

46215

F130-EVA-E

DIRECTION DES RECHERCHES OCEANIQUES

**EVALUATION DE L'ETAT DES PEUPELEMENTS
BENTHIQUES DU HAUT-FOND St JULIEN
(REGION DE St TROPEZ)
CAMPAGNES CYANA DE MARS ET JUIN 1990**

Jean-Georges HARMELIN

Helmut ZIBROWIUS

Centre d'Océanologie de Marseille
Station Marine d'Endoume - 13007 Marseille

André ARNOUX

Laboratoire d'Hydrologie et de Molysmologie
Faculté de Pharmacie de Marseille - 13005 Marseille

Louis A ROMAÑA

Laboratoire Environnement Méditerranéen
Institut Français de Recherche et d'Exploitation de
la Mer - La Seyne sur Mer



IFREMER Bibliotheque de BREST



0EL07834

Centre de Toulon - La Seyne

Zone portuaire de Brégaillon - B.P. n° 330 - 83507 LA SEYNE-SUR-MER Cedex
 Tél. 94 30 48 00 - Téléx : 400 662 - Télécopieur n° 94 30 13 72
 Siret : 330 715 368 000 57

BREGAILLON, le

Rapport numéro : DRO/EM 91-01

TITRE : EVALUATION DE L'ETAT DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DU HAUT-FOND ST JULIEN (Région de St Tropez) Campagnes Cyana de Mars et Juin 1990	Date : Mars 91
Auteur(s) : J.G. HARMELIN, H. ZIBROWIUS, A. ARNOUX, L.A. ROMAÑA Origine : DRO/EM	Nbre pages : 35 Nbre annexes: 5
Contrat/Projet IFREMER NA Intitulé	

RESUME : En 1987 G. RIVOIRE avait observé une mortalité anormale des octocoralliaires et la disparition de la faune vagile de certains versants Est des fond rocheux situés entre 50 et 150 mètres de profondeur. Cette observation était effectuée sur les côtes françaises de Provence et de la Côte d'Azur. Des plongées réalisées par Cyana en Mars et Juin 1990 ont permis de confirmer scientifiquement ces résultats sur les tombants situés sur les hauts fonds de St Julien, au large de St Tropez. Les observations indiquent par ailleurs la possibilité d'un événement catastrophique. Deux prélèvements de l'éponge Reniera plana effectués de part et d'autre du haut fond ont permis d'analyser les teneurs en métaux lourds et PCB. La comparaison qualitative et quantitative des distributions semble indiquer, malgré le peu d'échantillons, la prédominance de la contamination sur le versant N.E (apparemment sous influence du courant ligure) attribuée aux apports véhiculés par des microparticules en suspension.

Mots clés : CORAIL ROUGE, OCTOCORALLIAIRES, CIRCALITTORAL, MORTALITE, CONTAMINATION, ST TROPEZ, MEDITERRANEE.

Ce document, propriété de l'IFREMER et des auteurs, ne peut être reproduit ou communiqué sans leur autorisation.

Diffusion :

**EVALUATION DE L'ETAT DES PEUPELEMENTS
BENTHIQUES DU HAUT-FOND St JULIEN
(REGION DE St TROPEZ)
CAMPAGNES CYANA DE MARS ET JUIN 1990**

Jean-Georges HARMELIN

Helmut ZIBROWIUS

**Centre d'Océanologie de Marseille
Station Marine d'Endoume - 13007 Marseille**

André ARNOUX

**Laboratoire d'Hydrologie et de Molysmologie
Faculté de Pharmacie de Marseille - 13005 Marseille**

Louis A ROMAÑA

**Laboratoire Environnement Méditerranéen
Institut Français de Recherche et d'Exploitation de
la Mer, La Seyne sur Mer**

I - INTRODUCTION

Un campagne d'évaluation des stocks de corail rouge existant à des profondeurs supérieures à 80 mètres et de faisabilité d'une exploitation commerciale de cette ressource au moyen d'un submersible a été faite par la Société de Recherches Sous-Marines (Marseille) en 1986 et 1987 entre Marseille et Nice. Le submersible utilisé était le Nérée 201, un sous-marin monoplace relié par ombilical à un navire-support auquel il transmettait des vues du fond par un système vidéo couleurs.

A cette occasion, une série d'observations sur la mortalité anormale des octocoralliaires et la disparition de la faune vagile a pu être faite par Gérard Rivoire à partir des documents vidéo et des prélèvements de corail effectués par le sous-marin. Ces observations ont fait l'objet d'un rapport (Rivoire, 1987).

Ce rapport signale une proportion anormalement élevée de colonies mortes de corail rouge et de gorgones. Cette mortalité s'est révélée particulièrement forte sur les faces Est des massifs rocheux (mortalité estimée, en moyenne, à 47 % des colonies de corail rouge et 38 % des gorgones contre, respectivement, 13,5 % et 9 % sur les faces Ouest). L'absence de poissons et d'autres éléments vagiles, en particulier des langoustes, était également remarquée dans les sites les plus touchés, ainsi qu'un engorgement fréquent.

L'abondance des colonies mortes de corail et de gorgones et leur plus grande proportion sur les faces Est ont conduit G. Rivoire à émettre l'hypothèse d'une mortalité catastrophique. Le degré de bioconcrétionnement des squelettes de ces octocoralliaires indiquerait un événement relativement récent en relation avec les apports du courant Ligure, qui circule d'Est en Ouest le long des côtes.

Ces observations révélaient donc un phénomène apparemment nouveau et très alarmant d'altération des communautés benthiques des fonds durs des niveaux inférieurs du Circalittoral.

Cette mortalité, semble-t-il à grande échelle, des populations profondes de corail rouge et de gorgones ne semble pas avoir eu d'équivalent à plus faible profondeur. En effet, les suivis constants effectués par le Centre d'Océanologie de Marseille indiquent que ces octocoralliaires ont conservé d'une manière générale une bonne vitalité à la même période dans les niveaux supérieurs du Circalittoral, au moins sur les côtes provençales.

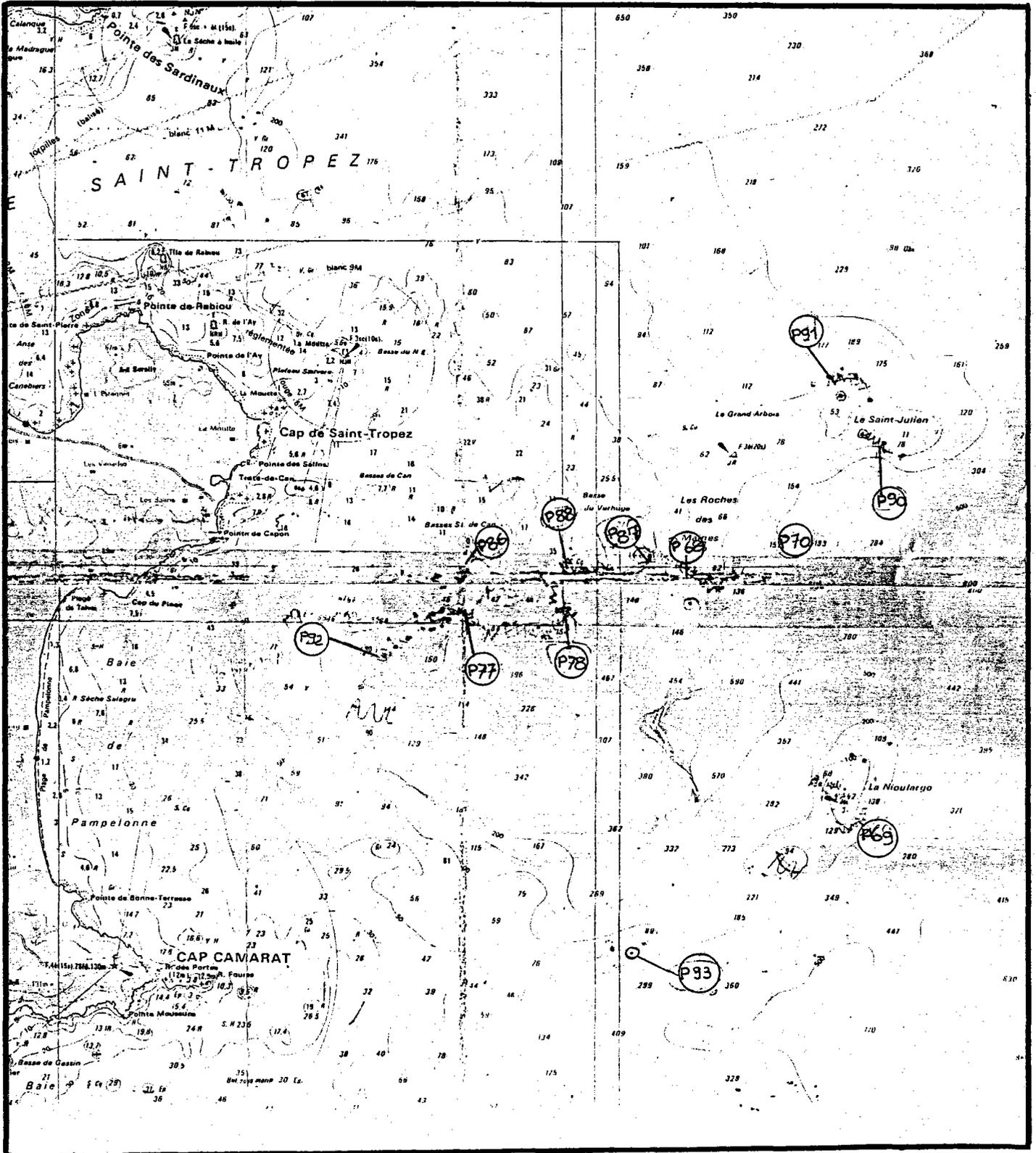
Ce phénomène évoque toutefois un cas de mortalité très limité dans le temps et dans l'espace qui a touché le corail et trois espèces de gorgones en août 1983, essentiellement à La Ciotat, à faible profondeur (Harmelin, 1984). Il avait été émise l'hypothèse de la responsabilité d'une lentille d'eau véhiculant un altéragène ayant une action particulièrement aiguë sur les octocoralliaires. Le lessivage des chantiers navals de La Ciotat par de fortes pluies d'orage survenue à cette époque pouvait peut-être avoir mis en circulation cet altéragène.

Par contre, on doit noter que le corail rouge semble relativement peu sensible aux types "courants" de pollution, du moins lorsque ses colonies sont protégées de la sédimentation par la topographie. En effet, les corailleurs professionnels de la région marseillaise affirment effectuer de bonnes récoltes à proximité du débouché de l'émissaire de Cortiou. D'autre part, dans le golfe de Fos, des peuplements importants de corail rouge ont été observés à très faible profondeur à une époque (1975-1980) où les rejets industriels déversés dans ce golfe n'étaient que très peu épurés (observation J.G. Harmelin).

