la profondeur de -100m. Elle est définie à l'ouest, par le Cap d'Ail et à l'est par la frontière franco-italienne

### *Campagne CALIFA 98/2*

Une zone comprise entre la frontière franco-italienne et le port de Savone a été prospectée afin de préciser l'implantation de l'algue en profondeur et compléter les données italiennes.

## MATERIEL ET METHODES

Le matériel embarqué et mis en oeuvre comprend principalement : sonar latéral, vidéo sous-marine tractée, carottier multitube, système de positionnement par GPS différentiel et logiciel de navigation assisté Sodena.

### **Cartographie et étude de la dynamique de population**

Les trajets de localisation de l'algue ont été effectués par vidéo sous-marine tractée. L'enregistrement de données est réalisé sur cassette vidéo 8 et VHS. Le positionnement par GPS ainsi que le système de navigation assisté SODENA ont permis de répéter la couverture des zones prospectées depuis 1992 entre Menton et le cap d'Ail et de prospecter le secteur italien. (figures 1 et 2). Pour ce dernier, étant donné l'étendue de la zone à inspecter, les trajets ont été plus espacés que pour la zone d'étude franco-monégasque. Il s'agit donc essentiellement, pour le secteur italien, d'une première approche afin de déterminer la localisation de l'algue en profondeur ainsi que ses limites géographiques.

Un codage suivant trois classes (1 à 25%, 25 à 50%, 50 à 100%) est appliqué lors de la retransmission vidéo et permet d'établir en direct une première carte de répartition selon la densité (figures 3, 4a et b).

L'analyse des trajets est poursuivie en laboratoire, afin de préciser les informations obtenues. Les trajets, segmentés minute par minute, permettent de positionner les informations obtenues. Chaque image étant pourvue lors de l'enregistrement, d'un data horaire, les informations obtenues peuvent alors être reportées sur un fond de carte SHOM (figure 5).

Des cartes de synthèse, interpolant l'information entre les trajets sous-marins, sont ensuite produites (fig. 6 à 10). Elles proposent une estimation globale du pourcentage de recouvrement de l'algue dans les zones prospectées. Sur ces cartes, la présence et la densité de l'algue sont représentées en 2 dimensions par des courbes d'iso densité de couleurs différentes. La quantification des surfaces recouvertes a été réalisée par une technique d'analyse d'image. Celle-ci permet la génération et l'extraction des contours des courbes d'iso densité des populations de *Caulerpa taxifolia* pour les 3 classes de densité définies et, finalement, l'obtention de la surface et du périmètre de chacune des populations identifiées.

En définitive, l'erreur d'estimation de surface évaluée pour chaque tâche identifiée est de 0.1 ha. Pour chaque zone étudiée, la superficie totale de la zone prospectée a pu être quantifiée de la même manière. Il est ainsi possible d'évaluer le pourcentage de surface recouvert par *Caulerpa taxifolia* ainsi que sa progression par rapport à l'année précédente.

Une couverture par sonar latéral a été initiée devant les ports d'Imperia et de San Remo ainsi que dans le secteur de Capo Lena, à proximité de l'île de Gallinara, afin de pouvoir situer dans leur environnement bio-sédimentaire l'implantation des populations de *C. taxifolia*.

Parallèlement, des plongées (14 pour le secteur de cap d'Ail à Menton, 9 pour le secteur italien) effectuées avec le concours des plongeurs de la Compagnie des Carabiniers du Prince et de la police de la Principauté de Monaco, pour le secteur monégasque, du LEML (Université de Nice) et de l'ENEA, pour le secteur italien, ont permis d'apporter des compléments d'informations quant à la répartition de la population.

## RESULTATS

### 1- Cartographie et dynamique de la population

Califa 98/1- Les données sont obtenues à partir de l'analyse de 62 trajets vidéo, représentant un parcours cumulé de 73.41 km

Califa 98/2- Les parcours cumulés représentent 49.65 km

#### 1.1. Côtes françaises et côtes monégasques, de Menton au cap d'Ail

##### 1.1.1. De Menton à la baie de Roquebrune

superficie prospectée: 970.1 ha

superficie colonisée: 720.18 ha soit plus de 74%

estimation des superficies par classes de densité:

classe 1 : 1-25%: 506.15ha

classe 2 : 25-50%: 84.02ha

classe 3 : 50-100% : 130ha

-secteur de Menton

***C. taxifolia* est présente au long de la plupart des trajets effectués, en taches de densité variable.**

-trajets parallèles à la cote (fig. 1).

*C. taxifolia*, en populations de forte densité, est rencontrée sur les trajets 1(-8.8m), 2(-15m), 4(à-10m, avec pénétration dans l'herbier de *P. oceanica*, qui la dissimule), 5 (à-15m, dans l'herbier avec une couverture de cyanophycées blanches ; présence de plages de sable non colonisées).

-trajets côte-large(fig.1).

Les trajets cote-large permettent d'apprécier la répartition de la densité en fonction de la profondeur. Ainsi, les trajets 35 (forte densité de -9 à -25m; diminution de la densité de -25-28m à -39m), 36.1(forte densité de -23.8 à -29.6m; diminution de la densité de 32 à 56m), 36.2 (faible densité de 46 à 56m), 40(forte densité de 13.4 à 31.6m diminution de la densité de 32m à 43.7m et 39 (forte densité de 11.6 à 29.1m, diminution de 30.6 à 37.2m) sont ils particulièrement instructifs.

Cette zone, constituée de sables à « *ripple marks* », très instables, ne constitue pas un bon substrat pour l'implantation (Hill et al; 1996) et s'avère propice à de fréquents remaniements de la couverture à *C. taxifolia*. Cependant, la représentation de celle ci, par rapport aux résultats obtenus en 1996 (Belsher et al, 1998) apparaît avoir globalement progressé en profondeur.

Une série de plongées(fig.1 et 6, plongées **1, 2, 3** et **11**) permet de compléter l'information entre la cote et -10m.

La plongée **11** débute à 400 m de la digue du port de Menton (07/09/98, de 15h30 à 16h15, entre -13 et -8 m ; T. Thibaut, LEML-UNSA, F. Dagault et M. Peleau, IFREMER).

A -13 m, fond sableux à ripple-mark avec une faible colonisation par *C. taxifolia* de la périphérie des mattes de Posidonies. Les herbiers ne sont pas colonisés en sous-strate. A partir de -8 m des herbiers de *C. nodosa* servent de support à la progression de *C. taxifolia*(25 à 50 %). Présence de formations en étoile caractéristiques.

La plongée **1** a lieu le long de la digue du port de Garavan jusqu'à l'entrée du port de Menton (31/08/98 de 15h30 à 16h30 ; entre -2 et -8 m ; J.P. Marcfeld et M. Blanc, carabiniers, T. Thibaut, LEML-UNSA ).

Elle permet d'identifier 2 zones ayant des types de colonisation différents.

- Zone 1 : devant l'entrée du port de Menton et sur les 50 premiers mètres de la digue du port de Garavant, un herbier de *Cymodocea nodosa* se développe sur un substrat sablo-vaseux. *C. taxifolia* se présente sous la forme de grandes taches éparses et très denses, reliées par de longs stolons.

- Zone 2 : entre la digue du port de Garavan et 200 m vers le large. La partie immergée de la digue est large de 10 m. Les blocs les plus profonds sont couverts à 90 % par *C. taxifolia*. Devant cette digue de nombreux larges blocs de bétons sont posés sur du sable à « *ripple-mark* ». *C. taxifolia* se développe sur ces blocs sous la forme de petites colonies (< 2m<sup>2</sup>) très éparses. Quelques stolons, très épars, se rencontrent sur les sables à « *ripple-mark* » dans toute la zone prospectée.

La plongée **2** longe le côté est du Cap Martin et se termine à l'entrée du port de Menton (01/09/98 de 10h15 à 11h30 ; entre 0 et -10 m : J.P. Marcfeld et M. Blanc, carabiniers, T. Thibaut, LEML-UNSA, M. Peleau, IFREMER)

Elle permet d'identifier 3 zones :

- Zone 1 : du Cap Martin au 1<sup>er</sup> épi de la plage de Carnolés. Sur une largeur de 100 m les roches et le sable sont colonisés à 75 % par *C. taxifolia* ; les abords du 1<sup>er</sup> épi sont colonisés à 40 %.

- Zone 2 : du 1<sup>er</sup> épi de la plage de Carnolés au petit port de plaisance. Les enrochements des épis sont couverts à 90 % par *C. taxifolia* sur une bande de 2 m de large. Entre les épis, toutes les zones rocheuses ou herbiers de *C. nodosa* sont colonisées par des taches de différents diamètres et par des stolons isolés.

- Zone 3 : du petit port de plaisance à l'entrée du port de Menton. Le secteur situé devant les plages de Menton est colonisé à 50 % sur une largeur de 150 m *C. taxifolia* se présente sous la forme de colonies à densité 100 %, dans les herbiers de *C. nodosa* et de stolons épars sur le sable à « ripple-mark ». Les enrochements du port de Menton sont couverts à 90 % par *C. taxifolia* sur une bande de 3 m de large.

La plongée 3 va du port de Garavan à la frontière italienne

(01/09/98, de 15h30 à 16h30, entre 0 et 6 m ; J.P.Marcfeld et M. Blanc, carabiniers, M. Peleau, IFREMER).

Dans et devant le port de Garavan, *C. taxifolia* se rencontre sous la forme de petites colonies éparées (<20 cm<sup>2</sup>) sur un substrat sablo-vaseux. Cette zone est colonisée à 5 % par l'algue, celle proche de la frontière (200m x 60 m) est colonisée à 20 %. Entre cette zone et devant le port le substrat est sableux et *C. taxifolia* n'a pas été observée.

-secteur du Cap Martin

**Les tombants à l'est et à l'ouest de la pointe du cap Martin demeurent entièrement colonisés. L'algue est repérée jusqu'à -61m**

-trajets parallèles à la côte

trajets 4, 5, 6, 9, 10 : du fait des tombants prononcés du cap Martin, les trajets effectués par vidéo tractée sont situés entre -15 et -40m ; l'algue est présente dans l'herbier de *P. oceanica* dense, qui la dissimule, ainsi qu'en bordure de l'herbier, entre -15 -20m.

-trajets côte-large

trajet 41, 42, 43, 48, 49 : 41(forte densité de 15.4 à 29.6m, diminution de 30 à 61m), 42(forte densité de 35 à 38m, diminution de 39 à 58m), 43(forte densité de 20.8 à 38.3 avec une interruption entre 21 et 27m, diminution jusqu'à 53m), 48(fragments de caulerpe en grand nombre de 55 à 59m), 49(faible densité de 33 à 51m)

La plongée 5 concerne la face ouest du cap Martin, jusqu'à la plage de la Buse.

( 02/09/98 de 15h00 à 15h30 entre 7 et 10 m : J.P.Marcfeld, carabinier, T.Thibaut, LEML-UNSA). A 10 m du bord, sur toute la longueur du trajet, *C. taxifolia* forme une bande continue de 20 m de large. L'algue colonise aussi bien les roches que l'herbier de Posidonie, avec une densité de 90 %.

En définitive, une carte de répartition de *C. taxifolia*, regroupant les données obtenues après analyse des trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée, est proposée(fig.6).

### 1.1.2. De la baie de Roquebrune au cap d'Ail

superficie prospectée : 919.4 ha

superficie colonisée : 587.71 ha soit 64 %

estimation des superficies par classes de densité

1-25%: 432.15 ha  
25-50%: 80.71 ha  
50-100%: 75.89 ha

*-secteur de la baie de Roquebrune*

### **L'algue progresse dans la baie de Roquebrune.**

-trajets parallèles à la côte(fig.1) :

11,12, 38,34,33,32,50,51

*C.taxifolia* se développe dans des herbiers à *Cymodocea nodosa* et *P.oceanica*, parsemés de zones sableuses. Sa densité est faible, sauf sur le trajet 11 et 33

-trajets cote -large

13, 14, 15, 16,

Ils confirment les trajets précédents. L'implantation de l'algue est relevée jusqu'à -48m.

La plongée 4 permet de décrire les fonds de la baie de Roquebrune situés entre la pointe de la Veille et la plage de la Buse.

( 02/09/98, de 10h00 à 11h00, entre 0 et - 32 m ; J.P. Marcfeld et M. Blanc, carabiniers, M. Peleau et F. Dagault, IFREMER)

De la pointe de la Veille à la plage de la Buse, entre 0 et- 10 m, *C. taxifolia* colonise, à 40 %, les parties rocheuses et sableuses à l'exception de la partie sableuse située devant la plage elle-même.

A -32 m, substrat sablo-vaseux, faiblement colonisé par *C. taxifolia*. De -30 à -15 m herbier de *Posidonia oceanica* sans *C. taxifolia*. De -15 à -7 m, quelques colonies de *C. taxifolia* dans l'herbier de Posidonies, cette zone est colonisée entre 1 et 25 %. A -7 m le talus marquant la fin de l'herbier est couvert à 100 %.

*-secteur de Monaco*

La superficie prospectée va du Beach au Port de Cap d'Ail, en passant devant le Musée océanographique. Les trajets vidéo ont tous eu lieu en dessous de -30m, du fait de la configuration du secteur. Par ailleurs, un périmètre de protection des caméras sous marines du Musée océanographique, délimité par balises, ne permet pas une prospection rationnelle par vidéo. Celle ci a été complétée par plusieurs plongées (plongées 6 à 10, plongée 14 ; fig.1).

-trajets parallèles à la cote

22,23,52

***C.taxifolia* est présente en densité faible, pour tous ces trajets, entre- 32 et -62m**

-trajets côte-large

18,19,20,21

Quelques taches repérées le long du trajet 20.

La plongée 8 inspecte les fonds entre les pointes du Sporting d'été et de la Veille.

( 04/09/98, de 15h00 à 15h50,entre -15 m et -1 m ; J.P. Marcfeld et M. Blanc, carabiniers, F. Dagault et M Peleau, IFREMER)

- Zone 1 : enrochement jusqu'à -10 m avec des taches de *C. taxifolia* de 2 m<sup>2</sup> . La couverture de cette zone est de 1 à 25 %.

- Zone 2 : enrochement jusqu'à -3 m, couvert à 100 %. A partir de -3 m, herbier de Posidonies, en partie colonisé par *C. taxifolia*. En profondeur l'herbier devient dense avec quelques taches de *C. taxifolia*, en particulier sur le rebord des mattes.

La plongée 9 explore le tombant du Loews.

(05/09/98, de 14h40 à 15h40, entre -0 m et -34 m ; T. Thibaut, LEML-UNSA, F. Dagault et M. Peleau, IFREMER)

Zone 1 : la zone explorée s'étend du milieu de la digue du port (feu rouge) à la pointe du Loews. La zone proche de la digue, de -34 m à la surface, est couverte de stolons et de taches éparses.

Aussi bien le fond sablo- vaseux que les enrochements de la digue sont colonisés par *C. taxifolia* à l'exception du récif artificiel à -30 m

**Zone 2 : le tombant du Loews est colonisé à 100 % ainsi que l'herbier de Posidonies ; les frondes de *C. taxifolia* égalent en hauteur les feuilles de Posidonies, les recouvrant parfois. Les petits fonds au-dessus du tombant ne sont plus colonisés car l'hydrodynamisme est important.**

La plongée 10 se déroule à la sortie du port de Monaco.

(06/09/98, de 15h00 à 16h00, entre -0 m et -38 m ; T. Thibaut, LEML-UNSA, F. Dagault et M. Peleau, IFREMER)

Départ du milieu de la digue ; à -5 m, tache de *C. taxifolia* sur un bloc ; jusqu'à -36 m seuls quelques stolons isolés ont été observés. De -36 à -38 m sur fond sablo-vaseux la couverture par *C. taxifolia* est de 25 %. A -32 m se trouve l'épave d'un remorqueur vierge de *C. taxifolia*.

-secteur du Musée océanographique

**Des populations denses de *C. taxifolia* sont identifiées jusqu'à -62m.**

**Une reconnaissance en plongée**( plongée 7, 03/09/98 de 15h00 à 15h50, entre -34 m et -3 m: J.P. Marcfeld, carabinier , M Peleau ,IFREMER , JM Cottalorda et T. Thibaut, LEML - UNSA) **confirme que tout le secteur devant le Musée océanographique de Monaco reste entièrement recouvert par la prolifération.**

Sur tout le trajet, la couverture de *C. taxifolia* est de 100 %. Le fond est vaseux entre -34 et -20 m puis rocheux en allant vers la surface.

Récolte, sous les fenêtres du musée, de débris de coraux tropicaux et de divers morceaux d'aquariums.

-réserve du Larvotto

Des trajets(18 et 19) ont été effectués en limite de la réserve et n'ont pas révélé la présence de *C. taxifolia* en dessous de 39 m Par contre, l'intérieur de la réserve a été prospecté par plongée de -1 à -36m jusqu'à la cote. **La Réserve apparaît, par rapport aux années précédentes, de plus en plus colonisée.** En 1996 une tache avait déjà été détectée au droit de la Réserve, à l'isobathe -30m.

(plongée 6, 03/09/98, de 10h15 à 10h52 : M. Blanc, carabinier, F. Dagault et E. Emery, IFREMER, T. Thibaut, LEML - UNSA)

- Trajet 1 : départ -36 m.

De -36 à -34 m fond sablo-vaseux, couverture par *C. taxifolia* entre 25 et 50 %. Les frondes sont courtes.