Les observations de G. Rivoire devaient être précisées et complétées. Il fallait, en particulier :

- (a) - vérifier la réalité et l'ampleur de la discordance Est-Ouest dans l'altération des communautés benthiques;
- (b) - évaluer avec le maximum d'indices l'état actuel de ces communautés;
- (c) - rechercher des indications permettant d'établir si la source des dégradations avait été momentanée, ou paraissait toujours active;

Figure 1 : Emplacement des stations relevées par RIVOIRE en 1991 dans la zone proche du golfe de St Tropez



(d) - effectuer une recherche des **altéragènes** potentiellement responsables et stockés dans les organismes benthiques à longue durée de vie ou dans le matériel sédimentaire.

Il a donc été décidé de se limiter, dans un premier temps, à une réévaluation d'un des sites explorés par le Nérée.

Le site sélectionné devait présenter de manière particulièrement typique, selon les informations données par le rapport de 1987, le phénomène de distorsion Est-Ouest des altérations du benthos; il devait aussi, pour des raisons logistiques et de disponibilité du submersible Cyana, être relativement proche de Toulon.

Parmi les 93 plongées effectuées par le Nérée entre Marseille et Nice et prises en compte dans le rapport de 1987, deux plongées (90 et 91) effectuées autour du haut-fond St Julien, situé au large de St Tropez (Cf figure 1), montraient que ce site pouvait illustrer le phénomène en question de manière très significative. De plus, ce site avait fait l'objet d'un film vidéo présenté en diverses occasions par G. Rivoire. La zone géographique comprenant ce site était relativement connue : une cartographie bionomique (Fredj, 1964) était disponible et un site comparable et voisin du St Julien (haut-fond du Nioulargo) avait fait dans le passé l'objet d'une exploration biologique au moyen d'un submersible (Vaissière & Carpine, 1964).

Le site du St Julien a donc été choisi pour la première campagne

II - OPERATIONS SUR LE TERRAIN

Les opérations prévues étaient l'acquisition, sur les deux faces du haut-fond St Julien et dans les mêmes conditions de profondeur et de types de fond de :

(1) observations visuelles sur la faune fixée (distribution spatiale, abondance, etc...) avec prise de documents photo et vidéo;

(2) inventaires visuels de la faune ichtyologique et d'autres éléments vagiles (grands crustacés);

(3) prélèvements d'éléments de la faune fixée à longue durée de vie pour dosage des contaminants éventuellement stockés, les spongiaires étant choisis prioritairement pour leur fréquence et leur masse disponible;

(4) prélèvements de sédiments dans des cuvettes ayant piégé des sédiments fins, pour dosage des contaminants. Un dispositif fonctionnant par aspiration au moyen d'une poire a été conçu par le Service Environnement Méditerranéen (Ifremer, Toulon) et testé à cette occasion.

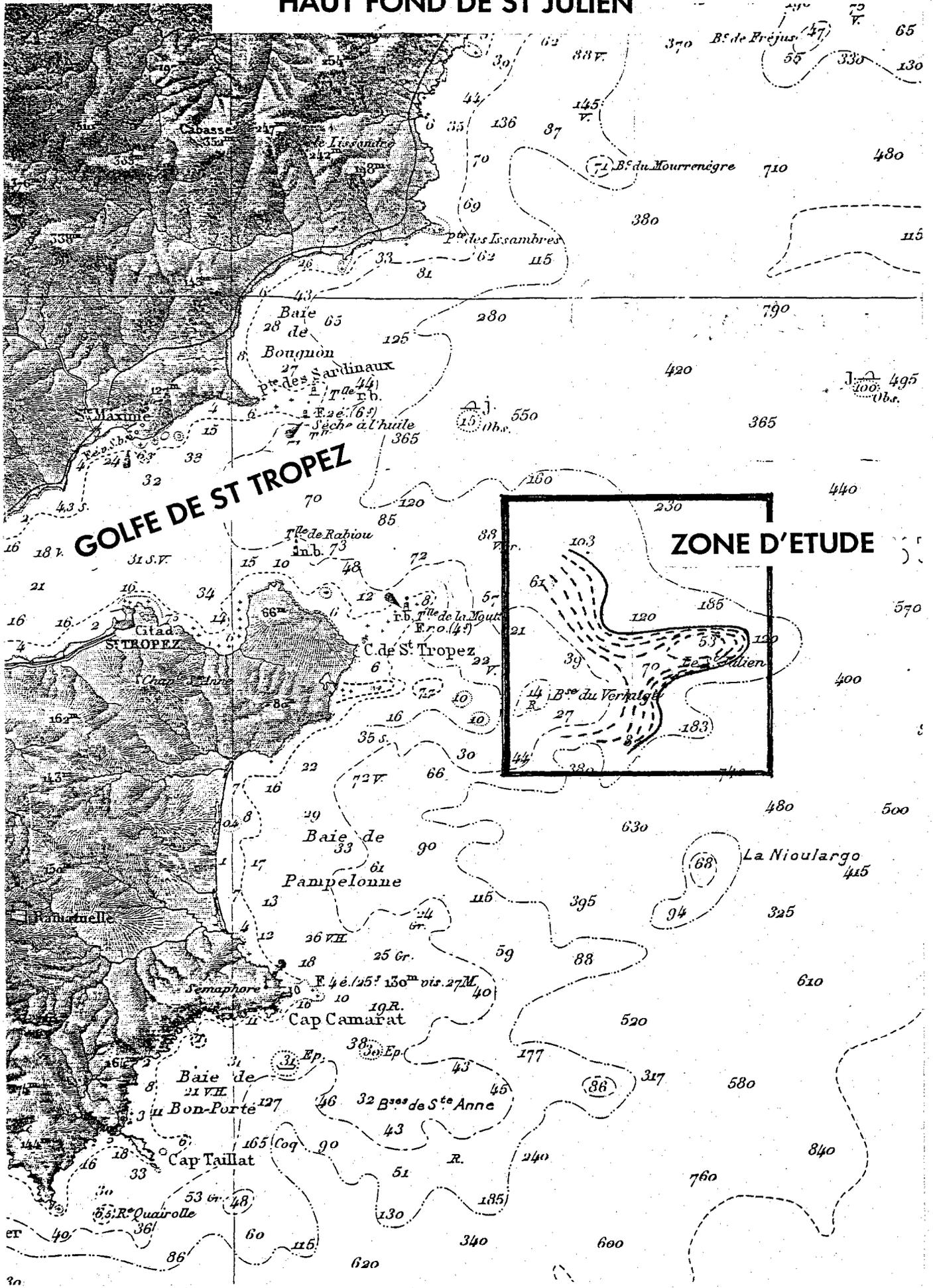
Les données ont été acquises au cours de trois plongées Cyana effectuées dans le cadre de campagnes d'essais de ce submersible.

Ces plongées ont dû être malheureusement écourtées pour des raisons techniques ou météorologiques. Une quatrième plongée a dû être annulée après arrivée sur le fond en raison d'une panne.

Deux plongées ont été consacrées à la face NE du haut-fond St Julien, et une plongée à la face Sud (Cf Figures 2 et 3).

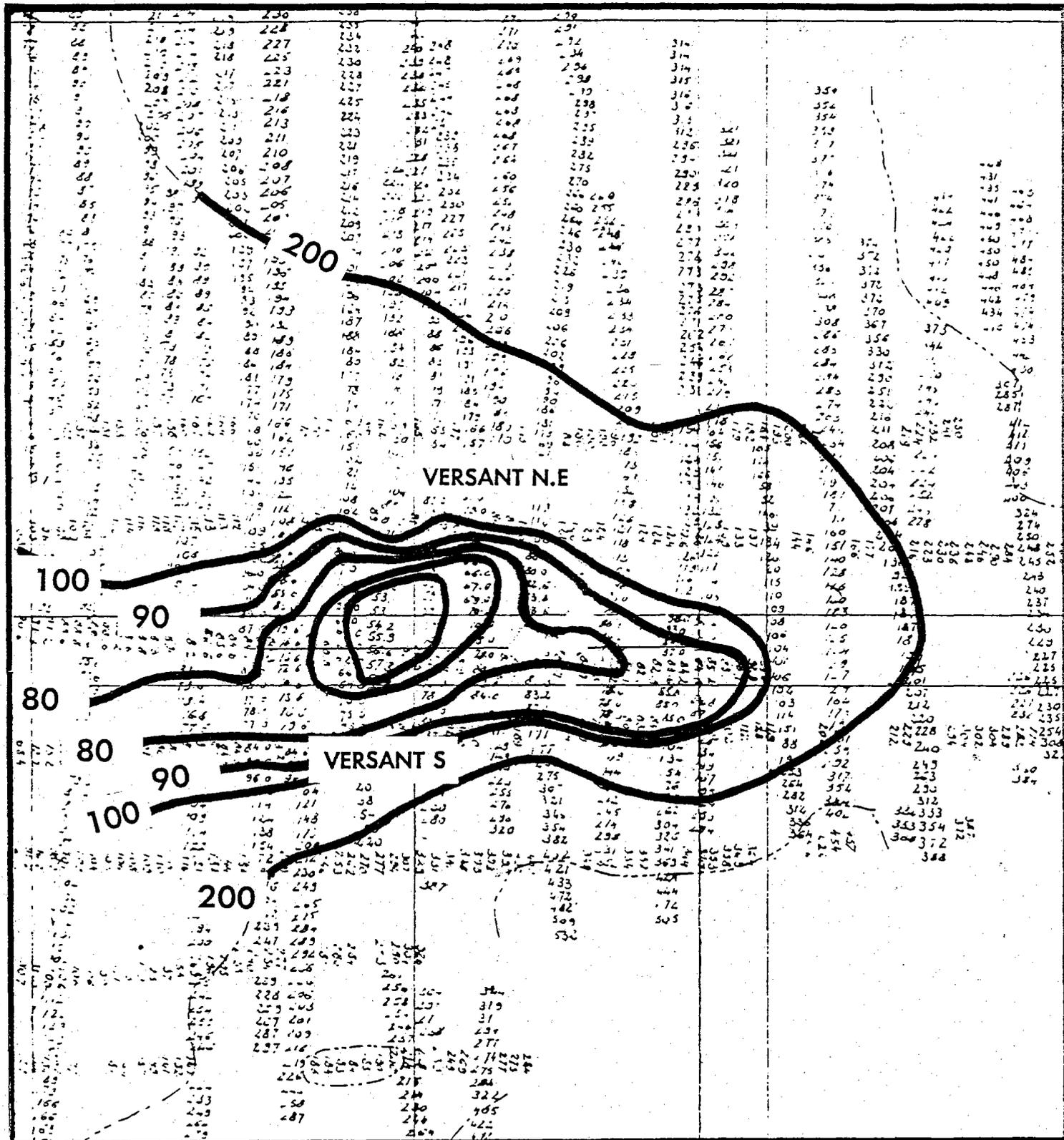
Figure 2

HAUT FOND DE ST JULIEN



HAUT FOND DE ST JULIEN

ZONE D'ETUDE



- **Plongée 1073** : 5.03.1990.

Temps passé au fond : 3 h 15. Observateur scientifique : J.G. Harmelin.
Espace vertical exploré : 80-115 m. Travail effectué : reconnaissance de la face NE, localisation des massifs rocheux, vidéo et photos. Panne du circuit hydraulique.

- **Plongée 1074** : 6.03.1990 (pour mémoire).

Observateur scientifique : H. Zibrowius. Pas de travail : panne à l'arrivée au fond.

- **Plongée 1088** : 8.06.1990.

Temps passé au fond : 2 h 34. Observateur scientifique : H. Zibrowius.
Espace vertical exploré : 110-85 m. Travail effectué : reconnaissance de la face Sud, observations visuelles, vidéo, photos, prélèvements de faune fixée et de sédiment. Plongée interrompue pour cause météorologique.

- **Plongée 1089** : 9.06.1990.

Temps passé au fond : 2 h 50. Observateur scientifique : J.G. Harmelin.
Espace vertical exploré : 100-60 m. Plongée retardée par l'état de la mer et limitée dans le temps.

Les opérations "in situ" ont, d'une manière générale, fourni une base de données satisfaisante, malgré des conditions de plongée parfois difficiles (courant important limitant l'approche des marches rocheuses) et le temps trop réduit de travail effectif au fond. On peut toutefois regretter que, pour les plongées 1088 et 1089, le choix d'une optique de 80 mm pour l'appareil photo extérieur ait considérablement limité le nombre de documents utilisables (cadrage très incertain et profondeur de champ très limitée). Des photographies ont pu heureusement être prises à travers le hublot.

III - RESULTATS

III-1 RESUME DES OBSERVATIONS VISUELLES

Les trois plongées effectuées ont permis de confirmer les grands traits mis en évidence dans le rapport de G. Rivoire.

(1) - Il y a eu sur la face NE du haut-fond St Julien, en dessous de 65 m de fond, une mortalité quasi-totale du corail rouge et des gorgones, qui contraste avec la bonne vitalité des peuplements de gorgones de la face Sud.

(2) - On observe actuellement sur la face NE, dans la zone 65-100 m, quelques cas de régénération apicale sur des colonies de corail et de gorgones, ainsi que des petites colonies, provenant d'un recrutement récent, très rares pour le corail et pour les gorgones dans les niveaux inférieurs (80-100 m), fréquentes pour la gorgone Eunicella cavolinii à plus faible profondeur (60-70 m).

(3) - D'autres éléments pérennants de l'épifaune semblent avoir subi de graves altérations (recouvrement et biomasse apparente notablement plus faibles sur la face NE que sur la face Sud). C'est le cas, en particulier des Spongiaires.

(4) - Par contre, certains composants typiques de la faune fixée des roches profondes, comme le grand scléactiniaire Dendrophyllia cornigera, ou des Bryozoaires, ne semblent pas avoir été touchés.

(5) - Il y a un très fort envasement des massifs rocheux de la face NE alors que ceux de la face Sud le sont peu. Au cours des trois plongées, le courant d'Est était important entre 80 et 100 m et la charge particulière de la masse d'eau, flocules en particulier, pouvait être très forte.

III-2 GENERALITES SUR LA BIONOMIE DU HAUT-FOND St JULIEN

Par leur physionomie et les espèces du macro-benthos observées lors des plongées Cyana, les fonds du St Julien s'apparentent à des types de fonds caractérisés par Pérès et Picard (1964) sur les côtes de Provence, ainsi que dans l'ensemble de la Méditerranée.

Les fonds meubles, dans les niveaux supérieurs, tendent vers les fonds détritiques côtiers (avec une physionomie marquée par l'importance d'une épiflore à base de rhodophycés et de phéophycés; dans les niveaux inférieurs, les fonds meubles tendent vers les fonds détritiques du large, dépourvus d'algues macroscopiques et plus envasés.

Les fonds durs sont représentés dans la zone explorée sur la face NE par des roches isolées assez basses et par des marches dont les parois subverticales peuvent atteindre 10 à 15 m de haut (85-100 m de fond). Sur la face Sud, il s'agissait de massifs rocheux assez peu développés verticalement (3 à 6 m), mais les fonds durs n'ont pu être explorés que sur une surface réduite.

Aussi bien sur la face Sud que sur la face NE, les fonds durs semblent constitués par un concrétionnement calcaire recouvrant la roche sous-jacente. L'activité concrétionnante actuelle des algues calcaires et des divers autres bioconstructeurs semble réduite ou nulle, en particulier en dessous de 80 m. En effet, les algues calcaires n'occupent qu'une faible part du substrat alors que la nature construite de celui-ci paraît évidente. Cette contradiction peut indiquer que ces formations ont été édifiées sous des conditions environnementales différentes (turbidité plus faible ?), ou peut-être même, à une période où le niveau de la mer était plus bas (profondeur plus faible, éclairément plus fort).

Du point de vue bionomique, les fonds durs sont occupés principalement par des espèces circalittorales ("coralligène"), ainsi que par quelques éléments représentatifs d'assemblages plus profonds (comme Dendrophyllia cornigera). Les gorgonaires (gorgones et corail rouge), qui font l'objet principal de cette mission d'évaluation, font partie de la biocénose coralligène dont la distribution verticale s'étend depuis le voisinage de la surface (quand la topographie atténue l'éclairément) jusque vers 100 à 150 m de profondeur.

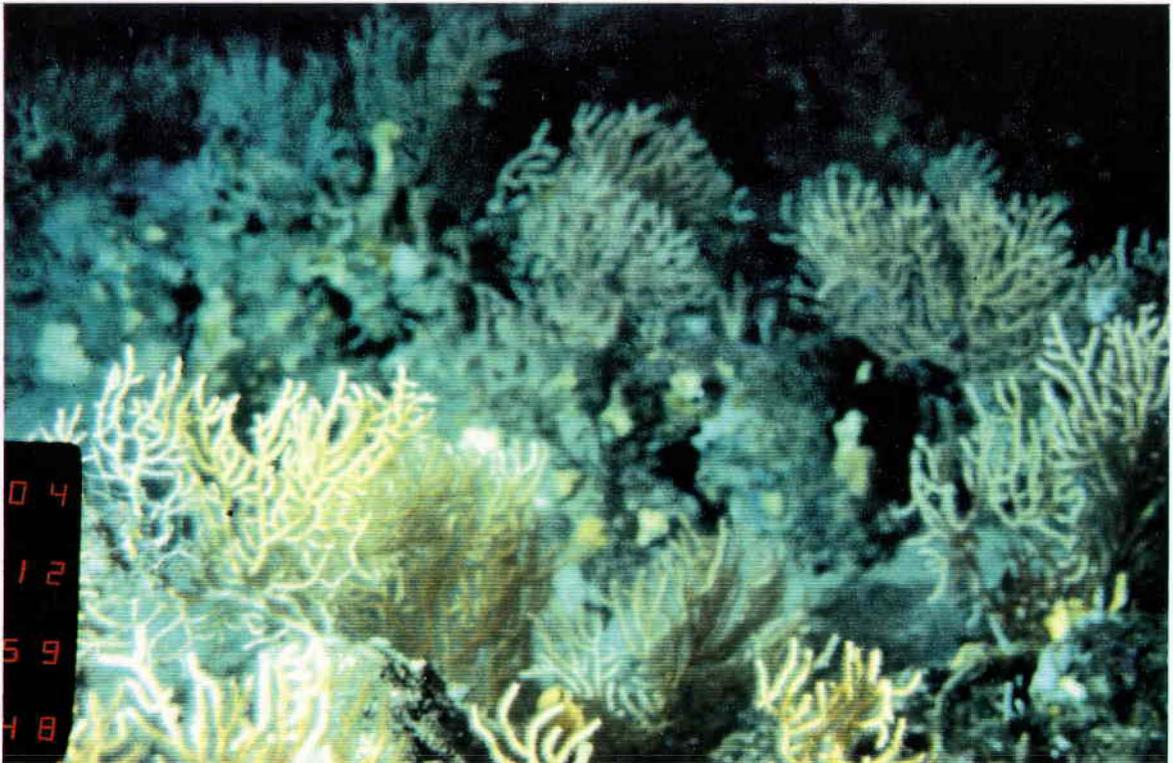
III-2-1 ALGUES

Les éléments apportés par les algues sur une éventuelle dissymétrie de la distribution entre la face NE et la face S du haut-fond St Julien et comme indice d'un déséquilibre biologique ne peuvent être que fragmentaires dans la mesure où aucune observation n'a pu se faire au dessus de 85 m au cours de la plongée 1088 consacrée à la face S.



Photo 1 - Versant NE. Squelette de gorgone morte Paramuricea sur une marche rocheuse. (85 m - PL 1089).

Photo 2 - Versant S. Peuplement dense de gorgones Eunicella cavolinii. (85 m - PL 1088).



Sur les deux faces, les roches sont partiellement encroûtées d'algues calcaires. Celles-ci deviennent très évidentes sur les sommets des roches de la face NE (80-85 m) en raison de la raréfaction des autres éléments de l'épibiose et du moindre rejet sédimentaire. Sur face S, les algues calcaires sont présentes mais moins visibles.

Sur la face NE, l'importance des algues dans l'épibiose croît évidemment quand la profondeur décroît. Sur le fond détritique, il y a entre 85 et 80 m présence de "pralines" d'algues calcaires, auxquelles se joignent à partir de 75 m des rhodophycées molles. Vers 70-65 m, il y a apparition d'algues brunes avec, en particulier, une laminariale, qui pourrait être Phyllariopsis brevipes ou plutôt Laminaria rodriguezii. Cette dernière espèce a été signalée dans la région, à des profondeurs légèrement supérieures, sur le haut-fond du Nioulargo (Vaissière & Carpine, 1964) et sur le banc du Magaud (Gautier & Picard, 1957). A 62 m, on note la présence de thalles d'ulves fixés sur des éléments figurés. Selon M. Verlaque (comm. pers.), il pourrait s'agir de Ulva olivacea, une espèce relativement profonde, qui n'est pas une indicatrice de pollution ou de dessalure.

La distribution des algues ne paraît donc pas fondamentalement altérée et des espèces caractéristiques des biotopes explorés, comme la laminariale, sont bien présentes.

III-2-2 SPONGIAIRES

Les spongiaires sont les éléments de l'épifaune des roches les plus abondants sur les deux faces du haut-fond St Julien; toutefois, la face S se différencie nettement de la face NE par une exubérance beaucoup plus grande des espèces, dont les individus sont plus grands et plus nombreux à la même profondeur (85-90 m).