De -34 à -29 m, fond sablo-vaseux avec de petits blocs rocheux, couverture par *C. taxifolia* entre 25 et 50 %. Les frondes font 15-20 cm de long.

De -29 à -23 m, fond sablo-vaseux, couverture par *C. taxifolia* entre 75 et 100 %.

De -23 à -21 m, épaves à -23 m, au pourtour densément colonisé (75 et 100 %).

De -21 à -17m, fond sableux, couverture 75 à 100 %. Présence d'algues filamenteuses (*Tribonema sp.*).

De -17 à -14 m, limite inférieure des Posidonie à -17 m sur sable coquillier ; couverture par *C. taxifolia* entre 25 et 50 %. Peu de *C. taxifolia* en sous strate de l'herbier.

De -14 à -12 m, l'herbier de Posidonie est envahi à 90 %.

De -12 à -7 m, sable fin, couverture par *C. taxifolia* entre 75 et 100 %. A -7 m, au pied de l'enrochement, couverture à 100 %.

De -7 à -1 m, roches avec *Padina pavonica* et *Udotea petiolata*, sans *C. taxifolia*, hydrodynamisme important. Surpâturage de cette zone par *Sarpa salpa*.

Digue Est du Larvotto, herbier de Posidonie dense et roches vers la plage, pas de *C. taxifolia* observée.

- Trajet 2 : départ -34 m, recouvrement *C. taxifolia* de 25 %, fond sablo-vaseux.

De -32 à -25 m, recouvrement par *C. taxifolia* à 25 à 50 %, fond sablo-vaseux.

De -25 à -6 m, le recouvrement de *C. taxifolia* va de 50 à 100 %. Limite inférieure de l'herbier à -25 m. A -15 m, matras de posidonies sur fond sablo-vaseux, présence de *C. taxifolia* entre et dans les matras. A -12 m fin de l'herbier et début d'un talus recouvert de ciment et d'une émulsion blanche, à l'aplomb d'un chantier du hall du centenaire.

Absence totale de vie et présence importante de matières en suspensions.

De -6 m à -1 m, absence de *C. taxifolia*.

Des plongées, regroupées sous le n°14, (fig.1) ont eu lieu en juillet, dans le port de Fontvieille, dans le cadre de la poursuite des mesures d'écophysiologie sur les peuplements à *C. taxifolia*. **Toute la partie est du port de Fontvieille est densément recouverte par plusieurs strates de l'algue.**

-secteur du cap d'Ail

-trajets parallèles à la cote  
24,25,53(en partie)50,59,60,61

**L'herbier de Posidonie dense est pénétré par *C. taxifolia* entre -10 et -20m, en densité variable, parfois forte. L'algue est repérée jusqu'à -78m(trajet 60).**

Des populations denses sont identifiées à -37m(trajet 61)

-trajets cote-large  
55,56,28,29,30,31,

populations denses à 20 -22m. une population continue de faible densité est identifiée de 38 à 45m (trajet 28)

*C. taxifolia* atteint, par endroits, l'isobathe -100m. (trajet 28)

L'expansion se poursuit vers l'est, au droit du Cap Rognoso ou des implantations ont été repérées jusqu'à -75m

Les plongées 12 et 13 permettent de décrire les fonds compris entre -6m et -41m.

(Plongée 12, 10/09/98, de 11h00 à 12h00, entre -15 et -6 m ; T. Thibaut, LEML-UNSA, F. Dagault, T. Belsher, E. Emery et M. Peleau, IFREMER, M. Blanc, carabinier)

La zone est constituée d'un herbier dense de Posidonies, colonisé par de nombreuses taches de *C. taxifolia* très denses. *C. taxifolia* se développe aussi bien en sous-strate de l'herbier que sur les inter-matras rocheuses. La longueur des frondes égale parfois celle des feuilles de

Posidonies (>50 cm). La densité des rhizomes de Posidonies est moins dense à -15 m Cette zone est couverte entre 50 et 75 % par *C. taxifolia*.

(plongée 13, 11/09/98, de 14h45 à 15h25, entre - 41 et - 12 m ; E. Emery, F. Dagault, et M. Peleau, IFREMER)

Zone 1, de - 41 à - 35 m : Fond sablo-vaseux avec des débris coquilliers.

Couverture d' environ 50 % de *C. taxifolia* mélangée à des algues brunes et rouges.

Zone 2, de - 35 à - 27 m : Fond recouvert de *C. taxifolia* entre 75 et 100 %.

Zone 2, de - 27 à - 18 m : herbier dense

de posidonies (parasité par des algues) et colonisé en sous-strate par *C. taxifolia* ( 1 à 25 %)

Zone 2, de - 18 à - 12 m : fin de l'herbier de posidonie, couverture du fond par *C. taxifolia* (75 à 100 %).

En définitive, une carte de répartition de *C. taxifolia*, regroupant les données obtenues après analyse des trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée, est proposée(fig.7).

**Pour l'ensemble du secteur prospecté, soit 1889.5 ha, bordant un linéaire côtier de plus de 25 km, *C. taxifolia* colonise 1307.89 ha soit 69% de la zone prospectée. Plus de 200ha sont affectés par des recouvrements de l'algue compris entre 50 et 100%.**

## 1.2. Côtes de Ligurie italienne de la frontière franco-italienne à Loano

### 1.2.1. de Menton à capo Verde

surface colonisée : 29.18ha

estimation des superficies par classes de densité

1-25%: 16.34ha

25-50%: 5.10ha

50-100%: 7.74 ha

#### -secteur de San Remo

population de densité généralement faible à partir de -17m jusqu'à -28m(fig.8, trajets de 1 à 5) devant l'entrée du port ; *C. taxifolia* n'est plus détectée au fur et à mesure que l'on progresse soit vers capo Verde, soit vers Bordighera,

#### -secteur de Bordighera à Menton

La présence de *C. taxifolia* augmente significativement au fur et à mesure que l'on se rapproche de la frontière franco-italienne. passé le Cap de Bordighera, où l'algue est détectée à -18m, elle est retrouvée face à Vintimiglia entre -15 et -16m, puis à proximité du cap de Mortola entre 18 et 36m, avec de fortes densités entre -20 et -26m. Enfin, à la frontière, dans la baie de Menton, entre -14 et -40m, avec des zones de forte densité entre -20 et -33m.

Les plongées 1 et 2 complètent les observations(fig.8).

La plongée 1 a lieu le long de la digue du port de Bordighera jusque l'entrée du port (11/10/98, entre -7 et -18 m ; H.Goraguer, D.Coroller et E.Emery, IFREMER)

A -7m, sur le substrat sableux et les enrochements de la digue : absence de *Caulerpa*.

De -7m à -18m, prairie de Cymodocées et 2 tâches de Posidonies moribondes. Sur substrat sableux et sable fin, stolons isolés de *Caulerpa* (0 à 5 %). A-18 m, limite de Cymodocée puis sable fin sans végétation.

La plongée 2 longe la digue du port de San Remo.

(12/10/98, de 10 h 35 à 11 h 35, entre -25m et -11 m ; H.Goraguer, D.Coroller et E.Emery, IFREMER)

*Caulerpa est* présente entre -25m et -11 m ( 1 à 5 %).

Dans la zone plus abritée, entre -10 et -12 m, *Caulerpa* est plus développée

Au pied de l'enrochement, couverture à 20 % ; les stolons sont dirigés vers le large.

Le trajet vers le large devant l'entrée du port, entre -12 et -15 m., met en évidence une couverture faible dans les premiers mètres puis régulière jusque -15 m (environ 20 %.) Les stolons et les frondes sont bien développés. De nombreux fragments dérivent au-dessus du sable fin.

### 1.2.2. d'Arma di Taggia à Capo Mele

surface colonisée : 103.83ha

estimation des superficies par classes de densité

1-25%: 103ha

25-50%: 3 taches de petite taille

-intérieur du port d'Imperia

3.78ha colonisés à 100%

17.15ha atteints

trajets 15,14,12,13,52,50,19,20,21,10,8,9,47,46,45,44,43,42,40,39(fig.9).

Les trajets effectués devant Imperia montrent que l'algue est présente jusqu'à -35m(trajet 8)

En allant en direction d'Arma di Taggia, l'algue se raréfie : à Stefano al Mare et à Riva Ligure, inféodée aux mattes mortes de phanérogames, elle est implantée entre -18-20m.

Il en est de même en direction de capo Mele. A capo Berta, et Diana Marina, elle est repérée entre 16 et 35m Enfin, une implantation de densité faible se développe entre capo Cervo et Marina di Andora entre 15 et 25m, sur sable, vase, mattes mortes d'herbier de phanérogames, ainsi que dans l'herbier vivant de posidonie, vers les 20m(trajet 43, capo Cervo).

Les plongées 3 à 5, 8 et 9 complètent les observations(fig.9)

La plongée 3 concerne les digues du port d'Imperia

( 13/10/98, de 10 h 15 à 11 h 30, entre -3.5m et -15m ; H. Goraguer, D. Coroller, E. Emery, IFREMER)

Tous les enrochements s'avèrent recouverts par l'algue , jusqu'à -6m; la densité de l'algue diminue en profondeur, dès apparition de substrat sableux.

La plongée 9 , est effectuée au large du port d'Imperia, sur un herbier de posidonies

(20/10/98, -14 m ; A. PEIRANO, ENEA, H.Goraguer, D.Coroller, E. Emery, IFREMER)

Le fond est recouvert de posidonies, entrecoupé de petites clairières sableuses très éparses.

*Caulerpa* est présente sur les petits tombants de la matte de posidonie par tâches de 0,5 à 2 m<sup>2</sup>. 5 % de couverture) .

La plongée 4 a lieu face à Arma di Taggia

(14/10/98, entre -5m et - 18m ; H.Goraguer, D.Coroller, E.Emery, Ifremer)

L'algue est très éparse à -18 m et les stolons isolés, parmi un herbier clairsemé de phanérogames. A partir de -16 m couverture de *Caulerpa* plus dense(10 à 30 %). Touffes de phanérogames isolées jusque -7 m, puis herbier dense de -7 à -5 m sans *Caulerpa*.

La plongée 5 concerne la face est de capo Mele.

(16/10/98, de 10 h 30 à 12 h, entre -5m et -30m ; H Goraguer, D. Coroller, E. Emery, Ifremer).

Dans des roches artificielles et naturelles, présence de taches de *Caulerpa* entre -3 et -5 m  
Sable à partir de -5 et -6 m avec *Caulerpa* éparses et herbier de posidonie très envasé

La plongée 8 se déroule à proximité de Marina di Andora, près de la face ouest de capo Mele (19/10/98, de 15 h 30 à 16 h 30, entre -8 m et -22 m ; H Goraguer, D. Coroller, E. Emery, Ifremer).

De -8m à -12 m, Cymodocées sur sable avec *Caulerpa* ( 20 à 30 %).

A-12 m, début d'un herbier de posidonies avec *Caulerpa* en périphérie et jusqu'à -15m environ.

De -19m à -22 m, sable avec petites touffes d'herbier sans *Caulerpa*.

### 1.2.3. de Capo Mele à Loano.

surface colonisée : 48.48ha

estimation des superficies par classes de densité

1-25%: 40.76ha.

25-50%: 6.77ha.

50-100%: 0.95 ha

-trajets 22 à 38(fig.10).

Taches de *C.taxifolia* de faible densité jusqu'à l'île de Gallinara, à des profondeurs comprises entre 29m (Laigueglia, trajet 38), de 31 à 41m(capo S.croce; trajet 34), 22 à 28m(Alassio; trajet 28)

**Le tour de l'île de Gallinara, zone proposée comme Parc national, révèle la présence de *C.taxifolia* à -15 m et -58m(trajet 30), et une répartition entre -12 et -38m, en faible densité, à proximité du nord de l'île(trajet 29).**

Par contre, des taches de forte densité apparaissent entre -13 et -25m au fur et à mesure que l'on va vers Albenga(trajets 31 et 32.). L'algue est détectée jusqu'à -36m.

Entre Albenga et Ceriale, *C.taxifolia* est présente entre -14 et -40m, avec des interruptions dues à la présence d'herbier de posidonie dense.(trajet 22,33).

Enfin de Ceriale à Loano, , répartition entre 23 et 32m(trajets 23 et 24)

Après les structures artificielles de Loano, jusqu'à Pietra Ligure, pas de caulerpe. **Loano apparait donc , pour cette période de prospection, comme la limite Nord de ce secteur de la mer ligure.**

Les plongées 6 et 7 complètent les observations(fig.10).

La plongée 6 a lieu face à Albenga

(18/10/98, de 10 h 30 à 11 h 45, entre -2m et - 8.5m ; H Goraguer, D. Coroller, E. Emery, Ifremer).

A l'aplomb d'une digue, à -2 m : pas de *Caulerpa* sur roches. De -2 m à -3 m, nombreuses épaves dérivantes de *Caulerpa*. De -3 m à -4,5 m, *Caulerpa* en cours de fixation dans des Cymodocées. De -4,5m à -8,5 m. les cymodocées sont colonisées par *C.taxifolia*( 20 à 30 %) Absence de *Caulerpa* sur les zones vaseuses.

**Présence de l'ascoglosse *Lobiger serradifalci* sur frondes de *Caulerpa taxifolia*.**

La plongée 7 a lieu à proximité d'Alassio

(18/10/98, de 16 h 00 à 17 h 00, entre -7 et -12 m ; H Goraguer, D. Coroller, E. Emery, Ifremer).

*Caulerpa* isolée sur sable et Cymodocée très éparse. A -12 m touffes de posidonies et *Caulerpa* éparse. A partir de -18 m, eaux de plus en plus turbide et la végétation (*Caulerpa* et posidonies) est recouverte de vase.

*Caulerpa* est présente jusqu'à - 29m. en colonies éparses recouvertes de sédiment fin.

Les cotes de Ligurie italienne ayant fait l'objet de cette première prospection par vidéo et plongée sous -marine représentent un linéaire de 98km. La superficie comprise entre la cote et l'isobathe -50m est évaluée à 17025ha. Près de 200ha ont été trouvés colonisés par l'algue *C.taxifolia*, dont 12ha avec un recouvrement du substrat compris entre 50 et 100%. Etant donné l'étendue du secteur à prospecter, les trajets effectués l'ont été généralement avec des intervalles parfois de plusieurs kilomètres, ne permettant pas, la plupart du temps, d'extrapolations. Au vu de la répartition des localisations, une continuité de la présence de l'algue est cependant vraisemblable entre Imperia et capo Mele, ainsi qu'entre capo Croce et Borghetto S.Spirito.

Aussi les chiffres issus de cette prospection, compte tenu de celles effectuées par ailleurs Cinelli *et al.*, 1998 in Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation au 31 décembre 1997) sont ils vraisemblablement une sous estimation de la réalité quant à la colonisation des cotes Liguriennes par *C.taxifolia*.

## **2. Recouvrement**

Sur le secteur de Cap d'Ail à Menton, les populations denses, c'est à dire celles dont le recouvrement du substrat est compris entre 50 et 100%, progressent.

Devant le Musée océanographique de Monaco et au large du Cap d'Ail, cette classe de recouvrement peut s'étendre, par endroits, en dessous de -50m.

De manière générale, la poursuite de l'expansion continue, dans la zone photique de développement optimal, qui apparaît limitée à - 30m, ainsi que plus lentement, en profondeur. Elle se manifeste alors généralement par des populations de faible densité.

Sur le secteur italien, les objectifs étaient de repérage en profondeur de la population de *C.taxifolia* le long des cotes liguriennes. L'algue a ainsi été localisée à -57m à proximité de l'île de Gallinara. Les recouvrements observés sont majoritairement inférieurs à 25%, à l'exception du secteur compris entre Menton et capo Mortola, du port d'Imperia, et du nord - est de l'île de Gallinara.

## **3. Biocénoses concernées**

Toutes les biocénoses et tous les types de substrats rencontrés continuent d'être concernés, avec, en profondeur, des atteintes du coralligène.

Les biocénoses principales colonisées sur les secteurs étudiés sont maintenant bien identifiées et délimitées grâce à la carte bio-sédimentaire établie par sonar latéral. (Belsher et Houlgatte, 1999). Ce sont celles des sables fins de hauts niveaux(SFHN), des sables fins bien calibrés(SFBC), des sables et graviers sous l'influence des courants de fonds(SGCF), du coralligène, du détritique côtier(DC), de l'herbier à *P.oceanica* (P.O) et enfin, celle des algues photophiles(AP).

Les algues photophiles de l'étage infralittoral sont, à de rares exceptions près, totalement supplantées, lorsqu'elles sont entièrement recouvertes par une couverture dense à *C.taxifolia*.

Sur le secteur italien, les herbiers de phanérogames, en particulier de Cymodocées, surtout lorsqu'ils sont dégradés, s'avèrent être un bon support pour l'implantation de *C.taxifolia*.

## CONCLUSION

L'expansion de *Caulerpa taxifolia* continue sur tous les types de substrats, avec une dynamique variable selon la nature de ceux ci, et gagne en profondeur.

Les populations denses restent, dans leur grande majorité, confinées entre la surface et -30m. Les atteintes à la biodiversité végétale sont très fortes sous les populations denses de *C.taxifolia*.

L'algue *C.taxifolia* occupe actuellement vraisemblablement plus de 4600ha, estimation de l'Université de Nice(LEML-UNSA) antérieure à nos prospections le long des cotes franco-monégasques et de la Ligurie.

Enfin, un prédateur indigène serait-il susceptible, au fil des années, d'intervenir naturellement dans la limitation de l'expansion de *C.taxifolia*? La découverte de *L.serradifalci* dans les populations de *C.taxifolia* des cotes liguriennes, pour la première fois dans ce secteur, après celles faites en France et en Croatie, apparaît témoigner, en tout cas, des facultés d'adaptation de certaines espèces à des bouleversements imprévus de l'écosystème.

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à tous ceux qui ont permis et facilité cette étude et en particulier au Pr.C.F.Boudouresque, coordonnateur du Programme européen LIFE DGXI »Contrôle de l'expansion de *C. taxifolia* », à l'ENEA et à l'ICRAM , ainsi qu'à Mme et M. P.V.Klaveren, M.R.Pucci (Service de l'Environnement de Monaco), M.P.Troin et son équipage (Service de la Marine de Monaco), M.J.M.Estienne et les plongeurs de la Compagnie des carabiniers du Prince de Monaco.

## BIBLIOGRAPHIE

Belsher,T., Deslous-Paoli, J.M., Dagault, F.,Dimeet, J., Raillard, J.M., Emery, E., Boutbien, M., Prudhomme, C., Grillo, M.C., Pucci, R. et Veglia, A.-1995.-Acquisition d'éléments qualitatifs et quantitatifs sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en 1995 et1996 (Alpes maritimes et Principauté de Monaco).Rapport Ifremer/Service de l'Environnement de Monaco: 38p+11 annexes

Garnier, S., 1997.-Cartographie de l'expansion de *Caulerpa taxifolia*. Campagne CALIFE 96 (Alpes Maritimes, Var et Principauté de Monaco). Rapport de stage Ifremer/UBO: 27p+6 annexes

Meinesz,A.,Cottalorda,J.M.,Chiaverini,D.,Braun,M.,Carvalho,N.,Febvre,M.,Ierardi,S.,Mangialajo, L.,Passeron-Seitre, G.,Thibaut, T. et Vaugelas, J.,de., 1997.-Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* devant les côtes françaises de la Méditerranée: situation au 31 décembre 1996. Ed.Laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis, 190pp.

Meinesz, A., Cottalorda, J.M., Chiaverini, Cassar, N., Vaugelas, J., de., Antolic, B., Ballesteros, E., Belsher, T., Ceccherelli, G., Cinelli, F., Orestano, C., M. Grau, A., Jaklin, A., Pou, S., Sandulli, R., Span, A., Zavodnik, N., et Zulevic, A., 1998. - Bilan et analyse de la situation de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée à la fin de 1997 in Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation au 31 décembre 1997. Ed. Laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis, 238pp.

#### LISTE DES FIGURES

Figure 1. Cotes françaises et cotes monégasques, de Menton au cap d'Ail. Trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée (astérisque et n° en italique).

Figure 2. Cotes de Ligurie, de la frontière franco-italienne à Loano. Trajets effectués par vidéo-tractée.

Figure 3. Cotes françaises et cotes monégasques, de Menton au cap d'Ail : première carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* avec codage suivant trois classes de densité. (jaune : de 0 à 25% ; vert, de 25 à 50% ; rouge, de 50 à 100%).

Figure 4a. Cotes de Ligurie, de la frontière franco-italienne à Loano : première carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* avec codage suivant trois classes de densité.

Figure 4b. Cotes de Ligurie, secteur d'Impéria : première carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* avec codage suivant trois classes de densité et indication des trajets effectués par vidéo-tractée et par sonar.

Figure 5. Secteur de Menton : exemple d'analyse de trajets avec report des données obtenues par vidéo-tractée .

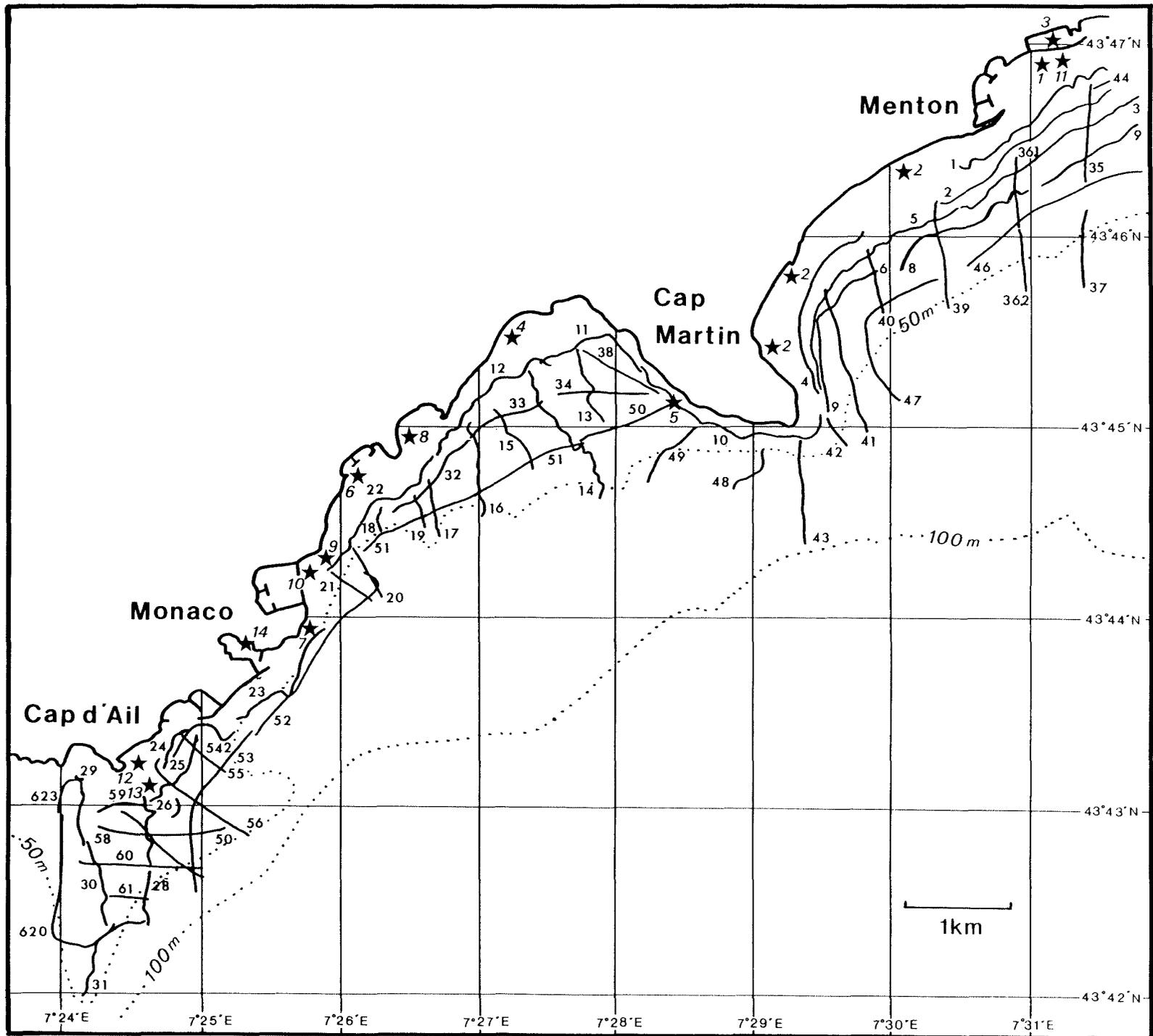
Figure 6. De Menton à la baie de Roquebrune : carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* regroupant les données obtenues après analyse des trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée. (entre les trajets, les données sont extrapolées, en privilégiant systématiquement la plus faible densité de recouvrement).

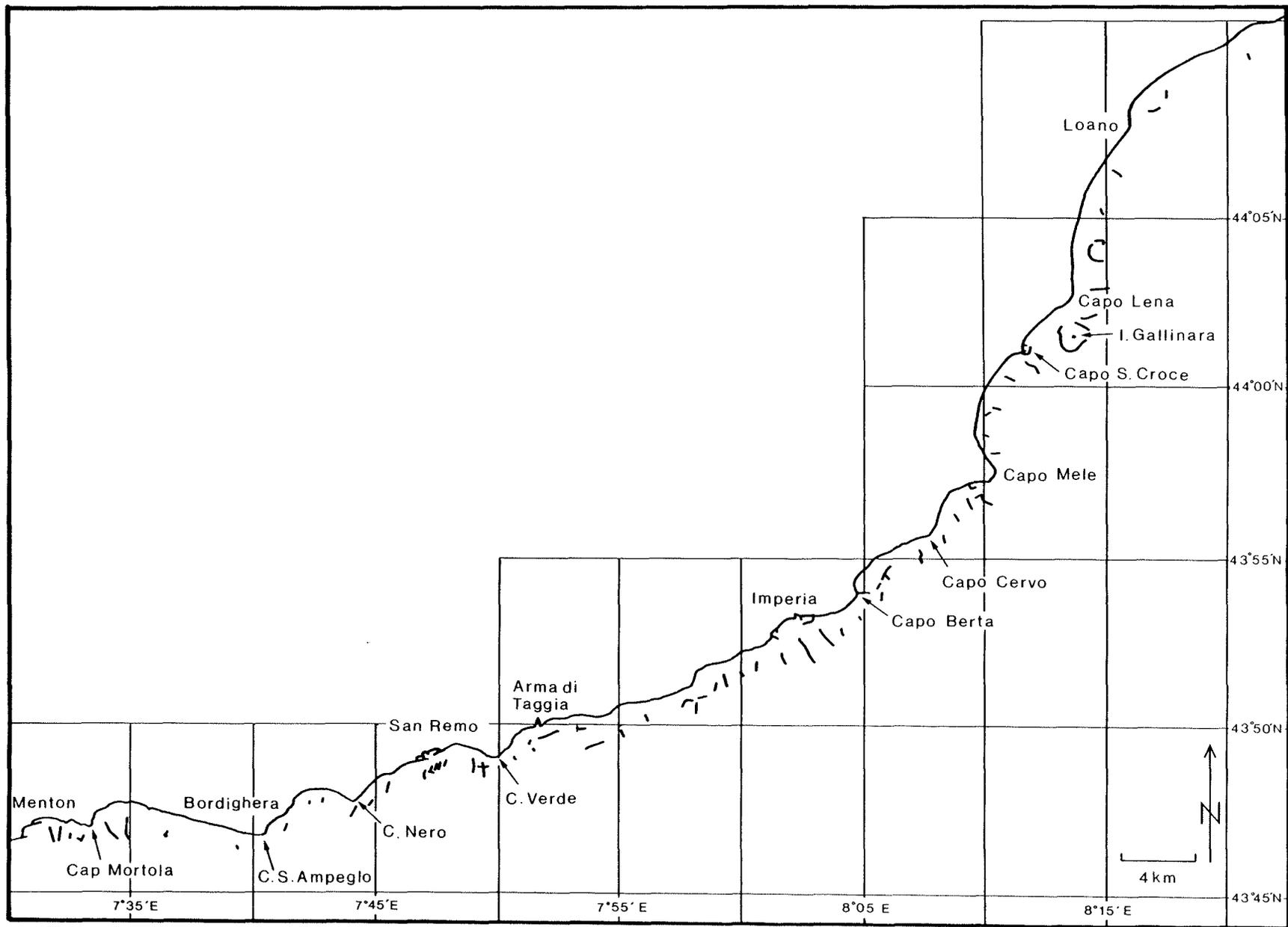
Figure 7. De la baie de Roquebrune au cap d'Ail : carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* regroupant les données obtenues après analyse des trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée. (entre les trajets, les données sont extrapolées, en privilégiant systématiquement la plus faible densité de recouvrement).

Figure 8. De Menton à capo Verde : carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* regroupant les données obtenues après analyse des trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée. (entre les trajets, les données sont extrapolées, en privilégiant systématiquement la plus faible densité de recouvrement).

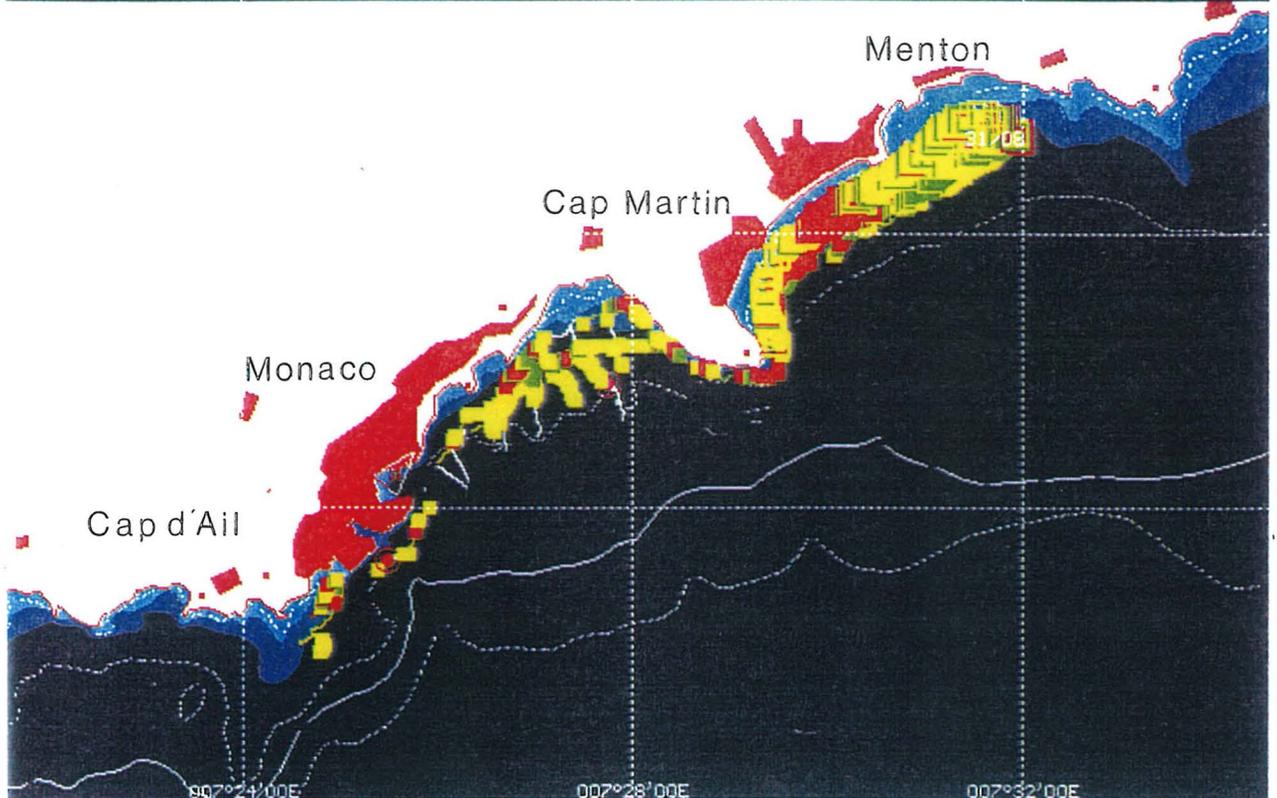
Figure 9 : D'Arma di Taggia à capo Mele : carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* regroupant les données obtenues après analyse des trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée. (entre les trajets, les données sont extrapolées, en privilégiant systématiquement la plus faible densité de recouvrement).

Figure 10 : De capo Mele à Loano : carte de répartition de *Caulerpa taxifolia* regroupant les données obtenues après analyse des trajets effectués par vidéo-tractée et par plongée. (entre les trajets, les données sont extrapolées, en privilégiant systématiquement la plus faible densité de recouvrement).