Sur les deux faces, la fréquence des axinellides et des réniérides y est remarquable. Sur la face NE, l'éponge cornée Aplysina cavernicola est abondante sur le flanc des roches entre 65 et 75 m et disparaît en dessous de 80 m; elle n'a pas été vue sur la face S (pas d'observations au dessus de 85 m).

III-2-3 CNIDAIRES

GORGONAIRES

On constate que les peuplements d'octocoralliaires Gorgonacea (gorgones et corail rouge) ont bien été dévastés sur la face NE du haut-fond St Julien.

La mort des gorgones est attestée par la présence de restes de leurs axes cornés. Ces restes consistent en moignons peu ou pas ramifiés, de quelques centimètres à une quarantaine de centimètres de haut. Ils sont donc nettement plus réduits (dégradation de la matière cornée) que les squelettes de gorgones encore entiers qui étaient visibles sur le film vidéo présenté par G. Rivoire (1987) et qui témoignaient de façon encore plus spectaculaire de la présence jusqu'à une époque encore récente d'un peuplement luxuriant de grandes gorgones Paramuricea.

Selon le diamètre à la base des squelettes et leur port, on peut attribuer ces restes à Eunicella cavolinii et à Paramuricea clavata.

Ces témoins sont présents, parfois en abondance, sur tous les massifs rocheux explorés sur la face NE entre 70 et 90 m, en particulier sur les rebords et les flancs des falaises. Ils sont dans leur grande majorité colonisés par des invertébrés typiques des substrats rameux : vers serpulides Filograna, hydriaires, alcyonaire Parerythropodium coralloides, bryzoaire Turbicellepora avicularis. Cette dernière espèce est particulièrement

fréquente et la grande taille des colonies bien calcifiées indique qu'elles se sont fixées sur les squelettes des gorgones il y a quelques années.

Sur le flanc des marches rocheuses (85-100 m), quelques rares colonies d'Eunicella cavolinii comportaient des parties vivantes : l'axe principal de la colonie est dénudé depuis la base jusqu'à une hauteur de 20-30 cm et dépourvu de ramifications tandis que l'extrémité de la colonie est ramifiée et vivante. Cette structure paraît correspondre à une reprise de la croissance à partir de l'apex des branches resté vivant.

On note également dans la même zone la présence sur les marches rocheuses de quelques jeunes pousses d'Eunicella de quelques centimètres de haut et d'une petite Paramuricea bien vivante d'une quinzaine de centimètres de haut.

Bien que l'on connaisse mal la vitesse de croissance de ces gorgones, en particulier à cette profondeur, et que l'évaluation de la taille de ces pousses soit très imprécise, on peut estimer d'après les mesures de croissance de Weinberg (1979) que ces colonies ont un âge compris entre 3 et 8 ans.

La proportion de gorgones vivantes, toujours petites, augmente sur le haut des massifs rocheux de la face NE, au dessus de la profondeur de 75 m et lorsque l'on se déplace vers le Sud. Ainsi, une roche basse portant un grand nombre de jeunes Eunicella a été rencontrée vers 70-75 m. Vers la fin de la plongée 1089, après un parcours en direction de la face Sud, une roche avec un surplomb a été trouvée à 67-70 m portant de grandes Paramuricea. Ces colonies étaient toutefois soit totalement mortes, soit en grande partie dénudées à la base. Ces dernières étaient fixées en position inverse sous le surplomb, abritées ainsi, dans une certaine mesure, de la sédimentation et de l'accumulation des altéragènes. L'état des axes morts et leur taille pourraient indiquer un phénomène de mortalité plus récent que sur les marches NE à 80-100 m. Cette roche et d'autres du même niveau bathymétrique portaient sur leur face supérieure de nombreuses jeunes Eunicella cavolinii (environ 10 cm de haut), mais une partie d'entre elles paraissait morte.

Sur la face Sud, les massifs rocheux échantillonnés (85-90 m, PL 1088) se caractérisent par une couverture dense de gorgones Eunicella cavolinii. Les colonies sont vivantes dans leur quasi-totalité, elles sont de différentes tailles mais avec une proportion importante de grands spécimens (> 50 cm). Elles portent peu d'épibiontes, à l'exception du mollusque bivalve Pteria hirundo et de l'alcyonaire Parerythropodium coralloides et elles paraissent en très bonne santé. L'orientation des colonies situées sur les arêtes rocheuses est conforme à la prédominance du courant E-W. De jeunes pousses de couleur blanche, également observées en différents points de la face NE, sur roche et sur fond sédimentaire, pourraient appartenir à une autre espèce que E. cavolinii. La grande gorgone Paramuricea clavata est par contre rare sur les roches explorées sur la face Sud. Un seul individu, de taille modeste, a été vu, ainsi qu'un axe mort d'une colonie qui devait être plus grande.

Le corail rouge (Corallium rubrum) était très rare, aussi bien dans les sites explorés sur la face NE que dans le massif rocheux échantillonné sur la face S.

Sur la face NE, quatre petites colonies ont été vues en deux plongées au niveau des marches profondes (85-100 m). Les deux premières, vues dans des anfractuosités du flanc de la marche, étaient morte pour l'une et partiellement morte pour l'autre. Cette dernière colonie, d'une dizaine de centimètres de haut, présentait le même phénomène que les gorgones avec présence des tissus vivants uniquement à l'extrémité apicale des ramifications. Les deux autres colonies étaient fixées sur le rebord de la marche (sédimentation plus faible). Elles étaient entièrement vivantes et de petite taille (2-4 cm), ce qui pourrait indiquer un établissement récent (4-8 ans), postérieur à la phase de mortalité des peuplements d'octocoralliaires, compte-tenu de ce que l'on connaît de la croissance du corail rouge (Harmelin 1984; Garcia-Rodriguez & Masso, 1986).

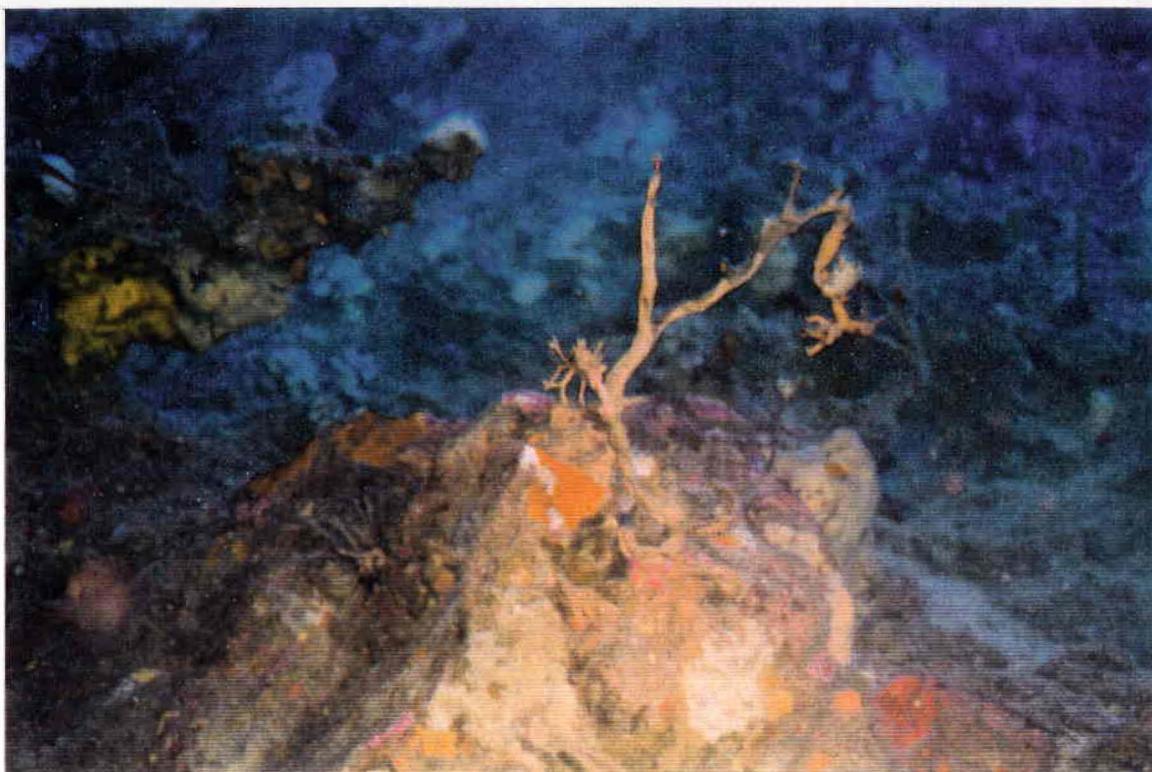
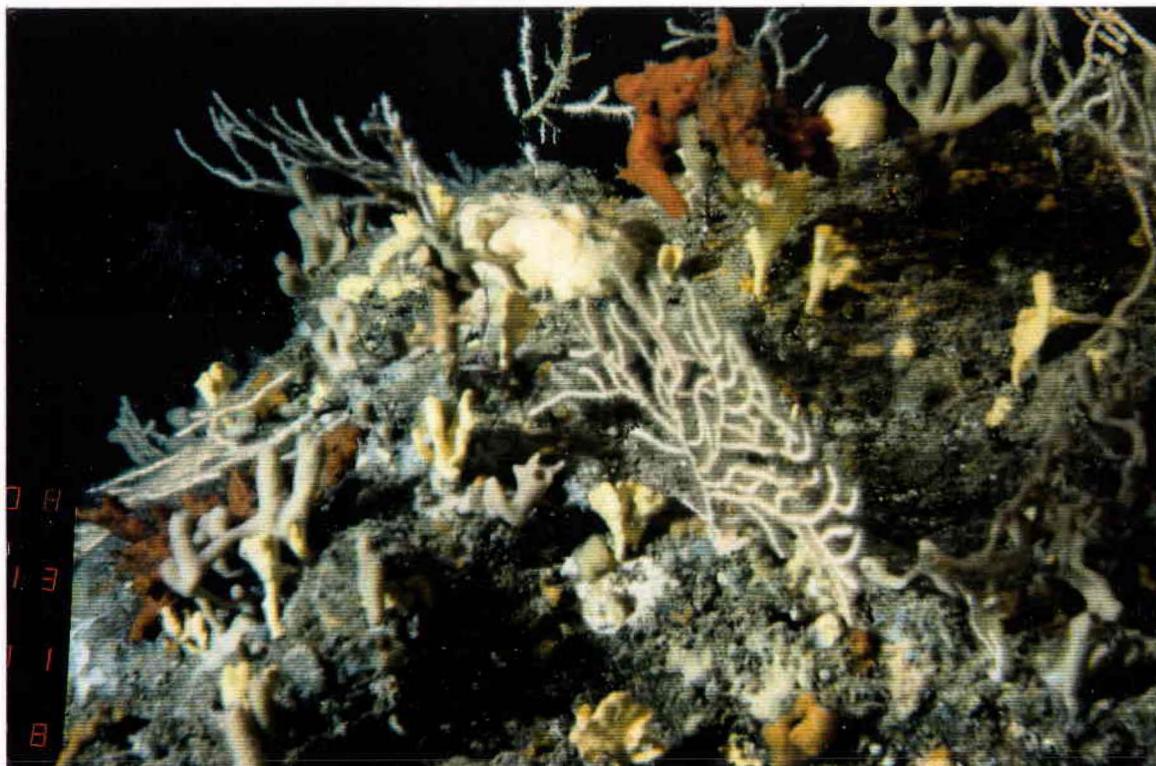


Photo 3 - Versant NE. Squelette d'une gorgone Paramuricea partiellement colonisée par des bryozoaires. Couverture de la roche par des algues calcaires, éponges, bryozoaires. (80 m - PL 1089).