Loch	xxxxxxxxNM	TORAN	4	Ech	1/60000	Carte	2167	TU	04/09/98
Jour	xxxxxxxxNM	DECCA	S-W 1B	Zoon	6.3 NM	Répert	CAL981		16H48M56



>>ZOOM<<	>-ZOOM-<	<+ZOOM+>	FENETRE	CAP_DIST	CURSEUR	NAUIRE	MENU
----------	----------	----------	---------	----------	---------	--------	------

# Califa 98/2 - trajets vidéo sous marine, secteur de Ligurie

## Légendes :

- + de 50 % de Caulerpa Taxifolia
- 25 à 50 % de Caulerpa Taxifolia
- 0 à 25% de Caulerpa Taxifolia

— Trajets vidéo

— Trajets Sonar

Collaboration Ifremer/ENEA/Icram - Copyright IFREMER - (T.Belsher - E.Emery)

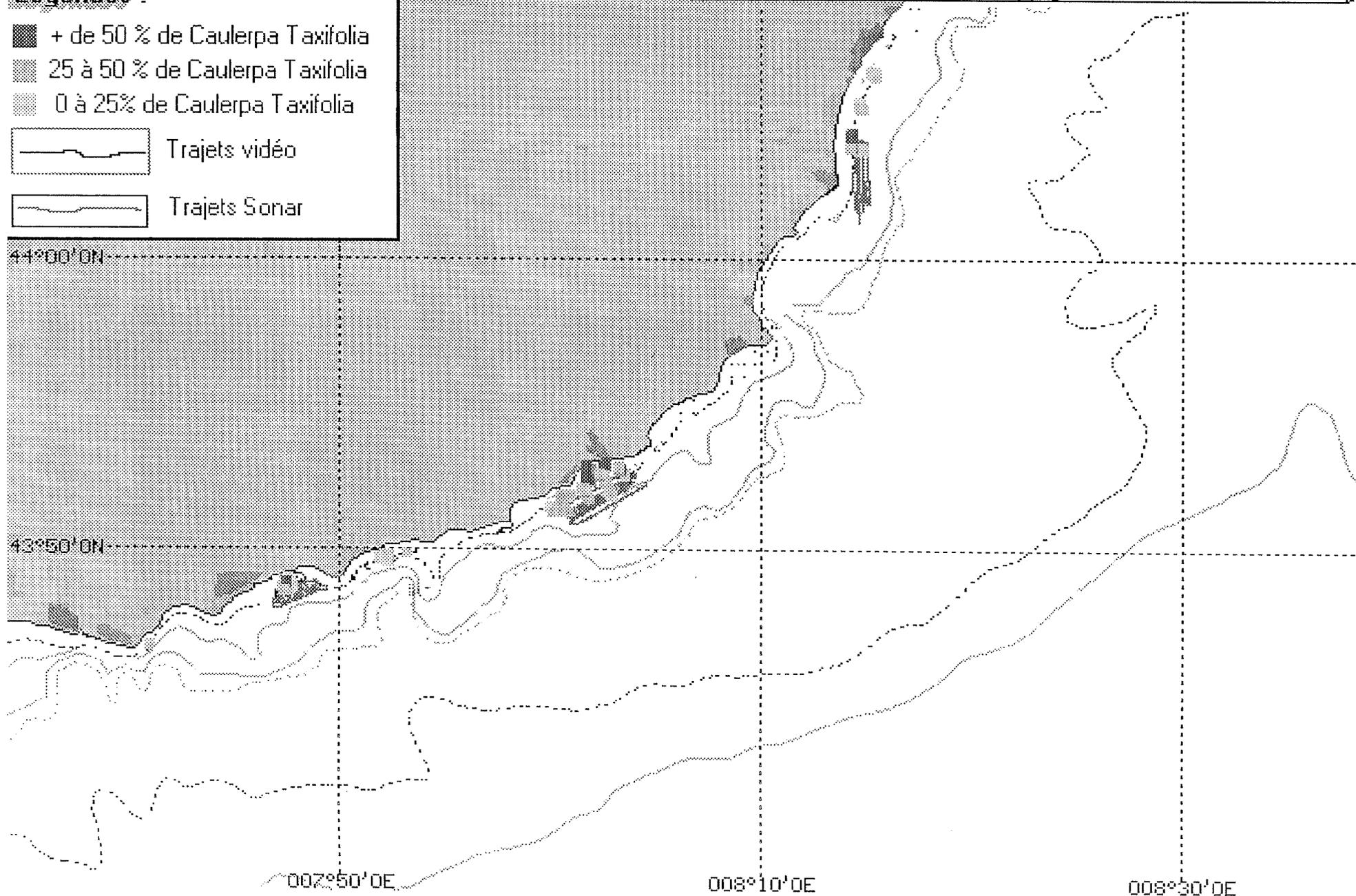
44°00'0N

43°50'0N

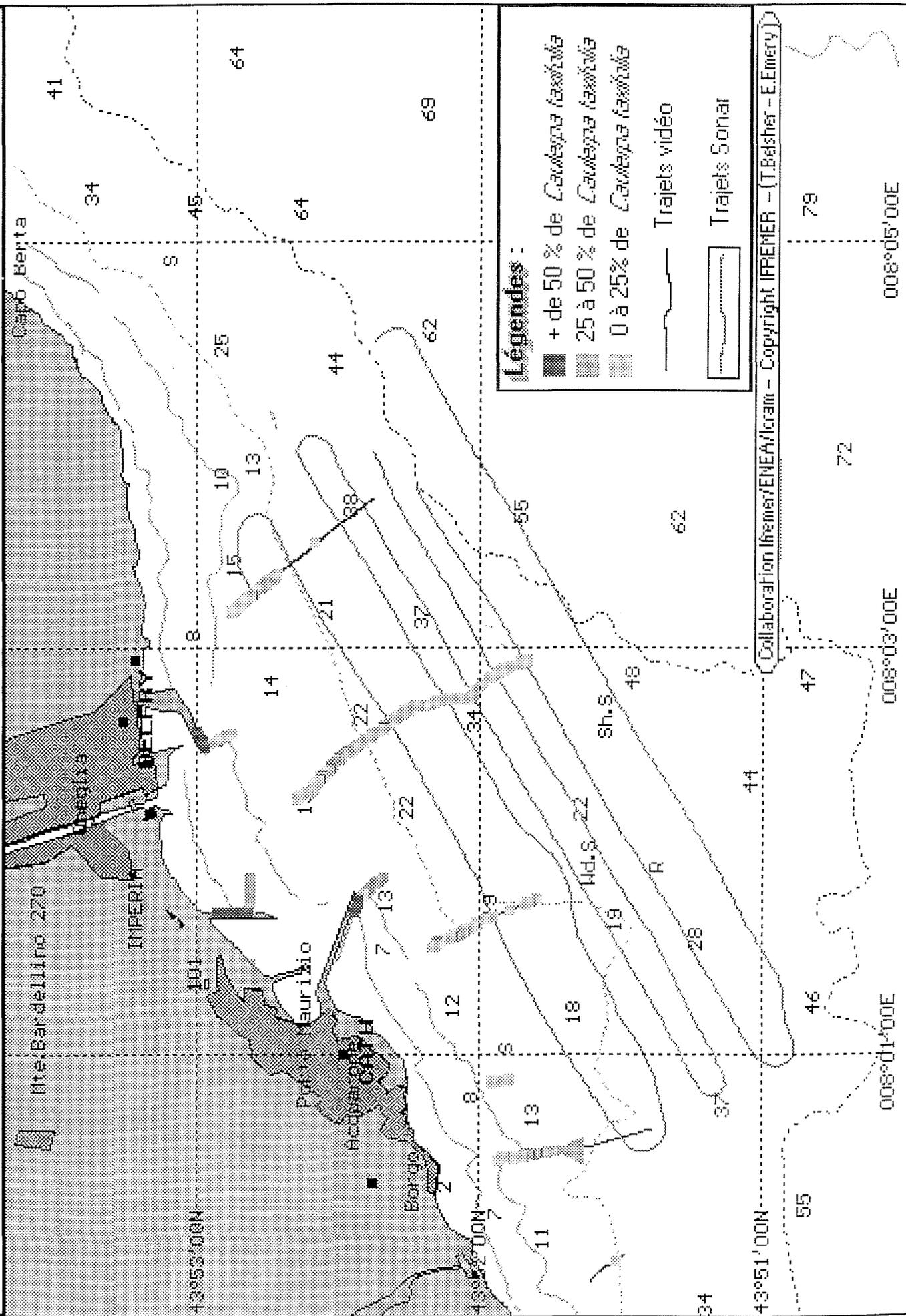
007°50'0E

008°10'0E

008°30'0E



# Califa 98/2 - trajets vidéo sous marine, secteur de Impéria



**Légendes :**

- + de 50 % de *Cawleya fasciata*
- 25 à 50 % de *Cawleya fasciata*
- 0 à 25% de *Cawleya fasciata*
- Trajets vidéo
- Trajets Sonar

Collaboration Ifremer/EMEA/loram - Copyright IFREMER - (T.Belsher - E.Emery)

008°05'00E

008°03'00E

008°01'00E

79

72

47

46

55

43°53'00N

43°52'00N

43°51'00N

Mer Bardellino 270

Capo Benta

IMPERIA

DELFRY

Punta Maurizio

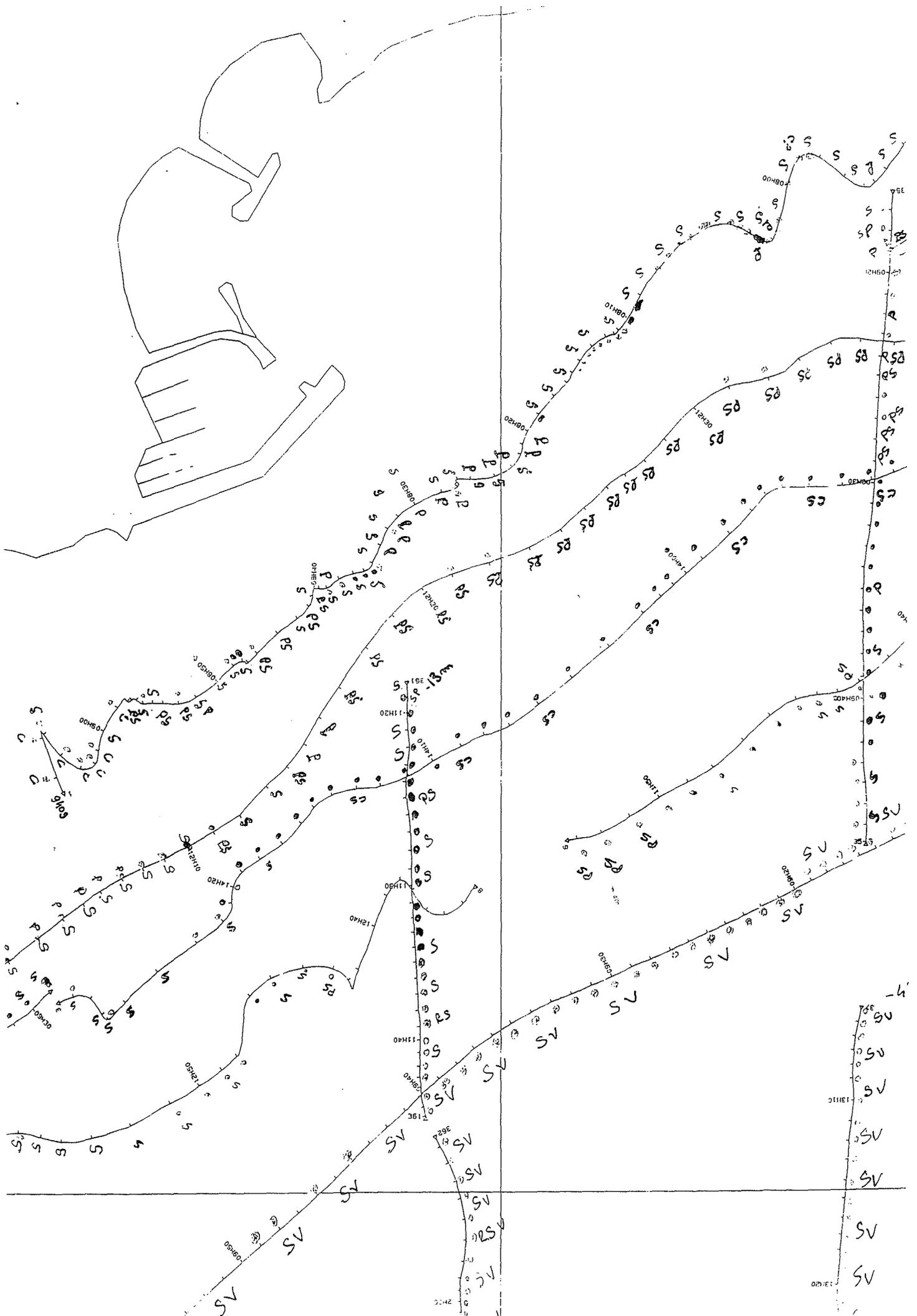
Acqua Santa

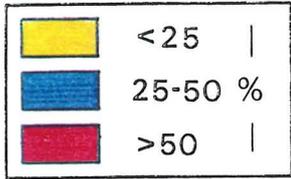
Borgo

Sh.S

Md.S

R





43°47 N

Menton

43°46 N

Cap Martin

43°44 N

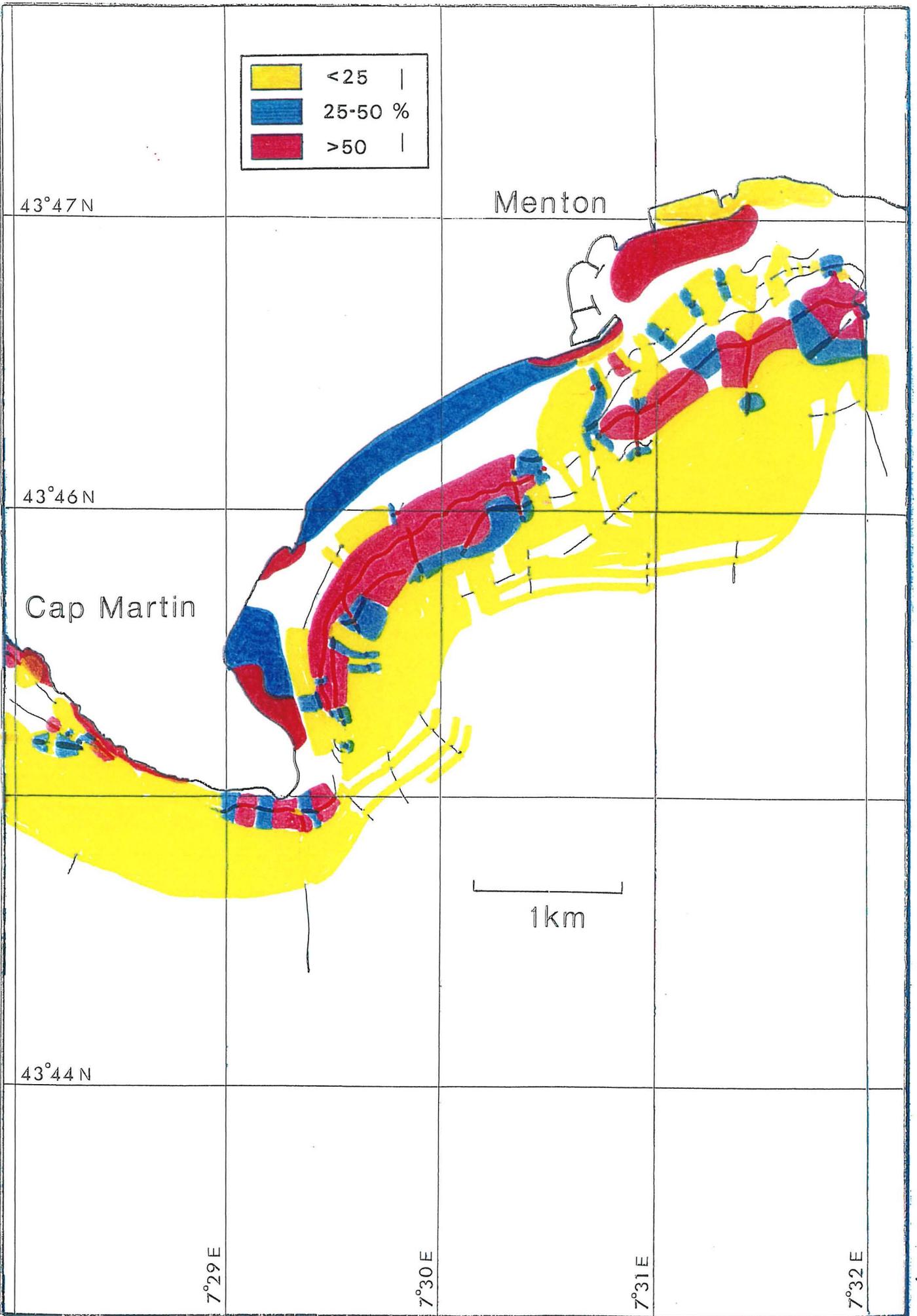
1km

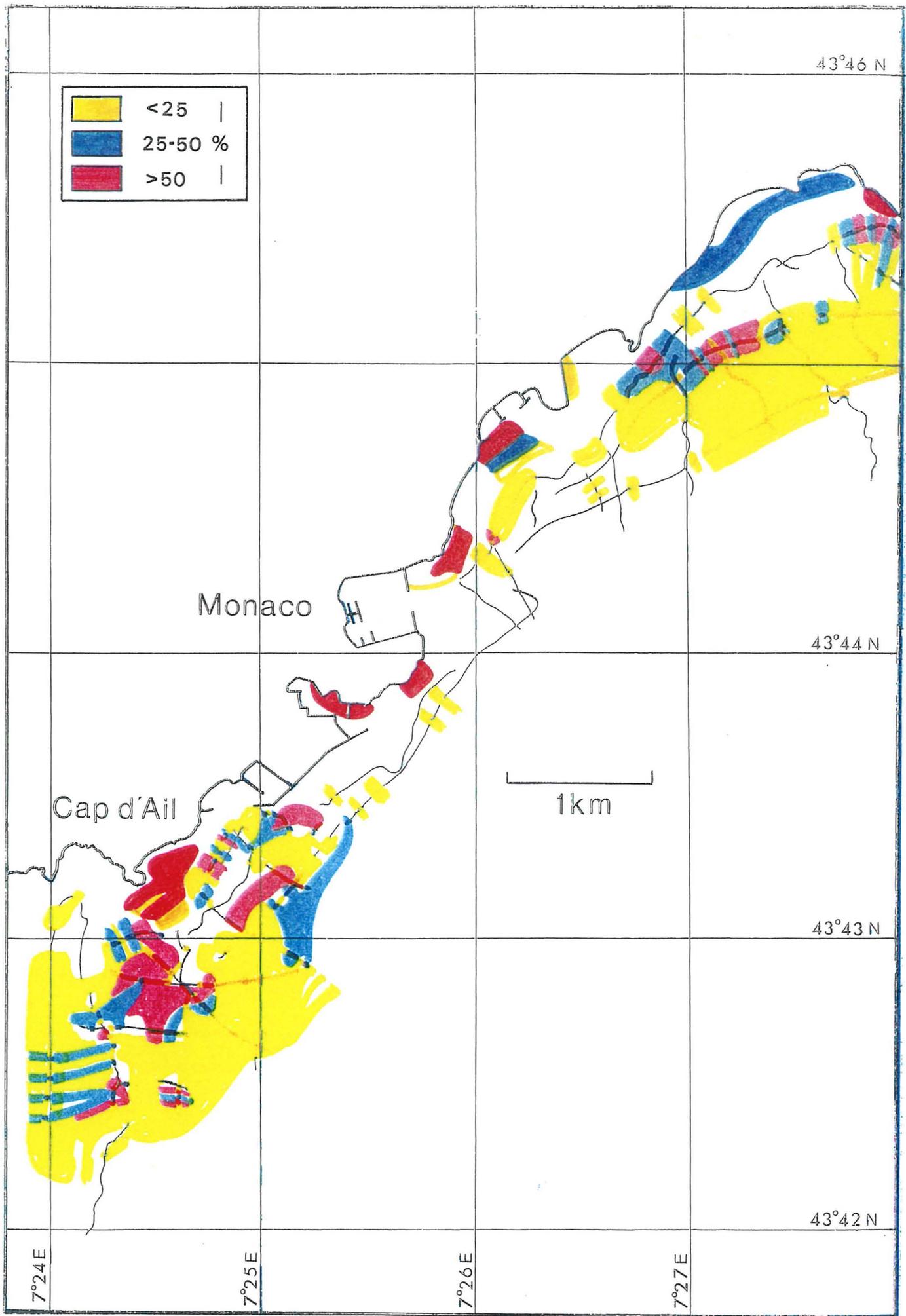
7°29 E

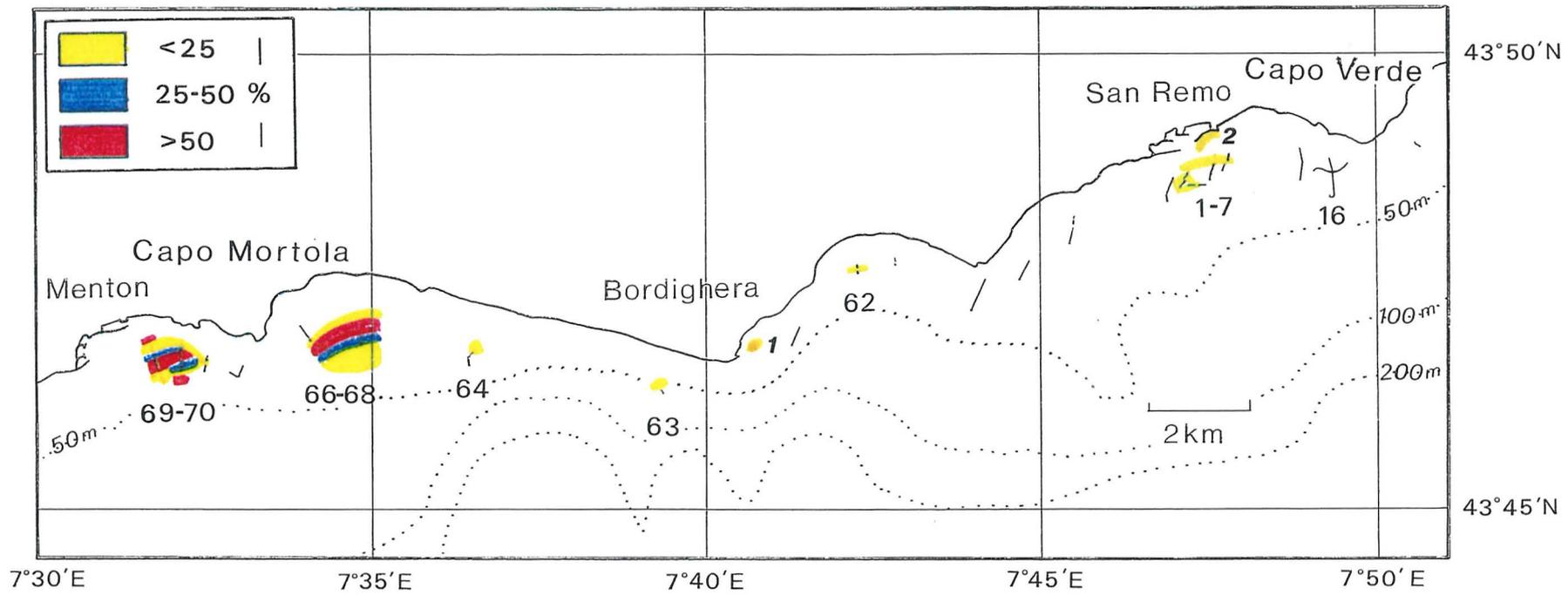
7°30 E

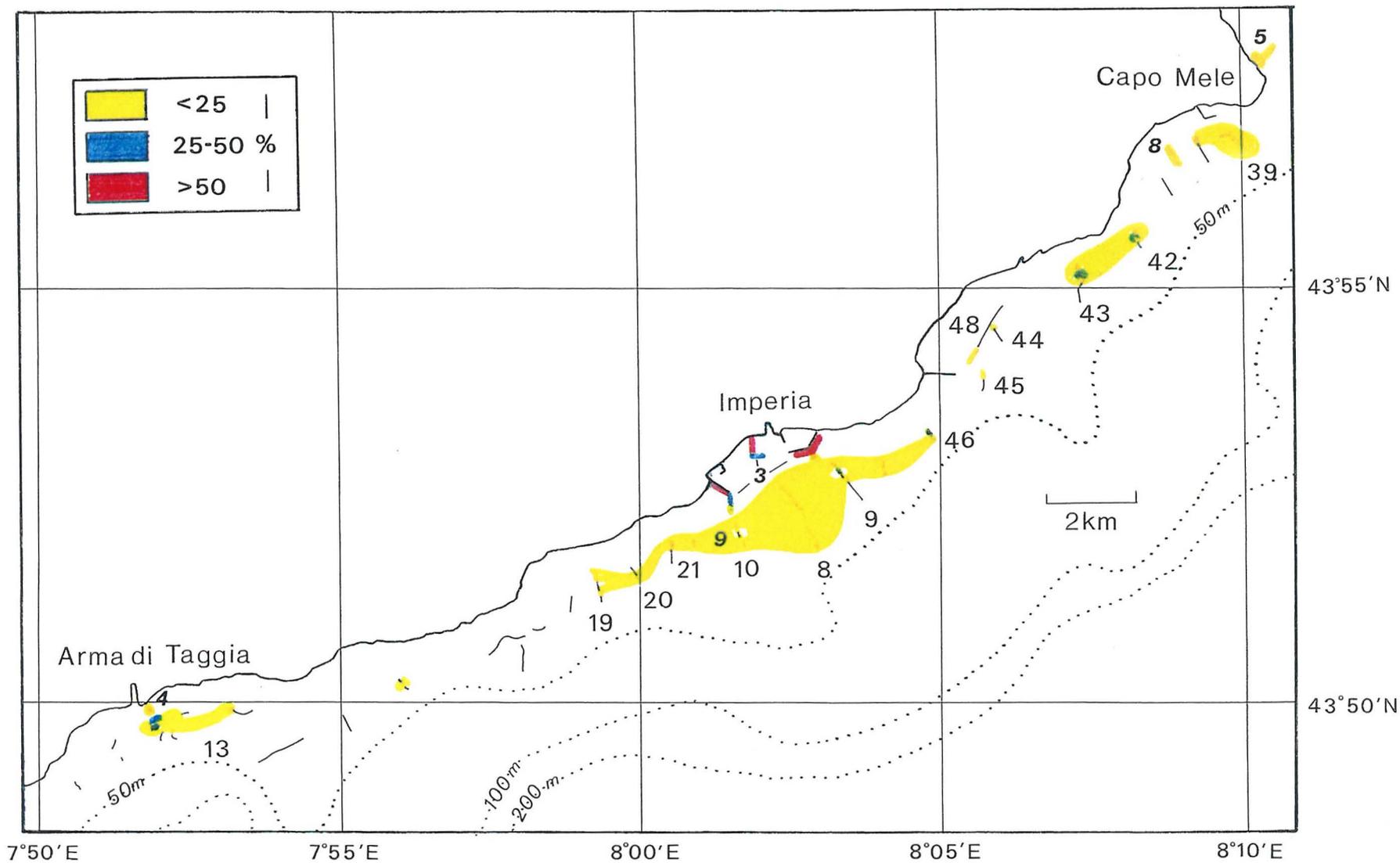
7°31 E

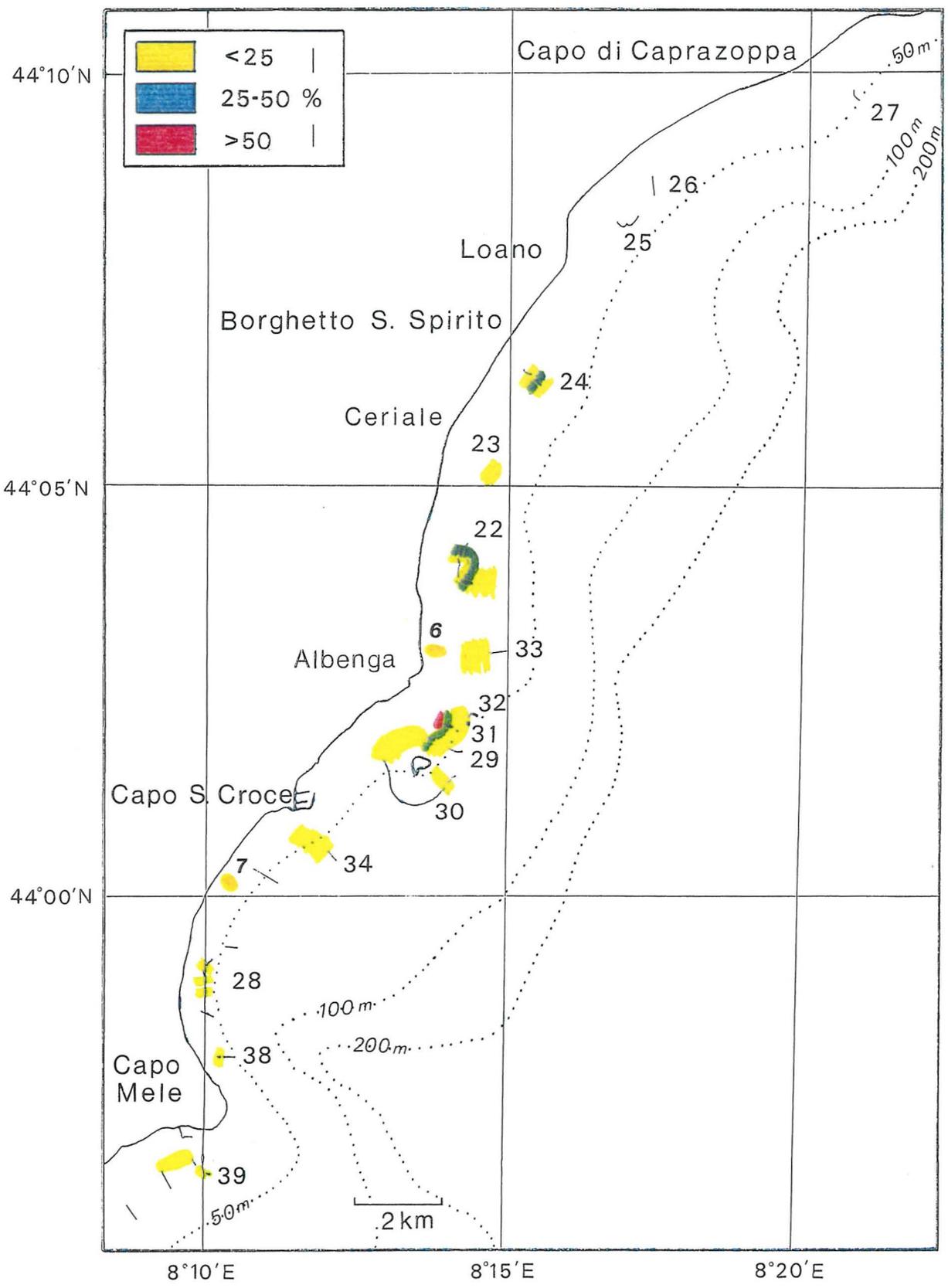
7°32 E















Aquatossal

Baie de Seine

Caulerpe

Crépidule

Ficopomatus

Gironde

La

Direction  
Environnement  
Aménagement  
du Littoral

Mast 3/Intrmud

Phytoplancton

Seine Aval

# Caulerpe

Ecologie Côtière

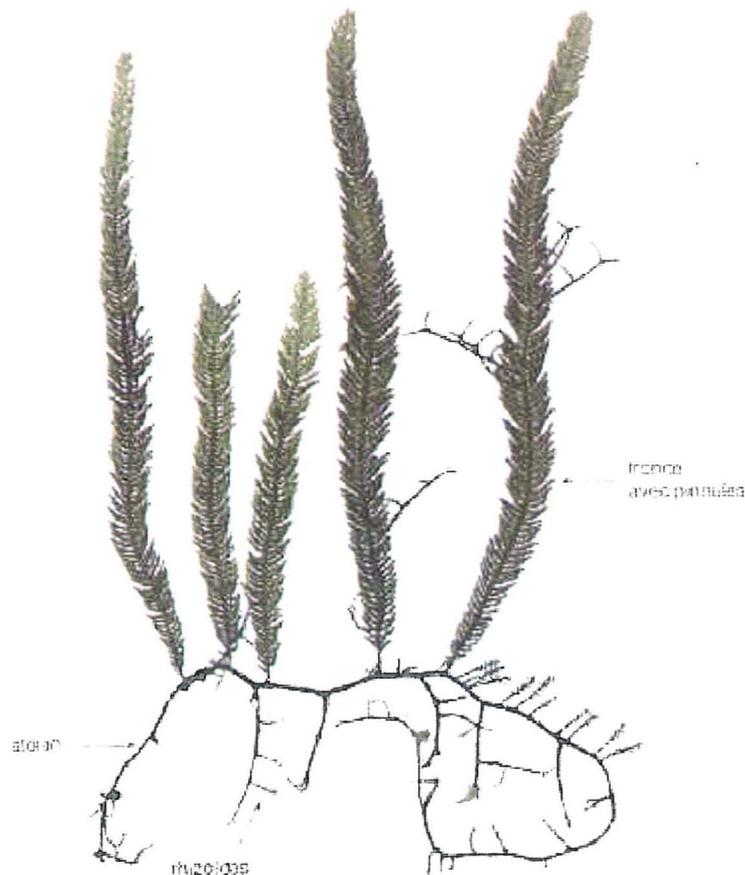
Remonter

Objectifs - [Méthodes](#) - [Résultats](#) - [Conclusions](#)

Méthodes

Suivi de l'expansion de l'algue *Caulerpa taxifolia*

Reponse S&amp;V



Copyright © T. Belsher IFREMER

## OBJECTIFS

Compte tenu des moyens techniques disponibles à L'Ifremer, et des actions menées par le Laboratoire Environnement Marin Littoral et le GIS Posidonie, il a été convenu :

- de prospecter le domaine marin dans les profondeurs difficilement accessibles à la plongée sous-marine.
- d'établir les cartes les plus précises possibles de la première et principale zone colonisée, située entre Cap d'Ail et Menton afin d'y déceler les premiers signes éventuels de dégradation propre à aider à une lutte efficace.
- d'établir la dynamique de la population de *C. taxifolia*.
- de mettre en évidence les éventuels phénomènes de compétition.
- de constituer une vidéothèque de référence.



Copyright © IFREMER

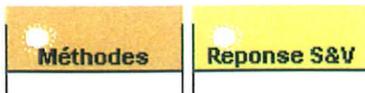
**Contact :**

IFREMER  
BP 70 - 29280 Plouzané

Laboratoire DEL/EC/BB  
Thomas Belsher      Mail : [Thomas.Belsher@ifremer.fr](mailto:Thomas.Belsher@ifremer.fr)

Mise à jour 27/02/01  
[Alain Ménesquen](#)  
[Copyright](#) Ifremer

[ [Accueil IFREMER](#) | [Sommaire](#) ]



Direction  
Environnement  
Aménagement  
du Littoral

# Méthodes

Ecologie Côtière

Remonter

Résultats

[Objectifs](#) - [Méthodes](#) - [Résultats](#) - [Conclusions](#)

## MATERIEL ET METHODES

### 1. Cartographie globale et dynamique

Des trajets, espacés de 100 m dans la mesure du possible sont effectués par vidéo sous-marine tractée entre les isobathes -10 m et -100 m. Leur positionnement est assuré, depuis l'utilisation du navire "L'Europe" par GPS différentiel. L'enregistrement des données est réalisé sur cassette vidéo 8 et VHS. Les trajets sont suivis grâce au logiciel de navigation assisté Sodena.



Copyright ©T. Belsher IFREMER



Copyright © T. Belsher IFREMER

Des cartes de synthèse, interpolant l'information entre les trajets sous marins, sont ensuite produites. Elles proposent des estimations de pourcentage de recouvrement de l'algue dans les zones prospectées.

### 2. Analyse de sédiments

Une analyse de sédiments, en vue de détecter d'éventuelles modifications significatives de ceux-ci dues au cycle de *C. taxifolia*, a été menée.

Des carottes sont prélevées par carottier manuel ou multitubes suivant la profondeur, dans le sédiment sous-jacent des zones étudiées. Les analyses sont conduites par exploitation d'un auto-analyser technicon couplé à un enregistreur graphique.