Photo 4 - Versant S. Epibiose associée aux gorgones Eunicella : très riche en spongiaires (surtout Réniérides et Axinellides). (85 m - PL 1088)



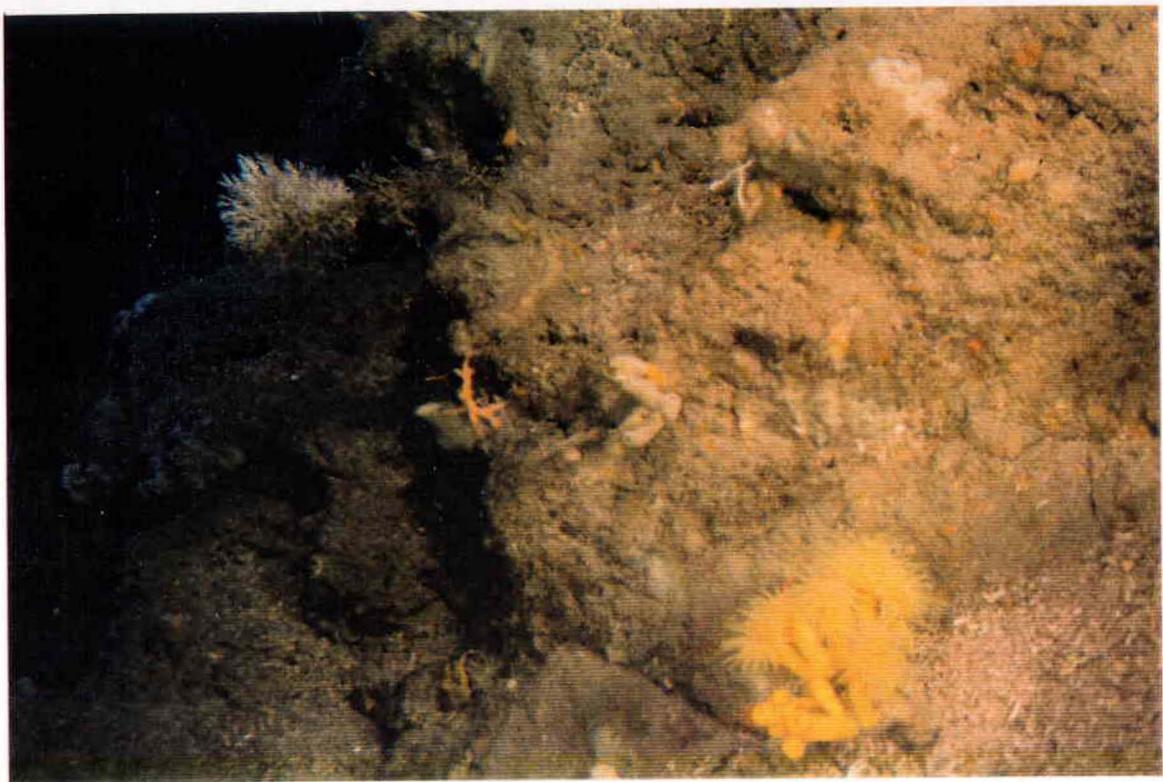
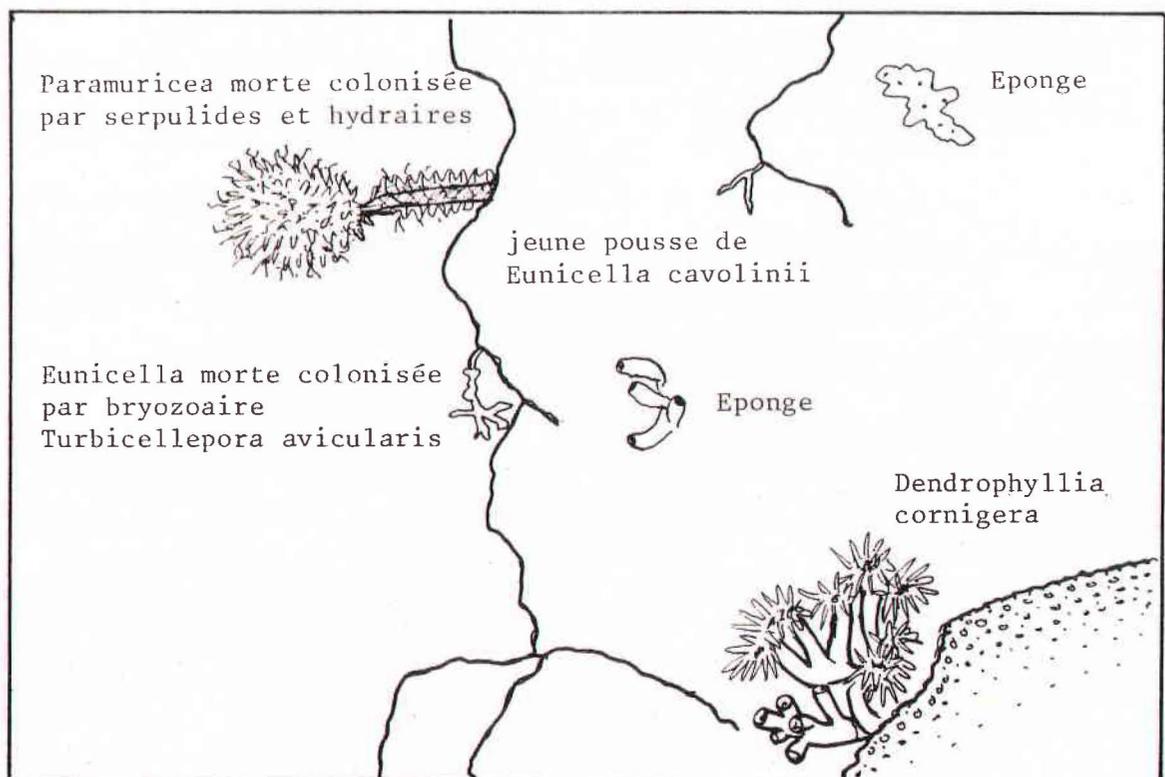


Photo 5 - Versant NE. Squelettes de gorgones dégradés et colonisés avec une jeune pousse d'Eunicella. Noter la bonne vitalité d'une grande colonie de Dendrophyllia. (90 m - PL 1089).



Dans la zone des 80-100 m, on note la fréquence élevée des microhabitats favorables au corail rouge (surplombs, anfractuosités), mais dépourvus d'indices d'une présence passée de cet organisme (restes des squelettes calcifiés très pérennants). Ce manque peut être interprété comme :

(a) - une absence naturelle liée à certaines exigences écologiques particulières non définies;

(b) - une mortalité suivie d'un détachement des squelettes après action des organismes foreurs (éponges clones, en particulier), puis transfert et enfouissement sédimentaire;

(c) - prélèvement total par les corailleurs professionnels, qui ont effectivement travaillé dans la région de Saint Tropez dans les années 80 (le prélèvement total semble toutefois peu vraisemblable).

La roche la moins profonde (67-70 m), rencontrée en fin de plongée 1089 en direction de la face S du haut-fond, portait un petit peuplement de corail rouge sous un surplomb, dont les colonies ne dépassaient pas 5 à 6 cm de haut (repousse après corailage ?).

Sur la face Sud, une seule petite pousse de corail rouge a été observée, dans un peuplement à grands spongiaires et à Eunicella cavolinii.

SCLERACTINIAIRES

Une seule espèce de ce groupe de coraux à squelette calcaire a été trouvée en abondance, mais uniquement sur le versant NE du haut-fond (plongées 1073 et 1089) : Dendrophyllia cornigera y forme des colonies prospères pouvant atteindre 15 cm de haut et comprenant, pour les plus grandes, une quinzaine de polypes. Par leur couleur jaune vif, elles sont bien reconnaissables de loin sur le fond le plus souvent terne. Cette espèce est présente aussi bien sur le fond sédimentaire (fixation sur des roches ou petits substrats enfouis) que sur les formations rocheuses étendues (parois sub-verticales à sub-horizontales). C'est surtout sur les faces sub-verticales que les colonies sont nombreuses. La présence, et surtout l'abondance de l'espèce à une profondeur aussi faible (moins de 100 m, et même vers 80 m) étaient tout à fait inattendues puisqu'on n'avait pas encore de données semblables pour la région où elle était connue de profondeurs plus grandes par dragages ou observations à partir de submersibles (Bourcier & Zibrowius, 1973; Laborel et al., 1961; Zibrowius, 1980).

Même si l'on ne connaît pas le taux de croissance de D. cornigera, on peut raisonnablement attribuer aux grandes colonies observées en abondance sur le versant NE du haut-fond (au même niveau que les axes morts de Paramuricea) un âge supérieur aux événements qui ont précédé les observations de Rivoire en 1987. A la différence des gorgones, la population de D. cornigera n'aurait donc pas été affectée par ces événements.

D'après les données des trois plongées, la population de D. cornigera sur le haut-fond paraît avoir une distribution asymétrique. Aucune colonie n'a été vue sur le versant sud, où les conditions trophiques ne semblent pourtant pas déficientes (courants assurant la prospérité des peuplements de spongiaires et de gorgones) mais où la sédimentation est plus intense.