### 3. Mécanismes de la compétition

Des cloches benthiques sont mises en place sur les populations de *C. taxifolia* et de *P. oceanica* afin de mesurer les flux de nutriments et d'oxygène et par la même, de comparer le métabolisme de ces deux espèces.



Copyright © J.M. Estienne Cie des carabiniers du Prince de Monaco

### Campagnes effectuées

Depuis 1992, plusieurs campagnes océanographiques ont été menées par l'Ifremer, dans le cadre des programmes européens LIFE, avec l'appui des Services de l'Environnement et de la Marine monégasques et la participation de partenaires de ces programmes européens. Elles ont concerné essentiellement le secteur marin délimité par le Cap d'Ail et la frontière franco-italienne, entre les isobathes -10 et -100 m. Le secteur marin compris entre 0 et -10 m a été partiellement renseigné par plongées.

En 1995, 1996 et 1997, les opérations poursuivies à bord du N.O. "Europe" de l'Ifremer ont inclus une couverture effectuée par sonar latéral. Il est en effet rapidement apparu nécessaire d'obtenir une carte bio-sédimentaire afin de comprendre la dynamique d'expansion de l'espèce. Par ailleurs, le sonar latéral permettant de détecter, entre autres, les mattes formées par l'herbier de Posidonie, principal écosystème végétal progressivement envahi par *C. taxifolia*, la carte résultante offre une possibilité de prévision quant aux secteurs qui vont être envahis, l'herbier s'avérant être un excellent support pour la fixation des rhizoïdes de *C. taxifolia*.



Copyright © T. Belsher IFREMER

Mise à jour 27/02/01

[Alain Ménesquen](#)

[Copyright Ifremer](#)

[ [Accueil IFREMER](#) | [Sommaire](#) ]



Direction  
Environnement  
Aménagement  
du Littoral

# Résultats

Ecologie Côtière

Remonter

[Objectifs](#) - [Méthodes](#) - [Résultats](#) - [Conclusions](#)

Conclusions

## ● PRINCIPAUX RESULTATS

### 1. Cartographie quantitative

Les observations effectuées par voie aérienne, ainsi que l'analyse des données obtenues par vidéo tractée, montrent clairement la persistance et l'extension des populations de *Caulerpa taxifolia*. Cette extension s'avère rapide et sujette à des variations saisonnières importantes. Ainsi, en mars et en octobre 1992 dans les limites des zones prospectées pour les secteurs de Menton, Cap Martin et Cap d'Ail, l'occupation spatiale passe respectivement de plus de 50 ha à 180 ha.



Copyright © T. Belsher IFREMER

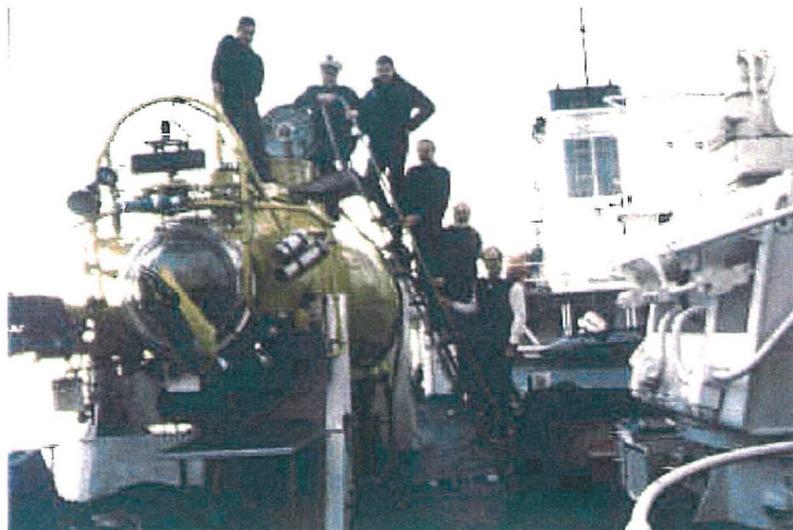
En 1994, les surfaces colonisées atteignent 600 ha et en 1995, 730 ha. En particulier, sur le secteur de Monaco, la zone ouest du Port d'Hercule est colonisée ; la réserve sous marine du Larvotto est ponctuée de taches de Caulerpe et les réimplantations expérimentales à *Posidonia oceanica* sont recouvertes.

En 1996, pour les secteurs échantillonnés de Menton à Cap d'Ail, la superficie prospectée n'a été que de 329 ha mais la superficie colonisée est de 321.5 ha. La campagne 1997, a permis de compléter la couverture sonar, ainsi que de constater, par vidéo sous-marine, la persistance de *C. taxifolia* le long de la face est du Cap Martin .

En 1998, enfin, pour l'ensemble du secteur d'étude de Menton à Cap d'Ail, *C. taxifolia* colonise plus de 1300 ha, soit 69 % de la zone prospectée.

## 2. Recouvrement , niche écologique et limites bathymétriques

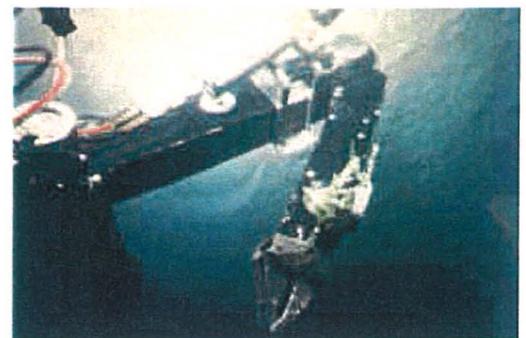
Les populations denses, c'est-à-dire celles dont le recouvrement du substrat varie entre 50 et 100 % se développent maintenant entre la surface et l'isobathe -50 m. Le gain en bathymétrie a été, dans certains secteurs, d'une dizaine de mètres en un an. Au-delà de cette limite, les populations deviennent de plus en plus éparées, mais d'une année sur l'autre, la densité augmente. L'espèce a été observée fixée à plus de 80 m. ainsi que de très nombreux fragments détachés, remis en jeu 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 ainsi que par toutes les observations vidéo effectuées depuis. *C. taxifolia* peut, à l'aplomb des zones colonisées, se fixer et vivre jusqu'à -100 m de profondeur.



Copyright © Marine Nationale

De nombreux fragments en épave, apparemment viables et susceptibles de redonner des boutures, ont été repérés jusqu'à -108 m.

La limite des prospections a été de -182 m. L'algue se fixe sur tous les types de substrats, pollués ou non, à des vitesses différentes : plus rapidement, par exemple, sur substrat solide que vaseux.



Copyright © T. Belsher IFREMER



Copyright © Y. Gladu



Copyright © Y. Gladu

### ***3. Variations saisonnières et fluctuations dues aux sédiments et à l'hydrodynamisme***

La croissance des populations de Caulerpe est maximale de la fin de l'été à l'automne, minimale en hiver. Les variations de température, auxquelles sont particulièrement sensibles les algues d'origine tropicale, doivent jouer un rôle important.

Un autre type de fluctuations, dues au type de sédiments et au mode hydrodynamique auquel ils sont soumis a été mis en évidence dans la Baie de Menton ainsi que sur la face ouest du Cap Martin. En baie de Menton, les sédiments mobiles situés à faible profondeur et marqués par des " ripples marks ", perturbent sporadiquement l'implantation de l'algue.

La face ouest du Cap Martin, falaise abrupte, est soumise à un important hydrodynamisme, qui fragmente la population et favorise sa dissémination. Ce facteur doit contribuer à la colonisation progressive de la baie de Roquebrune.

### ***4. Compétition***

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.



Copyright © IFREMER

Copyright © J.M Estienne Cie des Carabiniers  
du Prince de Monaco

En octobre 1992, seul l'herbier à *Posidonia oceanica*, de type clairsemé ou dégradé avait été vu pénétré par *Caulerpa taxifolia*. En 1994, l'herbier dense est également pénétré. En 1995, la frange supérieure de l'herbier de Posidonie de Cap d'Ail régresse et disparaît même par endroits. L'herbier de *P. oceanica*, dont les phases de développement sont pourtant inverses de celles de *C. taxifolia* apparaît donc particulièrement menacé.

Dans les herbiers à *Cymodocea nodosa*, *C. taxifolia* se surimpose au réseau de stolons de cette espèce, le décalquant littéralement.

## 5. Modifications de la composition des sédiments

En 1994, les valeurs en nitrates étaient équivalentes à celles trouvées dans d'autres secteurs méditerranéens (de 3.18 à 40.90  $\mu\text{Atg/l}$ ) et les valeurs en azote ammoniacal (de 200 à 455  $\mu\text{Atg/l}$ ) fortes par rapport à celles concernant les phosphates (de 0.50 à 4.00  $\mu\text{Atg/l}$ ).

Une contamination en métaux lourds est relevée par rapport aux concentrations mesurées dans des sédiments prélevés en haute mer.

Des valeurs élevées sont mesurées pour le DDT, le pyrène et le fluoranthène. Les PCB sont en quantité faible et les hydrocarbures présentent des valeurs irrégulières, avec des taux élevés près de la réserve du Larvotto. La comparaison des données faite jusqu'en 1996, montre, en certains secteurs, une augmentation des valeurs en azote ammoniacal. Les valeurs en nitrates indiquent que le sédiment n'est pas totalement anoxique. Une réduction des sédiments sous les populations denses de *C. taxifolia*, situées à -10 m a été observée. La série de mesures et d'observations est encore trop limitée pour en tirer des conclusions.

Par ailleurs, le suivi des concentrations en nitrate des eaux de surface, effectué mensuellement, de 1976 à 1991, pour le secteur de Beaulieu à Menton, met en évidence une stabilité des valeurs, qui s'avèrent faibles. Les données les plus récentes ne font pas apparaître de tendance à la hausse par rapport aux valeurs de

la décennie passée.

## 6. Mécanismes de compétition

Afin de déterminer les mécanismes de la compétition entre l'algue *C. taxifolia* et l'herbier à *P. oceanica*, des mesures *in situ*, à l'aide de cloches benthiques ont été effectuées de 1995 à 1998. L'activité photosynthétique de *C. taxifolia* s'avère largement supérieure, en automne, comme en hiver, à celle de *P. oceanica*. Les ordres de grandeur sont de 8 et de 1.5 fois. La caulerpe serait plus apte à utiliser les phosphates. Dans un environnement limité en nutriments, comme l'est la Méditerranée, cette capacité de fixation est sans doute un avantage dans la compétition entre les deux espèces en période estivale.

## DERNIERS TRAVAUX

### FOURTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON CAULERPA TAXIFOLIA

Lerici, Italie, February, 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, 1999

#### Résumé du poster

Carte des sédiments superficiels marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia*, de Menton au Cap d'Ail. Echelle 1/7500 (43°45'N)

par T. Belsher (Ifremer Brest) et E. Houlgatte (Bureau d'études géologiques Brest)  
Edition 1998 - Ifremer et Service de l'Environnement de Monaco.

Cette carte a été élaborée à la suite des travaux océanographiques effectués de 1995 à 1997 par l'Ifremer, Genavir et le Service de l'Environnement de Monaco. Le domaine marin a été renseigné, jusqu'à -100 m, par l'utilisation combinée, dans la limite de leurs possibilités, de plusieurs techniques d'acquisition. Ainsi, sonar latéral, vidéo sous -marine, carottier multitube, photographies aériennes ont-ils été mis à contribution. Une partie du secteur marin monégasque a été renseignée par les données d'I.D. Scope (1992), de G. Fredj, S. Di Geronimo et G. Gay (1993), et de M. Verlaque et G. Bernard (1998).

L'ensemble des isobathes est emprunté des cartes SHOM (6881, 6863, 6953 et 7017. Le domaine terrestre est illustré par une imagerie informatisée issue des photographies aériennes (campagne aéroportée IGN de 1994).

Carte disponible sur commande auprès du :  
Service des éditions Ifremer, Centre de Brest, B.P. 70,29280 Plouzané, France.

#### Résumé de la communication orale

Acquisition de données qualitatives et quantitatives sur l'expansion de l'algue *Caulerpa taxifolia*. Campagnes océanographiques Califa du N.O. "L'Europe" (Ifremer/Icram)

par :

T. Belsher (Ifremer Brest, responsable des missions), A. Peirano (ENEA),

M. Puccini (ICRAM),

M. Boutbien (Genavir Brest), M. Blanc (Carabinier du Prince Monaco), D. Coroller (Ifremer Brest)

J. M. Cottalorda (LEML-UNSA Nice), F. Dagault (Ifremer Sète), E. Emery (Ifremer Toulon)

P. Fugazzi (Université de Gênes), H. Goraguer (Ifremer Brest), E. Le Gall (Ifremer Brest), M. Lunven

(Ifremer Brest), J.P. Marfeld (Carabiniers du Prince Monaco)  
 M. Peleau (Ifremer Brest), R. Pucci (service de l'Environnement Monaco)  
 T. Thibaut (LEML-UNSA Nice) et l'équipage du N.O. "L'Europe".

La mission océanographique Califa 98 (Caulerpa-Life-Italia) s'est déroulée du 31 août au 14 septembre et du 11 octobre au 22 octobre 1998 à bord du navire océanographique de l'IFREMER et de l'ICRAM, le N.O. "L'Europe".

La première partie de cette campagne (CALIFA 98/1) a concerné le secteur compris entre Cap d'Ail et Menton, incluant la Principauté de Monaco. Elle a été réalisée, ainsi que lors des années précédentes, avec la collaboration du service de l'Environnement de Monaco et l'appui logistique du service de la Marine de la Principauté et des plongeurs de la compagnie des Carabiniers du Prince.

Elle a montré que l'extension de *C. taxifolia* se poursuit, en particulier pour la Principauté de Monaco, dans la Réserve sous-marine du Larvotto, le long du tombant du Loews, où des tentatives d'éradication ont favorisé la dissémination, ainsi que de part et d'autre de l'entrée du port d'Hercule.

*Cartes de répartition de la Caulerpe, campagne de Septembre 1998 :*

de Menton au Cap Martin



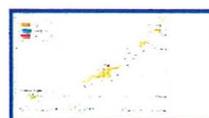
du secteur de Monaco au cap d'Ail



Les fonds du port de Fontvieille, dans la partie est, le tombant de St Nicolas ainsi que les abords du Musée océanographique sont recouverts de plusieurs strates de *C. taxifolia*. De manière générale, de Cap d'Ail à Menton, la densité s'accroît dans les stations profondes, jusqu'à -100 m, où l'algue est maintenant rencontrée plus fréquemment.

La seconde partie (CALIFA 98/2), entreprise pour la première fois le long des côtes de Ligurie, a été effectuée avec la collaboration de l'ENEA (Dr. A. Peirano) et de l'ICRAM (Dr. M. Puccini).

La majorité des ports italiens compris entre la frontière franco-italienne et Savone sont colonisés par *C. taxifolia*. Une mention particulière est décernée à celui d'Imperia, entièrement tapissé par l'algue. Celle-ci colonise également les parois, jusqu'à quelques cm sous la surface, permettant ainsi de privilégier le facteur hydrodynamique comme régulateur de l'implantation à proximité immédiate de la surface.



*Cartographie de Capo Mele à Arma di Taggia  
 Octobre 1998*

Les prospections menées à l'extérieur des ports montrent que l'expansion se fait à partir de ceux-ci. *C. taxifolia* se raréfie lorsque l'on s'éloigne des ports. Aussi, la pêche, et de manière générale la circulation maritime, apparaissent comme les

principaux facteurs de dissémination. A l'extérieur des ports, l'algue colonise tout d'abord les herbiers de Cymodocées et la matre morte des herbiers de *P. oceanica* dégradés. *C. taxifolia* commence à pénétrer dans les herbiers de *P. oceanica* denses. Cette séquence de colonisation est la réplique de celle observée quelques années plus tôt entre Cap d'Ail et Menton.

Dans certains secteurs, comme celui de l'île de Gallinara, l'algue a été observée jusqu'à une profondeur de -57 m.

Un autre fait significatif est apparu au cours de cette prospection menée pour la première fois du Cap de Mortola, situé à l'extrémité est de la baie de Menton, vers l'ouest, en direction de Monaco. La densité de l'algue, d'abord faible, s'accroît progressivement, désignant clairement le foyer initial d'implantation.



Cartographie de Capo Mortola à Capo Verde  
Octobre 1998

Enfin, au cours d'une des plongées effectuées dans le secteur d'Albenga, l'un des plongeurs de l'équipe (H. Goragner - Ifremer Brest) a observé plusieurs ascoglosses dans un champ de *C. taxifolia*. L'un de ceux-ci a été ramené vivant, filmé et photographié ; un spécialiste italien (N. Bianchi, Université de Gênes) a assuré sa détermination. Il s'agit de *Lobiger serradifalci*, espèce méditerranéenne, connue pour se nourrir exclusivement de Caulerpales, c'est à dire, jusqu'à présent, principalement d'espèces endémiques de la méditerranée, telle *Caulerpa prolifera*.

#### ● CARTE et ATLAS - Editions IFREMER 2000

T. Belsher et E. Houlgatte

Etude des sédiments superficiels marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia* de Menton au cap d'Ail



Mise à jour 27/02/01  
[Alain Ménesquen](#)  
Copyright Ifremer

[ [Accueil IFREMER](#) | [Sommaire](#) ]



Direction  
Environnement  
Aménagement  
du Littoral

Ecologie Côtière

# Conclusions

Remonter

[Objectifs](#) - [Méthodes](#) - [Résultats](#) - [Conclusions](#)

## Conclusions et perspectives

Pour la même zone d'étude, la première donnée quantitative, acquise en mars 1992, est d'environ 50 ha, et la dernière, datant d'octobre 1998, avoisine 1300 ha. Ce chiffrage englobe toutes les classes de densité. Toutefois, la figuration et la quantification d'éléments biologiques du milieu sous-marin représentent toujours un instantané, plus fugace que celui des formations sédimentaires, avec des potentialités de fluctuations pour des raisons tant physiques que biologiques.