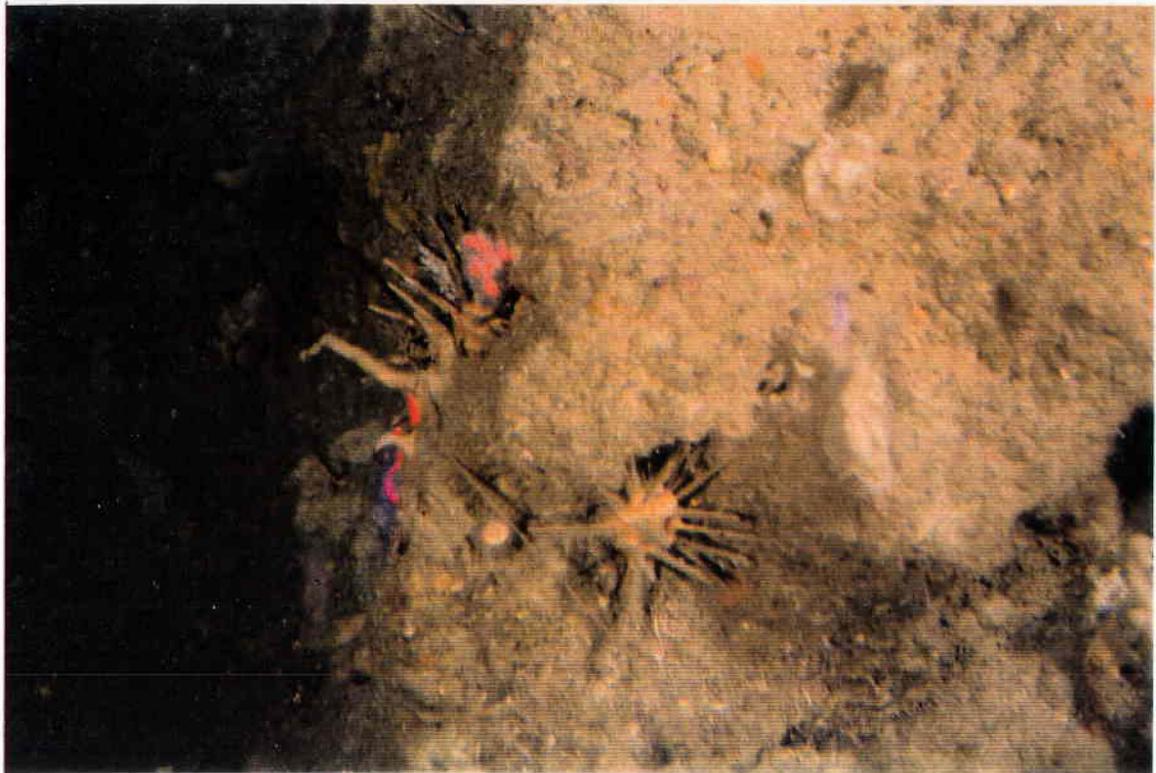
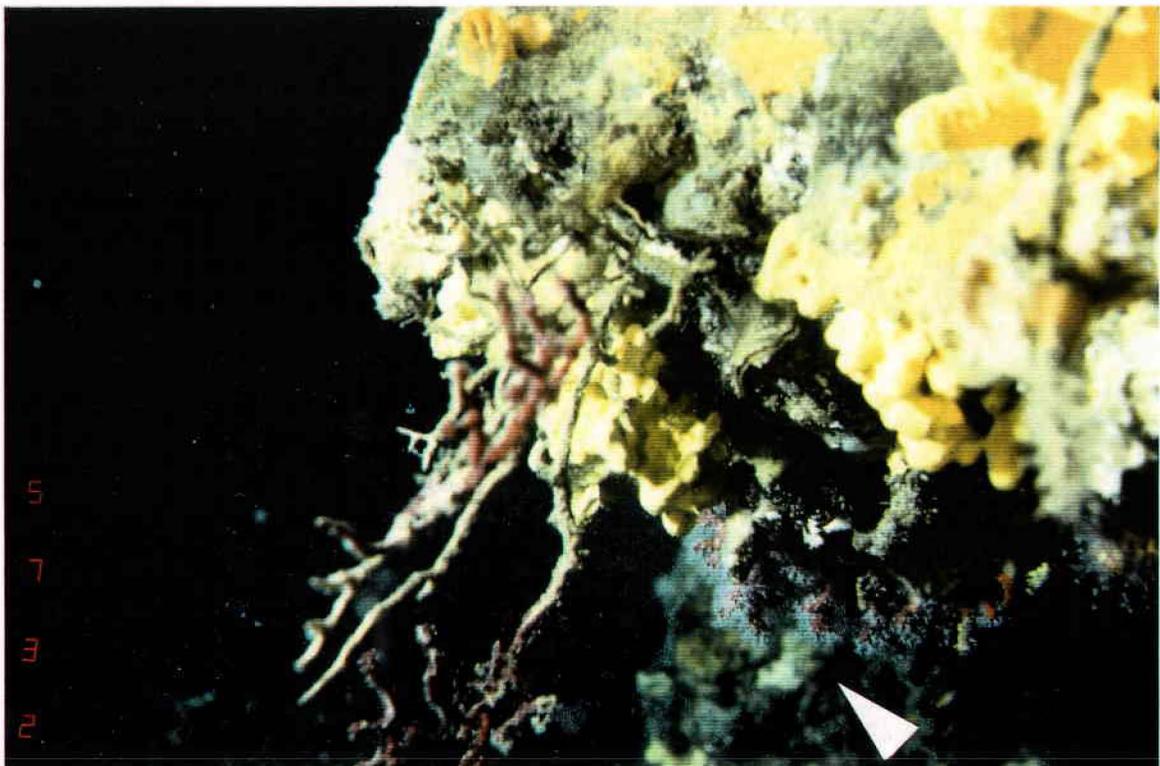


Photo 6 - Versant NE. Jeune pousse de corail rouge à coté du vestige d'un squelette de Paramuricea. Noter la présence d'un oursin Cidaridae, d'une astérie Echinaster et d'un scléractiniaire solitaire. (85 m - PL 1089).

Photo 7 - Parages du sommet du haut-fond. Surplomb à corail rouge avec des gorgones Paramuricea à demi mortes et des éponges. (69 m - PL 1089).



La rareté d'autres scléactiniaires nous paraît aussi intéressante que l'abondance de D. cornigera. Très peu de scléactiniaires solitaires, aussi bien sur la face NE que sur la face S. Paracyathus pulchellus a été vu, très rarement, sur la face S, mais la récolte accidentelle d'un individu avec une éponge pourrait signifier que sa présence dans certains micro-habitats est moins rare qu'il ne paraît.

On peut s'étonner qu'aucun individu de Leptopsammia pruvoti n'ait été vu, malgré les efforts de recherche dans les petites cavités et sous les surplombs où la présence de cette espèce solitaire, remarquable par sa couleur jaune-vif, serait tout à fait vraisemblable à cette profondeur.

Sur fond meuble, un polype épanoui, apparemment de Caryophyllia smithii, a été aperçu lors de la plongée 1088. Il s'agit d'une espèce banale des fonds détritiques circalittoraux.

LISTE DES CNIDAIRES RENCONTRES

Plongées	1073	1089	1088
"Eunicella" sp.	x	x	x
Eunicella cavolinii	x	x	x
Paramuricea clavata	(x)	x	x
Corallium rubrum	(x)	x	x
Alcyonium sp.	.	.	x
Parerythropodium coralloides	x	x	x
Paralcyonium elegans	x	x	.
Pteroides griseum	x	.	.
Cerianthus sp.	.	x	x
Dendrophyllia cornigera	x	x	.
Paracyathus pulchellus	.	.	x
? Caryophyllia smithii	.	(x)	x
Parazoanthus axinellae	.	x	.
Hydroidea (plusieurs esp.)	x	x	x

III-2-4 BRYOZOAIRES

Les observations sur les bryozoaires ont surtout été faites sur la face NE. Les notations visuelles ne peuvent évidemment concerner que les plus grandes espèces.

Les espèces les plus communes sur les marches rocheuses (80-85 m) sont les chéilostomes érigés et bien calcifiés Turbicellepora avicularis, qui est très fréquent sur les axes morts des gorgones, et Myriapora truncata, qui est fixé sur la roche. Sur les parois verticales, aux mêmes profondeurs, on note également de nombreuses colonies encroûtantes de Schizomavella mamillata et de Parasmittina sp.. Des colonies, moins fréquentes, de Sertella sp., de Porella cervicornis, de Idmidronea atlantica ont été reconnues dans la même zone. Sur la face S, M. truncata, P. cervicornis, et Sertella sp. semblaient aussi fréquents. Une espèce de Cyclostomata, Fron dipora verrucosa, remarquée sur la face Sud au sein de l'assemblage à Eunicella et à spongiaires, semblait absente des parois rocheuses de la face NE. L'absence de Hornera frondiculata et H. lichenoides, deux autres grands Cyclostomata, était aussi notable car les fonds explorés représentent le biotope d'élection de ces espèces.

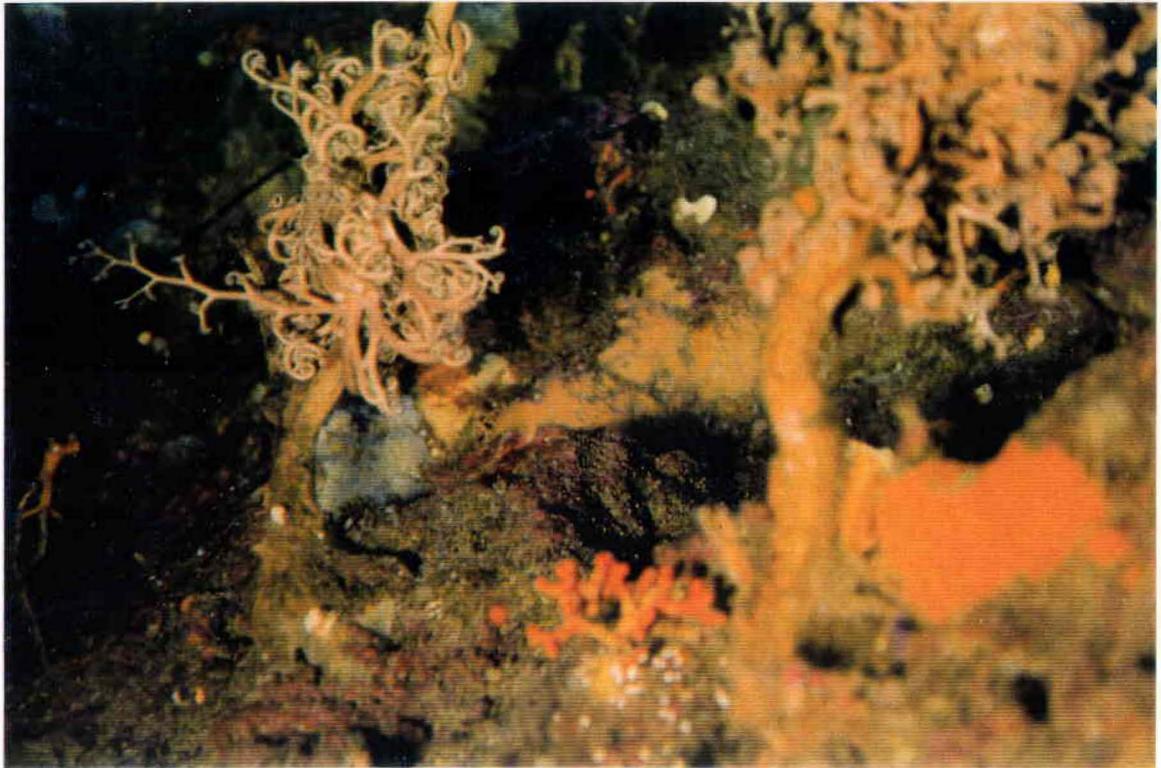


Photo 8 - Versant NE. Gorgonocéphales recroquevillés sur des axes de Paramuricea mortes. Au premier plan, un bryzoaire Myriapora. (85 m - PL 1089).