Copyright © J.M Estienne Cie des Carabiniers du Prince de Monaco

*C. taxifolia* colonise aussi bien les milieux pollués que non pollués dans la tranche bathymétrique comprise entre 0 et -100 m et entre en compétition avec divers compartiments floristiques et faunistiques. Un métabolisme supérieur à celui d'autres espèces végétales à certaines saisons et une meilleure utilisation de certains nutriments apparaissent pouvoir figurer parmi les éléments explicatifs.

Le devenir de la biomasse produite et dégradée et ses incidences sur l'écosystème méditerranéen à longue échéance restent encore inconnus.



*Lobiger serradifalci*

Copyright © O. Dugornay IFREMER

Enfin, la découverte lors de la campagne Califa 98/2 menée le long des côtes liguriennes, pour la première fois dans ce secteur, d'ascoglosses indigènes comme *Lobiger serradifalci* dans les champs de *C. taxifolia*, et susceptibles de s'en nourrir, témoigne des possibilités d'adaptation de l'écosystème.

Mise à jour 27/02/01

[Alain Ménesquen](#)

[Copyright](#) Ifremer

[ [Accueil IFREMER](#) | [Sommaire](#) ]



Méthodes

Reponse S&amp;V

Direction  
Environnement  
Aménagement  
du Littoral



# Reponse S&V

## Ecologie Côtière

Remonter

Méthodes

[Conclusion](#)[Bibliographie](#)[Photothèque](#)

Conclusion

A propos de deux articles de la revue Science et Vie :

Deux articles de Science et Vie, parus respectivement en décembre 1997 (n° 963) et en janvier 2000 (n° 988) font part de critiques sur une partie des résultats obtenus au cours de campagnes océanographiques Ifremer consacrées à l'algue *Caulerpa taxifolia*. Ces critiques concernent la densité de l'algue sur quelques ha d'un secteur très localisé, situé à faible profondeur en baie de Menton. Elles sont illustrées par une plongée de F. Jubelin et des données obtenues en 1997, par J. Jaubert, après utilisation d'un CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager). Cet outil de télédétection aéroporté a eu une perception en profondeur, en baie de Menton, limitée à -17 m (J. Jaubert *et al.*, 1999).

Depuis 1992, les campagnes menées par l'Ifremer, généralement au début de l'automne, période de développement maximal de *C. taxifolia*, ce qui facilite sa localisation, mentionnent la présence et l'expansion progressive de l'algue en Méditerranée. En particulier, des populations denses de *Caulerpa taxifolia* se sont progressivement implantées dans plusieurs secteurs de la baie de Menton, qui ne représente qu'une faible part de notre zone d'étude. Celle-ci, comprise entre cap d'Ail et la frontière franco-italienne, couvre une superficie de plusieurs milliers d'ha et concerne les fonds compris entre 0 et -100 m. La prospection s'est étendue en 1998 en Italie ; elle a aussi concerné, certaines années, de manière ponctuelle, la rade de Toulon et, en 1999 le Parc national de Port-Cros.

### Méthodes Ifremer



Les données sont obtenues :

- par utilisation de caméras de vidéo sous-marine, la majorité des fonds étant accores et/ou recouverts par des herbiers de phanérogames.

- par utilisation ponctuelle de photographies aériennes de l'IGN, qui apportent une information complémentaire partielle jusqu'à une quinzaine de mètres, mais ne peuvent discriminer, pas plus que le CASI, les populations végétales de faible et moyenne densité ni l'algue *Caulerpa taxifolia* de l'herbier de posidonie dans lequel elle pénètre .
- par collecte d'informations fournies par les plongeurs Ifremer, les plongeurs des Carabiniers du Prince et de la police monégasque, ainsi que par celles issues du réseau de plongeurs mis en place par le LEML (Nice), dans le cadre de deux programmes européens successifs.
- par utilisation du sonar à balayage latéral de 1995 à 1997, pour le levé de la carte bio-sédimentaire des fonds sous marins compris entre cap d'Ail et Menton. Cette étude a été entreprise afin de mieux comprendre la dynamique d'expansion de *C. taxifolia*, visiblement liée non seulement à la température, mais aussi à la nature des substrats et des biocénoses. Elle a été menée avec le concours logistique et financier du Service de l'Environnement de la Principauté " de Monaco.

La prospection par vidéo sous marine est effectuée suivant un maillage, comprenant, dans la mesure du possible, des trajets parallèles et des trajets perpendiculaires à la côte, espacés généralement d'une centaine de mètres.

Les images et les trajets effectués étant retransmis en direct sur les écrans du bord, les densités observées sont reportées sur ces trajets grâce aux possibilités offertes par le logiciel Sodena. Le positionnement est en GPS différentiel.

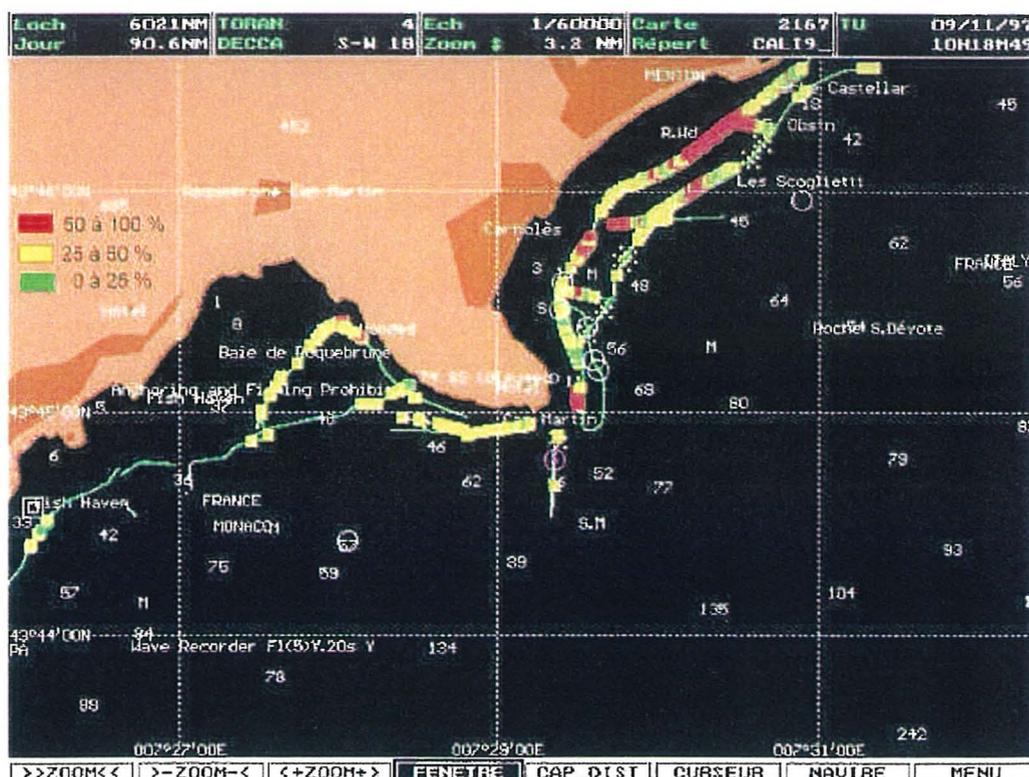


Fig. 1 : Trajets Sodena : Cartographie quantitative de *Caulerpa taxifolia*. Secteur de Cap Martin (1995)

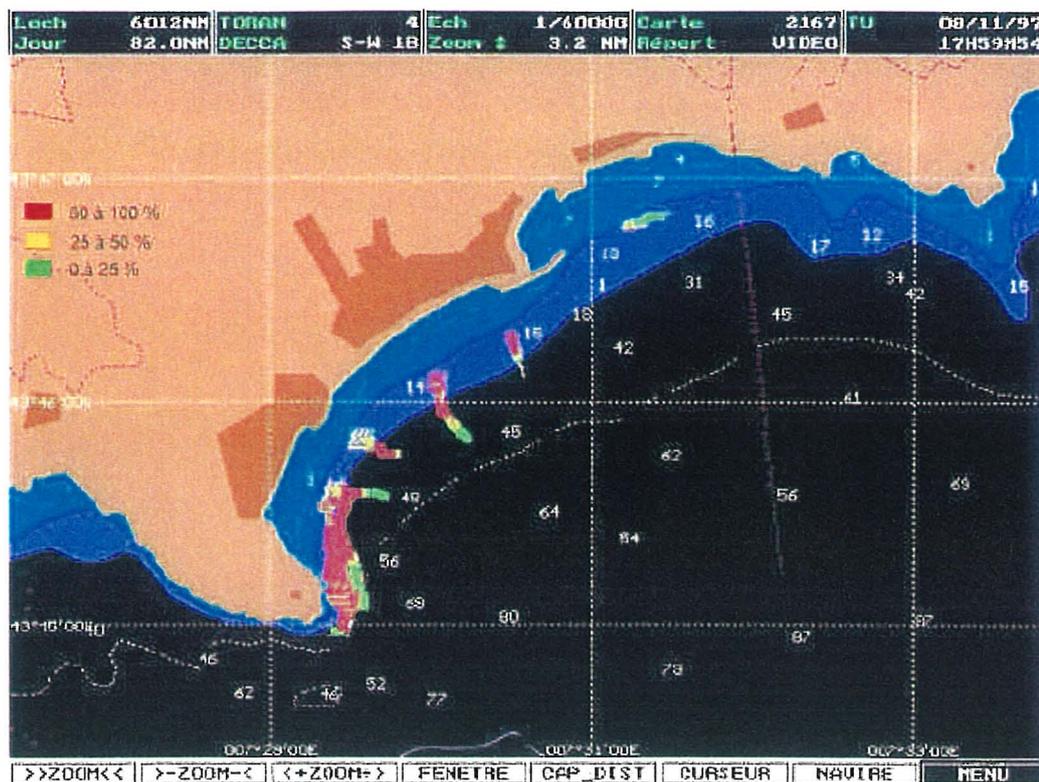


Fig. 2 : Trajets de Sodena dans la Baie de Menton

En laboratoire, l'analyse détaillée de tous les enregistrements vidéo est effectuée, permettant ainsi de vérifier et de compléter les observations tant biologiques que sédimentaires. Celles-ci sont reportées sur les trajets positionnés, par le service spécialisé de Genavir, sur un fond de carte Shom. Les heures de début et de fin de chaque trajet étant connues, et les images affectées de la date précise de la prise de vue (heure, minute, seconde), celles-ci peuvent être ainsi localisées avec une précision de quelques mètres.

Trajets effectués voir figures :

- [Figure 3a](#) : Zone de Menton, Trajets et % de recouvrements - Mars et Octobre 1992,
- [Figure 3b](#) : Secteur de Menton cartes de recouvrements - Mars 1992, Octobre 1992 et Mars 1994,
- [Figure 3c](#) : Zone du Cap Martin, 2 cartes de trajets 1995,
- [Figure 3d](#) : Zone du Cap Martin, 2 cartes de trajets, campagne Califa 1996,
- [Figure 3e et 3f](#) : 3e carte des trajets 1998 du Cap d'Ail à Menton, et carte 3f carte des trajets effectués en vidéo sous-marine du Cap Martin à Menton, campagne Califa 1999.

Enfin, une carte de synthèse est proposée : elle reprend toutes les données, et propose une interpolation entre les trajets.

Cette méthode est classiquement employée, autant en milieu terrestre que marin : il est en effet impossible, en l'état actuel des techniques d'exploration sous-marine, des outils à notre disposition, du temps et des financements impartis aux travaux de terrain, d'effectuer une exploration exhaustive des fonds.

Des images de la vidéothèque acquise au cours de ces campagnes, et en particulier celles acquises sur les trajets couvrant le secteur incriminé, montrent chaque année des populations de caulerpe, même là où le CASI n'en voit pas et ne peut pas en voir, du fait des limites de perception et de discrimination de cet outil de télédétection. Des dizaines d'heures de vidéo enregistrées, concernant des centaines d'ha, témoignent de l'implantation de l'espèce dans toutes les biocénoses.

Vous pouvez parcourir une sélection de captures d'images vidéo et de photographies (voir photothèque), ces images ont été positionnées sur les trajets et sont disponibles sur demande).

### Sur une photographie de *Caulerpa taxifolia*... ..



Science et Vie, dans l'article " le roman noir de l'algue verte " (n° 963, décembre 1997), conteste les données Ifremer acquises en 1995 par :

- **une photo sous marine** de F. Jubelin, **couvrant environ 1 à 2 m<sup>2</sup>, prise en 1997,**
- un commentaire de J. Jaubert, contestant la densité des caulerpes à la suite de "nombreuses plongées ", dont les positions et les références ne figurent nulle part.

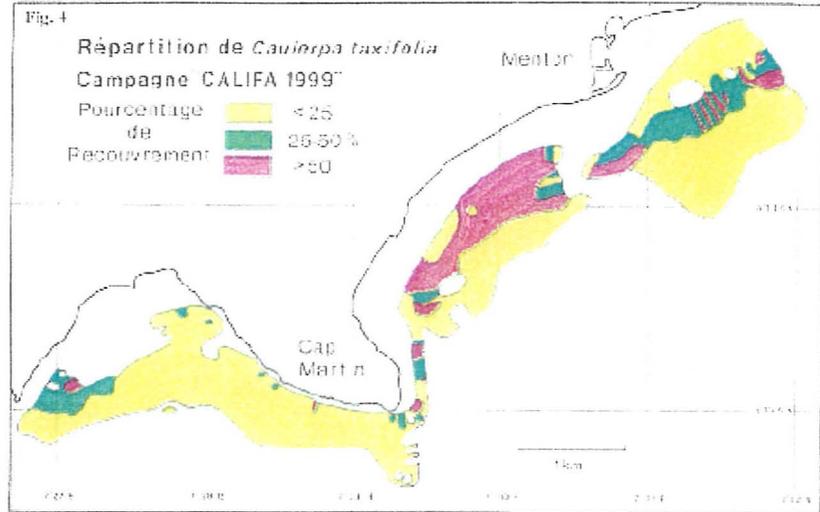
Cette photo sous marine de F. Jubelin, **prise deux années** après l'acquisition de nos données est en dehors des trajets vidéo qui ont été effectués par l'Ifremer en 1995. Elle couvre une très faible superficie et ne peut être comparée au pas spatial d'une couverture par vidéo sous-marine tractée.

### **Prendre la photo d'une clairière dans une forêt signifie t'il que la forêt n'existe pas ?**

Par ailleurs, cette photo montre des fonds à ripple marks, témoignant d'un hydrodynamisme important et de la mobilité de ces sables situés à faible profondeur. Ainsi que le font remarquer des modélisateurs (Coquillard *et al*, 1996), les sables de ce secteur ne constituent pas un bon substrat d'implantation pour l'algue.

Des fluctuations de densité, tout à fait normales dans ces conditions, et susceptibles d'être amplifiées par les variations de température de l'eau, ont donc été observées et signalées, année après année, lors de nos prospections. " Cette zone... s'avère propice à de fréquents remaniements de la couverture à *C. taxifolia*, dont la représentation apparaît plus fragmentée par rapport à 1995 ". (Belsher *et al*, 1998).

Cependant, la caulerpe est toujours présente dans ce secteur et son implantation s'accroît, en particulier en profondeur, comme le montrent les données acquises depuis 1995 et enfin en 1999.



Enfin, l'article de S et V porte en lui-même ses contradictions : ainsi qu'indiqué dans le texte par l'un des auteurs " certains herbiers sont partiellement colonisés ". Il est donc faux de limiter l'expansion de *C. taxifolia*, comme indiqué sur la photo 2 de ce même article, à une ligne jaune intitulée " contact posidonies-caulerpes ", laissant ainsi croire que *C. taxifolia* ne pénètre pas dans les herbiers de *P. oceanica*, ce que pourtant cette algue fait effectivement, ainsi que nous l'avons constaté en de multiples secteurs.

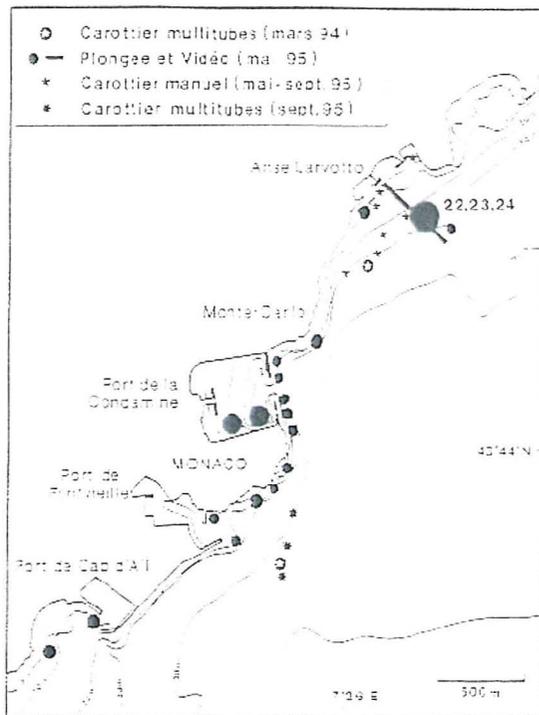


Fig. 5 Localisation des stations de carottage (CALIFA 95, BELSICIER *et al.* 1997)

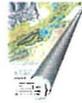
Dans " l'enquête " de Science et Vie " Toute la lumière sur la caulerpe " (n° 988,

janvier 2000), un extrait de carte, attribué à l'Ifremer, est critiqué.