Photo 9 - Versant NE. Sommet d'une roche couvert d'algues rouges et avec de jeunes colonies de gorgones Eunicella. (70 m - PL 1089).



III-2-5 CRUSTACES

Très peu de crustacés ont pu être observés au cours des trois plongées. On doit toutefois noter la rencontre de langoustes (Palinurus elephas) de taille commerciale sur les deux versants du haut-fond St Julien, ainsi que d'une Munida sous une roche de la face NE (85 m). Le rapport de 1987 signalait l'absence de faune vagile - y compris de langoustes - sur la face NE du St Julien.

III-2-6 ECHINODERMES

Les plongées sur le haut-fond St Julien ont permis de répertorier 14 espèces d'échinodermes : 2 holothuries (Holothuria forskali, Stichopus regalis), 6 astéries (? Astropecten sp, Luidia ciliaris, Chaetaster longipes, Hacelia attenuata, Echinaster sepositus, Marthasterias glacialis), 2 ophiures (? Ophiothrix, Astrospartus mediterraneus), et 4 échinides (Cidaris cidaris ou Stylocidaris affinis, Echinus melo ou E. acutus, Sphaerechinus granularis, Spatangus purpureus).

On note qu'aucun crinoïde n'a été observé. Pourtant, on pourrait s'attendre à la présence dans les fonds explorés de Leptometra phalangium et de Antedon mediterranea. De même, les ophiures autres que les gorgonocéphales paraissent sous-représentées, puisque seules quelques Ophiothrix ont été vues contre un grand spongiaire sur la face NE (ca.90 m).

Quatre espèces étaient particulièrement fréquentes, en particulier sur la face NE, aussi bien sur la roche que sur substrat meuble : Holothuria forskali, Echinus sp., Stylocidaris affinis (?), et Echinaster sepositus. On doit signaler que cette dernière espèce est particulièrement tolérante à certaines formes de pollution (Harmelin et al., 1981).

Etant donné que les plongées n'ont pas couvert exactement le même espace vertical et les mêmes types de fond (plus grande diversité des biotopes et des profondeurs au cours de la plongée 1089), les différences qualitatives apparentes entre les deux versants ne sont probablement pas significatives. Ainsi la rencontre de Luidia ciliaris et de Sphaerechinus granularis uniquement sur le versant NE peut être attribuée à la traversée de fonds détritiques relativement peu profonds au cours de la plongée 1089.

Les différences quantitatives au niveau de certaines espèces pourraient être, par contre, significatives. Ainsi, l'Echinus et le Cidaridae sont de loin beaucoup plus abondants sur le versant Nord, l'Echinus y étant parfois perché sur des axes de gorgones mortes et le Cidaridae, présent partout sur la roche entre 65 et 100 m de fond, est parfois regroupé sur fond détritique en accumulations couvrant des bandes étroites d'environ 2 m de long. Ceci contraste avec la relative rareté d'Echinus sur le versant Sud où, pour le Cidaridae, seuls des tests écrasés mais accompagnés de leurs piquants (effet de prédateurs ?) ont été observés.

L'ophiure gorgonocéphale Astrospartus mediterraneus a pu paraître plus abondante sur le versant Nord, perché sur le sommet des roches, sur de grands spongiaires ou, surtout, des axes de gorgones mortes. Mais il se peut qu'elle y soit simplement plus évidente que sur le fond rocheux exploré sur le versant Sud, plus richement couvert par une épibiose épaisse et où les Eunicella cavolinii en peuplement dense constituent son substrat essentiel. L'observation d'une population importante de A. mediterraneus sur le haut-fond St Julien confirme les résultats d'une compilation concernant ce gorgonocéphale peu connu (Zibrowius, 1978) : il s'agit d'une espèce circalittorale de fonds durs assez répandue en Méditerranée et pouvant être localement très abondante.

Parmi les astéries rencontrées sur le haut-fond St Julien, l'espèce orangée à longs bras Chaetaster longipes est particulièrement remarquable. Il s'agit probablement de la première localisation précise de cette espèce sur les côtes méditerranéennes françaises (fide Tortonese - Faune des Echinodermes de la Méditerranée, 1965). Cette astérie n'a ainsi été signalée ni par Falconetti (1980) dans sa thèse sur les fonds circalittoraux du banc du Magaud et de la région de Calvi ni par Carpine (1970) dans sa thèse sur l'étage bathyal de Méditerranée (en Atlantique, cette espèce atteindrait la profondeur de 1000 m). Sur le St Julien, elle était présente sur fond détritique, vers 95-100 m sur le versant Sud et n'a été vue sur la face NE que vers 60-70 m.

III-2-7 POISSONS

L'inventaire visuel de la faune ichthyologique fournit des données qualitatives et quantitatives précieuses, en particulier sur les fonds rocheux où les renseignements tirés des prélèvements par engins de pêche ne peuvent être que fragmentaires. Cette technique, très utilisée en plongée autonome (Harmelin-Vivien et al., 1985), semble n'avoir été que très peu employée à partir d'un submersible, bien que cet engin s'y prête très bien.

Les deux inventaires visuels effectués sur la face NE du haut-fond St Julien entre 70 et 105 m ont permis de répertorier 26 espèces au total, soit 19 espèces pour la première plongée (1073) et 17 espèces pour la seconde (1089).

En raison du manque d'éléments de comparaison pour les fonds rocheux méditerranéens de cette tranche de profondeurs, il est difficile de juger de la valeur relative de la richesse spécifique actuelle de ce site. On peut toutefois noter que les chiffres obtenus sont du même ordre que ceux donnés par les inventaires des fonds coralligènes (30-45 m) de la même région (Port-Cros, données J.G. Harmelin), pratiqués, il est vrai, sur des surfaces beaucoup plus réduites (50 x 5 m).

Une dizaine d'espèces, rencontrées à chacune des plongées sur la face NE, semblent présenter une fréquence élevée. Parmi celles-ci, on note les quatre espèces de labridés et les trois espèces de serranidés répertoriées sur le St Julien.

Plusieurs espèces présentent un intérêt halieutique certain. On peut signaler ainsi la rencontre fréquente de congres de grande taille (Conger conger), de murènes (Muraena helena), de serrans petite-chèvre (Serranus cabrilla) et celle, plus sporadique, de sars (Diplodus spp.), de canthares (Spondyliosoma cantharus), de baudroies (Lophius sp.), de saint-pierre (Zeus faber), de chapons (Scorpaena scrofa), de mostelles (Phycis phycis).

Deux espèces rencontrées sur les deux faces du St Julien et chaque plongée sont de très bons descripteurs des fonds rocheux de la zone des 100-200 m (Bauchot & Pras, 1980) : ce sont les labridés Acantholabrus palloni et Lappanella fasciata. Une troisième espèce caractéristique des niveaux inférieurs du plateau continental, Helicolenus dactylopterus, paraît assez fréquente sur la face Sud.

On peut donc constater que la situation pour la faune ichthyologique s'est nettement modifiée trois ans après la campagne Nérée. Le rapport de G. Rivoire signalait, en effet, l'absence de poissons au cours de la plongée Nérée 91, qui correspond aux plongées Cyana 1073 et 1089. Même si cette "absence" ne peut être prise à la lettre étant donné le mode saisie des données (intermédiaire vidéo) et l'objectif différent de la campagne Nérée, on peut quand même admettre qu'il y a eu une certaine récupération de la faune ichthyologique sur ce site.



Photo 10 - Versant NE. Langouste (Palinurus elephas) à l'entrée de son trou.
(82 m - PL 1089).

Photo 11 - Versant NE. Murène (Muraena helena) dans une roche anfractueuse
portant des restes des squelettes de gorgones. (80 m - PL 1089).



Bien que les conditions de la plongée 1088 sur la face Sud n'aient pas permis un échantillonnage visuel des poissons comparable à ceux qui ont été faits sur la face NE, il ne semble pas qu'il y ai une différence significative de richesse et d'abondance entre les deux faces du haut-fond St Julien. On peut toutefois noter l'absence apparente de la girelle (*Coris julis*), qui était bien représentée sur la face NE, souvent avec une livrée atlantique pour les grands mâles.

LISTE DES POISSONS RENCONTRES SUR LA FACE NE DU St JULIEN

Plongées	1073	1089
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	X	.
Squalidé non identifié	X	.
Conger conger	X	X
<i>Muraena helena</i>	X	X
<i>Phycis phycis</i>	X	.
<i>Lophius</i> sp.	.	X
<i>Zeus faber</i>	.	X
<i>Scorpaena scrofa</i>	X	.
<i>S. notata</i>	X	.
Triglidé non identifié	X	X
<i>Serranus hepatus</i>	X	X
<i>S. cabrilla</i>	X	X
<i>Anthias anthias</i>	X	X
<i>Spicara maena</i>	.	X
<i>S. smaris</i>	.	X
Boops boops	X	.
<i>Diplodus sargus</i>	.	X
<i>D. vulgaris</i>	X	.
<i>Spondylisoma cantharus</i>	X	.
<i>Acantholabrus palloni</i>	X	X
<i>Labrus bimaculatus</i>	X	X
<i>Lappanella fasciata</i>	X	X
<i>Coris julis</i>	X	X
<i>Thorogobius ephippiatus</i>	.	X
Gobiidé non identifié	X	.
? <i>Sarda sarda</i>	.	X

TABLEAU I

PRELEVEMENTS D'EPONGES SAINT JULIEN-CYANA-

		SPONGIAIRES 1 83-87 m 8/6/90 Face Sud Reniera plana	% PCB dans la somme des congénères 28 à 180	SPONGIAIRE 2 83-87 m 8/6/90 Face Sud Siphonocalina subcornea	% PCB dans la somme des congénères 28 à 180	SPONGIAIRE SAINT JULIEN 9/6/90 Face Nord-Est Reniera plana	% PCB dans la somme des congénères 28 à 180	Reniera Plana Rapport Faces N.E./Sud	
								METAUX à partir des concentrations	PCB à partir des %
PCB 28	ng.g-1	6,5	5,93	1,1	2,56	0,8	1,1		0,18
PCB 52	ng.g-1	14,4	13,1	16,1	37,5	3,4	4,78		0,36
PCB 101	ng.g-1	43	39,2	7,5	17,5	14,1	19,8		0,5
PCB 118	ng.g-1	18,6	16,97	4,5	10,5	14,1	19,8		1,17
PCB 153	ng.g-1	13,3	12,1	5,8	13,5	18,6	26,2		2,16
PCB 138	ng.g-1	10	9,1	6,1	14,2	12,9	18,1		1,99
PCB 180	ng.g-1	3,8	3,47	1,8	4,19	7,2	10,13		2,92
PCB TOTAUX	ng.g-1	111		44		129			
MERCURE	µg.g-1	0,215		0,305		0,23		1,07	
PLOMB	µg.g-1	16,7		15,7		23,3		1,39	
CUIVRE	µg.g-1	14,1		19		27,1		1,92	
ZINC	µg.g-1	25,15		36,5		33,25		1,32	
MANGANESE	µg.g-1	66,6		118,5		184		2,76	
FER	µg.g-1	813		1474		961		1,18	
CADMIUM	µg.g-1	1,22		1,79		1,35		1,11	
NICKEL	µg.g-1	4,65		22,6		14,7		3,16	
CHROME	µg.g-1	3,8		7,2		13,4		3,54	

Enfin, pour faciliter les comparaisons, nous avons calculé les rapports entre les valeurs trouvées pour chaque paramètre sur les faces N-E et Sud, pour Reniera plana, seule espèce identifiée et commune aux deux stations.