Les sous-titres suivants émaillent cet article :

" *Des méthodes contestées* " ! " *Bonne carte* " ! " *Selon le Pr. J. Jaubert, 90 % des caulerpes n'existent pas et n'ont vraisemblablement jamais existé* " !  
" *Le tapis de caulerpe s'arrête net (phénomène de lisière) dès que les fonds ne sont plus contaminés* " ! " *Députés : plongée en eau trouble* " !

Un article à paraître dans " *Journal of Phycology* " est annoncé comme devant servir de caution scientifique à cette critique.



### Sur une "bonne carte"... ..

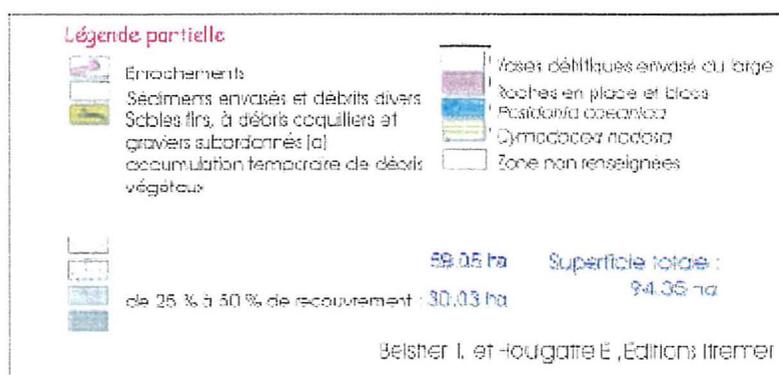
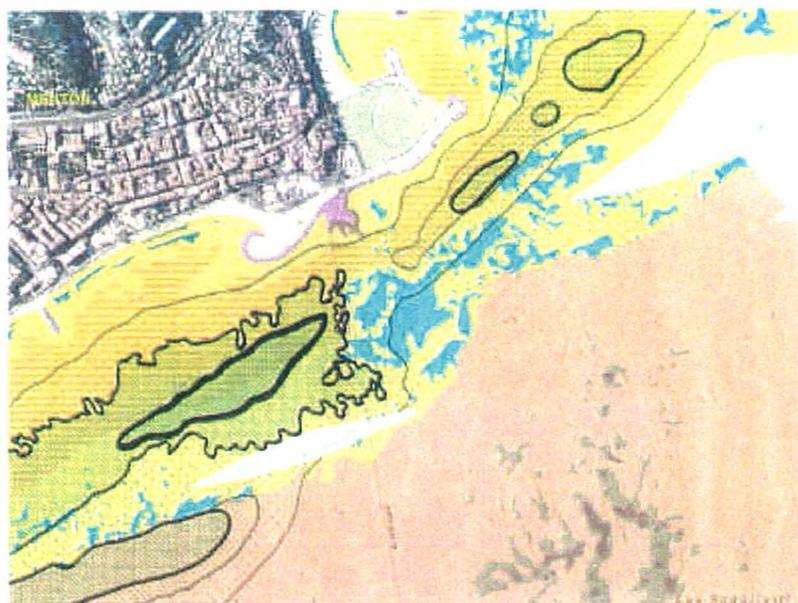
1) Les données de J. Jaubert, acquises sur quelques ha en 1997, ne sauraient en aucune façon être qualifiées, de " bonne carte ". Il s'agit d'une **superposition de données** d'origines diverses, acquises à deux ans d'intervalle, avec des techniques différentes.

2) La carte éditée par l' Ifremer est accompagnée d'une notice explicative. Celle-ci détaille, entre autres, les méthodes et outils employés. L'examen attentif de cette carte et la lecture de la notice (Belsher T., et Houlgatte E., 2000) auraient éclairé les rédacteurs de " l'enquête " sur les points suivants :

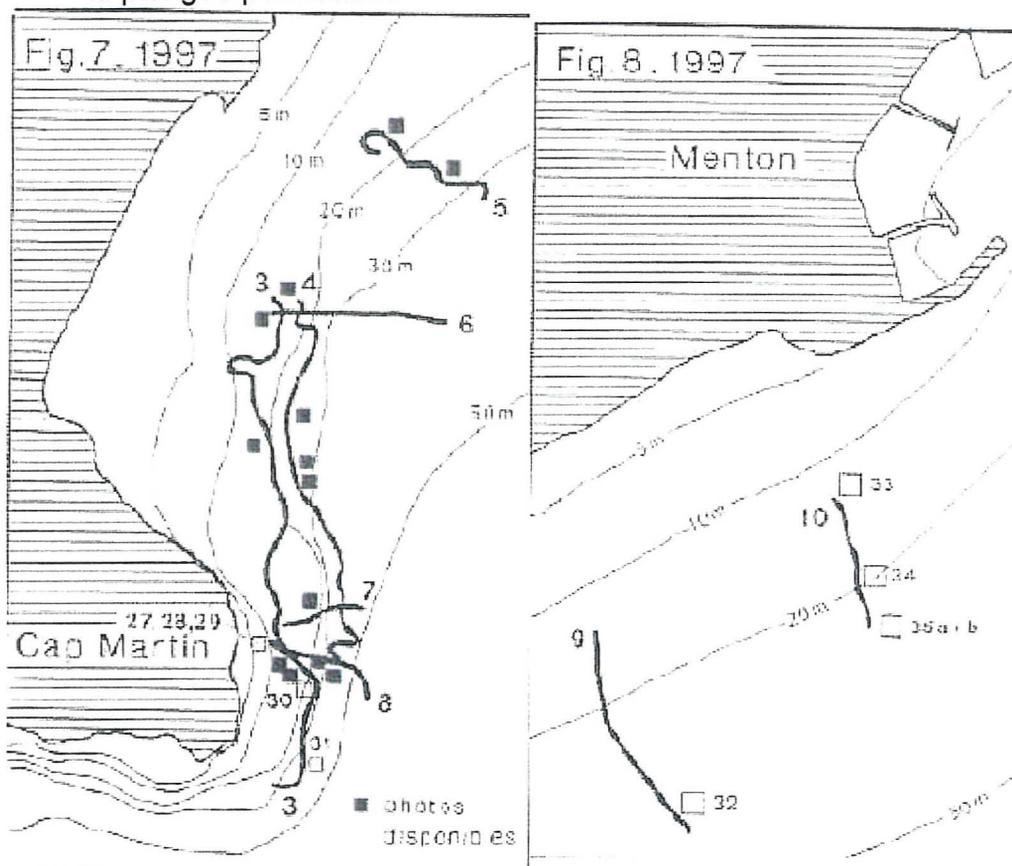
- dans le secteur cerclé de rouge, contrairement à ce qui est indiqué par la revue sur l'extrait de carte attribué à l'Ifremer, il y a bien un herbier de phanérogame, à *Cymodocea nodosa* , (cartographié déjà par Meinesz *et al*, en 1975 mais depuis densément colonisé par un tapis de caulerpe ;

■ de toute façon, sur l'extrait de carte attribué à l'Ifremer, *C. taxifolia* occupe bien, pour ce secteur, 94 ha. La répartition des densités a changé en certains points, depuis 1995, en raison, vraisemblablement, principalement de l'hydrodynamisme, mais l'algue est toujours présente !

Cartes des sédiments superficiels marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia*, 1996



- Il est tout à fait normal de percevoir moins de caulerpe, si l'on n'utilise que les outils de télédétection aérienne ou spatiale étant donné les limites de perception et de discrimination imposées par le milieu marin à ceux-ci. Dès 1992, l'algue a été signalée, grâce à une exploration par sous-marin, comme fréquente devant le cap Martin entre -57 et -65 m et fixée à -99 m au large du cap d'Ail, (Belsher et Meinesz, 1995). Depuis, la vidéo sous-marine permet de confirmer chaque année l'implantation progressive en profondeur de populations de plus en plus denses. Ainsi en 1997, date de l'acquisition des données de J. Jaubert, des populations denses ont été filmées par l'Ifremer jusqu'à -39 m (trajet 3) devant le cap Martin (fig. 7), -33 m (trajet 9) en baie de Menton (fig. 8). Enfin, le trajet 10 révèle une population dense entre -10 et -17 m, et sa présence décroissante jusqu'à -20 m. Cette population, bien que perceptible théoriquement par le CASI, ne figure pas sur la "bonne carte" signée J. Jaubert. Aussi les 21 ha figurés sur cette "bonne carte" datée de 1997 ne représentent qu'une partie de l'expansion de l'algue. Cette partie est d'autant moins représentative que par télédétection, que ce soit avec le CASI ou des photos aériennes, il est impossible de percevoir *C. taxifolia* dans les herbiers de posidonie, ce que seules, pour l'instant, la vidéo sous marine et la plongée permettent.



De toute façon, ces 21 ha répertoriés représentent plus de 10 % des 94 ha contestés...

Les cartes faisant état des campagnes effectuées en 1998, entre cap d'Ail et Albenga, présentées sur la page [résultats](#) du projet Caulerpe montrent que l'expansion de l'algue se prolonge en Italie. La situation globale des superficies atteintes était alors de plus de 5000 ha, pour 4600 ha en 1997 (J. de Vaugelas *et al*, *Oceanologica acta*, 1999).

Les plongées systématiques effectuées par l'Ifremer en 1998 dans le secteur compris entre la pointe est du cap Martin et Menton montrent sa colonisation par une

population de l'algue et ce de manière pratiquement continue. Le recouvrement varie le plus souvent entre 25 et 100 %. A cette date, de cap d'Ail à Menton, 1300 ha atteints ont été répertoriés, soit 69 % de la superficie prospectée.

Des fluctuations des densités, aussi bien en 1998 qu'en 1999, par rapport aux années précédentes, sont également constatées.

**Les travaux de J. Jaubert, focalisés sur un petit secteur de faible profondeur de la baie de Menton, ne concernant donc que quelques ha des zones atteintes en 1997, ne donnent aucune image réelle de l'étendue des secteurs touchés par la prolifération de l'algue depuis son apparition en Méditerranée.**

3) *C. taxifolia* est une algue opportuniste en aucune façon liée uniquement à des sédiments pollués. (Actes de colloques de l'Académie des Sciences et des Séminaires internationaux sur *Caulerpa taxifolia*...).

Elle progresse avec une dynamique inégale sur tous les types de substrats et de biocénoses ; elle colonise en particulier les herbiers de posidonie, y compris ceux de la réserve sous-marine du Larvotto, en Principauté de Monaco, qui sont des témoins de la bonne qualité des eaux.



Elle progresse aussi dans les eaux du Parc national de Port-Cros, où seule une éradication systématique, menée depuis plusieurs années, arrive à limiter son expansion (émissions TV Thalassa, Gaïa, Scientific American Frontiers...).

## Conclusion

## Que peut on retenir des articles de Science et Vie ?

- ils confirment la présence de populations denses de *C. taxifolia* en 1997, devant le port et dans la baie de Menton, ainsi que dans un secteur non identifié,
- ils permettent de montrer que l'utilisation du CASI, qui ne saurait suppléer à elle seule à la vérité de terrain, n'apporte malheureusement pas d'informations supplémentaires par rapport à la photographie aérienne sur laquelle les secteurs à caulerpe denses, à posidonie et à cymodocée sont bien visibles (photos Ifremer 36 et IGN 41, [capture d'images vidéo d'Y. Gladu, 37 à 40](#)).



trajet Y. Gladu  
37 à 40

- Ils inféodent, contre toute vraisemblance, la prolifération de l'algue à la pollution, contrairement aux conclusions de l'Atelier sur les espèces de *Caulerpa* invasives, (Héraklion, 1998), approuvées par les représentants de tous les pays méditerranéens ([annexe](#)). Par ailleurs, ils sous-entendent, sans aucune preuve, en faisant fi des derniers travaux de génétique (Jousson *et al*, 1998), que l'entrée de l'algue en Méditerranée aurait pu se faire par le canal de Suez.

Rappelons qu'aucune observation de *C. taxifolia* n'a été faite, ni avant 1984, ni après, dans le bassin oriental de Méditerranée et que la première signalisation de

cette algue concerne les tombants situés sous le Musée océanographique de Monaco.

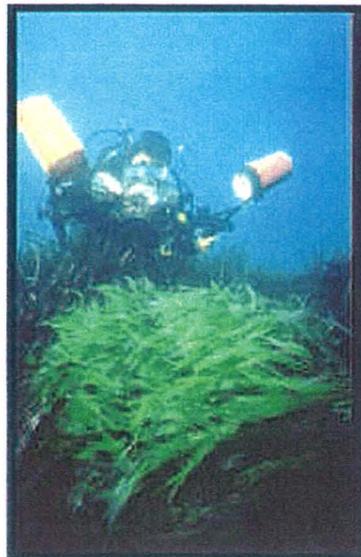


### Qu'apporte l'article de J. Jaubert et al. paru dans " The Journal of Phycology " ?

- cet article, publié fin 1999 dans " Journal of Phycology " (35, 1113-1119) ne met nullement en doute les cartes de l'Ifremer, qui n'étaient pas encore parues (Belsher, T. et Houlgatte, E., 2000) ni les données du réseau de plongeurs coordonné par le Laboratoire Environnement Marin Littoral de Nice. Au contraire, il fait référence à un de nos rapports (Belsher *et al.*, 1993), publié en 1994 dans " *Oceanologica acta* " (17, 4,443-451) montrant que la caulerpe n'avait pas atteint, en 1992, un secteur de quelques ha situé devant Menton.

S et V conteste donc des rapports et publications qui ne l'ont pas été par les revues scientifiques (et qui, de toute façon, ne sont édités qu'après examen par des spécialistes) ainsi que des documents non publiés. S et V. sort de son rôle d'information et conteste des résultats scientifiques sans s'appuyer, comme le font les revues scientifiques professionnelles, sur un comité de lecture spécialisé et indépendant.

- il fait état d'une nouvelle hypothèse, étayée par la phrase suivante : " there is a **good evidence** that *C. taxifolia* is being actively excluded from established patches of *Posidonia* in the central part of the bay ". Les travaux de Verlaque *et al.* (1994) et de Villéle *et al.* (1994), qui tendent plutôt à démontrer l'inverse, ne sont pas cités, pas plus que les observations et les cartes de l'Ifremer, ni les innombrables photos parues dans de multiples revues, non plus que les reportages télévisés qui montrent à l'évidence la colonisation d'herbiers de posidonie.



L'article du *J. of Phycology* n'apporte donc **scientifiquement** rien de nouveau, sauf si l'on considère comme tel le fait de montrer, après des années de traitement des données spectrales concernant une faible superficie de quelques ha, situés entre 0 et -17 m, que des populations denses de *C. taxifolia* en 1997 et des herbiers de *P. oceanica* sont toujours présents devant le port de Menton, ce que les pêcheurs, les clubs de plongeurs et l'Ifremer ont pu constater sans CASI.

Thomas Belsher/Ifremer

## Annexe

A l'issue de l'Atelier sur les espèces de *Caulerpa* invasives en Méditerranée (Héraklion, Crète, Grèce, 1998), les participants (dont faisait partie le Pr. J. Jaubert, représentant de la Principauté de Monaco), ont convenu d'une série de conclusions et de recommandations destinées à tous les pays méditerranéens, parmi lesquelles on peut relever celles ci :

### ■ conclusions

- ii) *C. taxifolia* peut s'adapter à différentes conditions de lumière puisqu'on la décèle en prairies denses jusqu'à 50 m de profondeur,
- iv) il n'est pas relevé de corrélation entre le développement de *C. taxifolia* et la qualité de l'eau ; l'algue témoigne d'un développement équivalent dans les eaux non polluées ou polluées,
- ix) *C. taxifolia* colonise tous les types de fond-rocheux, sableux, vaseux ainsi que la matre morte de posidonies,
- x) *C. taxifolia* envahit les biocénoses indigènes en modifiant la biodiversité et l'écodiversité.

### ■ recommandations

ii) favoriser la coordination nationale et internationale de l'ensemble des partenaires pour empêcher ou ralentir l'expansion de *C. taxifolia* et *C. racemosa* en Méditerranée.

Quelques mois auparavant le Pr. J. Jaubert avait déclaré, à la fin du séminaire sur les espèces invasives qui s'est déroulé à l'Académie des Sciences, en présence du Secrétaire perpétuel et de la cinquantaine de participants :

*En ce qui me concerne, je n'ai absolument pas eu recours aux grands médias pour faire des "révélations tapageuses" ou pour proférer des accusations. Mes études sur la Caulerpa ne représentent que 10 % de l'activité du laboratoire et ont uniquement fait l'objet de publications scientifiques, notamment dans Nature. Le comportement de mon équipe n'est donc pas critiquable. (Académie des Sciences, 1997, actes de colloques, p. 363).*

Enfin, aux colloques sur *C. taxifolia* et sur les espèces invasives auxquels il a participé, le Pr. J. Jaubert n'a jamais formulé les moindres critiques quant aux travaux présentés par l'Ifremer.

---

Remerciements à : MM. E. Houlgatte, S. Lesbat, E. Le Gall, J.P. Annezo, P. Bodénes et Mme A.L. Le Velly pour leurs suggestions et leur aide technique.