IV-4 COMMENTAIRES

Bien qu'on est reconnu aux éponges un rôle d'indicateur de la pollution (Sponge watch : PATEL 1985 ; VERDENAL, 1986 ; RICHELLE et al., 1990), bien peu de données existent en fait sur ces organismes. Cette rareté peut s'expliquer par la difficulté à prélever ces organismes (les moules c'est plus facile), à les identifier correctement (seul quelques spécialistes tels que J. VACELET peuvent le faire), à analyser correctement les concentrations. Par ailleurs, quand ces conditions sont remplies, on constate souvent une grande variabilité individuelle vis à vis des polluants, ce qui peut rendre très problématique l'interprétation des résultats obtenus à partir d'échantillons réduits et d'espèces mal identifiées.

Dans cette discussion, nous limiterons essentiellement les commentaires aux résultats de l'analyse des échantillons de Reniera plana et aux rapprochements que l'on peut faire avec les conclusions de la thèse de B. VERDENAL et, plus particulièrement, les données concernant S. officinalis (Les principaux éléments de la sa thèse sont présentés en Annexe). Nous remarquerons par la suite que les différences relevées entre les deux côtés portent aussi bien sur les aspects quantitatifs que qualitatifs.

IV-5 METAUX

IV-5-1 COMPARAISON DES VALEURS ABSOLUES DES CONCENTRATIONS METALLIQUES

D'une manière générale, les concentrations trouvées à St Julien sont faibles par rapport à celles publiées par VERDENAL et qui concernent non seulement la zone d'influence de l'égout de Marseille, mais aussi, le secteur de Port Cros, relativement proche du site de St Julien.

Cela est vrai pour le **cuivre**, le **zinc** et le **nickel**, moins pour le **chrome** dont la concentration sur la face NE se rapproche de celles trouvées à l'île Maire et à Port Miou.

Le **plomb** et le **mercure** présentent des taux analogues et même supérieurs à ceux que l'on trouve à toutes les stations échantillonnées, hormis Cortiou.

Le **fer** est en quantité équivalente à celle contenue par les éponges de Port Cros.

Par contre le **manganèse** qui, habituellement, présente un comportement voisin de celui du fer, s'individualise nettement en présentant, sur la face sud, des concentrations très proches de celles trouvées aux Impériaux, à Port Miou et à Port Cros, et en atteignant une valeur maximale, sur la face Nord du versant échantillonné par Cyana.

IV-5-2 RAPPORT ENTRE LE VERSANT N.E ET LE VERSANT SUD

Le calcul du rapport des concentrations dans les deux échantillons de Reniera plana (S et N.E.) varie dans des limites très larges (3,54 à 1,07), mais toujours supérieures pour le côté N.E. De telles différences laissant envisager des influences et par conséquent une exposition préférentielle à certaines sources de pollution, nous avons classé les métaux dans l'ordre décroissant des rapports NE/S.

Chrome	3,54
Nickel	3,16
Manganèse	2,76
Cuivre	1,92
Cobalt	1,84
Plomb	1,39
Zinc	1,32
Fer	1,18
Cadmium	1,11
Mercure	1,07

Ce classement fait apparaître, d'une part, un impact global d'un apport arrivant de l'Est, d'autre part, l'existence de 3 groupes distincts pouvant traduire soit une plus forte capacité de pollution à l'Est (en concentration dans le milieu), soit des différences de comportement des éponges vis à vis de chaque métal, ou des métaux vis à vis d'une distribution entre leur phase dissoute et particulaire (coefficients de partage sédiment-eau).

Il est intéressant de mettre en parallèle les observations que nous avons faite et celles faites par B. VERDENAL dans sa thèse. Celui-ci établit l'existence d'une forte corrélation :

- d'une part, entre le fer, le plomb et le zinc, qui présentent une forte affinité pour le squelette de S. officinalis
- d'autre part, entre le nickel, le manganèse et le chrome possédant une faible affinité pour le squelette de l'éponge et qui sont surtout présents dans les tissus vivants.
- Quant au cuivre, il ne présente pas de lien avec ces deux autres groupes de métaux.

L'étude fait apparaître une corrélation légèrement négative pour les couples Ni/Fe et Ni/Pb, ce qui suggère une certaine compétition de deux familles de métaux pour leur fixation sur le squelette.

Il serait hasardeux de tirer des conclusions définitives de cette analogie de répartition des métaux. En effet, nous avons à faire à deux espèces différentes d'éponges (Reniera plana et S. officinalis) soumises à des influences géographiquement distinctes. D'autre part, si l'échantillonnage abondant utilisé par VERDENAL a permis une étude statistique et des conclusions fondées, il en va tout autrement pour la présente étude qui ne porte que sur deux échantillons d'éponges de la même espèce.

Il semblerait donc que les organismes récoltés sur le versant N.E puissent être plus soumis à une contamination véhiculée par les microparticules que ceux du versant S. Par ailleurs, le chrome, le nickel et surtout manganèse, semblerait, à ce titre, constituer de bons témoins de la dérive liguro-provençale.

Le plomb, le fer et le zinc étant plus abondamment fixés sur le squelette, il en découle une intégration des apports sur une plus longue période, ce qui tend à niveller les concentrations de part et d'autre du haut fond. Il faut néanmoins rappeler les taux relativement importants de plomb qui témoignent d'une pollution chronique et générale de ce secteur littoral.

On peut faire un commentaire similaire pour le mercure dont les taux voisins de $0,2 \mu\text{g.g}^{-1}$ sont significatifs d'une pollution.

IV-6 POLYCHLOROBIPHENILES (PCB)

Le problème posé par les PCB est plus complexe dans la mesure où les résultats se rapportent à 7 congénères qui ne sont représentatifs que d'une partie de la pollution fournie par les produits déversés dans l'environnement.

IV-6-1 CONCENTRATIONS

Il est nécessaire, avant tout, d'émettre une réserve sur la signification du résultat correspondant à la concentration totale. Celle-ci étant calculée à partir d'un rapport qui ne tient pas compte de molécules à plus faible poids moléculaire et moins chargée en chlore (CB 28, 58 et 101), on aboutit, en appliquant la règle habituelle, à des chiffres sans signification réelle.

Cela est largement démontré par les résultats se rapportant aux types d'éponges récoltées sur le versant S (Reniera plana et Siphonochalina subcornea) dont la distribution des congénères recherchés montre la dominance des PCB à faible indice. Par contre, la distribution est plus conforme à la règle dans les éponges du versant N.E, dont la composition se rapproche davantage de celle du DP6 (Cf Tableau suivant).

congénère	28	52	101	118	153	138	180
DP5	0,23	13,30	25,20	22,40	13,80	22,70	2,34
DP6	/	2,81	12,45	5,02	29,30	29,10	21,30
Ech. N.E.	1,10	4,78	19,80	19,80	26,20	18,10	10,13

IV-6-2 RAPPORT VERSANT NE / VERSANT S

Il est donc préférable d'introduire dans l'appréciation de cette pollution un élément qualitatif tenant compte des congénères présents. C'est ce que nous avons voulu faire, en calculant les rapports entre les concentrations de chacun des congénères de part et d'autre du haut fond de St Julien.

Ces résultats font apparaître une évolution du rapport qui passe de 0,18 à 2,92 avec l'augmentation de l'indice, c'est-à-dire avec le poids moléculaire et le nombre d'atomes de chlore fixés sur la molécule de diphenyle.

Il est certain que ce gradient des rapports n'est le simple fait du hasard et CORRESPOND A UNE DIFFERENCE FONDAMENTALE DES MODALITES DE LA POLLUTION SUR CHAQUE VERSANT. Cependant le peu d'éléments dont on dispose ne permettent pas d'aboutir à des conclusions, mais autorisent néanmoins quelques hypothèses.

Il paraît très vraisemblable que chaque versant est exposé à une source (particulaire ou dissoute) de pollution différente :

- sur le versant NE, la prépondérance des PCB "lourds" pourrait être interprétée

* soit, comme l'arrivée d'une charge polluante lointaine ayant subi, au cours de son trajet, une élimination de ses constituants les plus légers,

* soit comme le transfert d'une pollution remanente constituée par des PCB du type DP6 dont les % de congénères se rapprochent de ceux trouvés dans l'éponge analysée.

* on peut aussi envisager que le déficit en PCB de faible indice est lié à une plus forte dégradation sur le versant NE. Mais cette hypothèse paraît peu vraisemblable, car on ne voit pas ce qui pourrait modifier le comportement de cette même espèce vis à vis des PCB sur l'autre versant.

- sur le versant S pourrait intervenir une autre source ou une autre forme de pollution.

Par ailleurs, l'importance des proportions à 4 ou 5 Cl qui représentent environ 70 % des PCB analysés pourrait traduire l'incidence de produits nouveaux, introduits sur le marché comme substituts des Polychlorobiphényles.

IV-7 DISCUSSION

Malgré le peu de résultats dont on dispose nous pouvons envisager sérieusement l'hypothèse d'une contamination différentielle des éponges de part et d'autre du haut fond de St Julien.

Cette action est mise en évidence par une incorporation importante du manganèse dans les tissus de ces organismes, par celle moins massive mais relativement prédominante du nickel et du chrome et par celles des PCB lourds, plus rémanents.

Les polluants ayant une affinité pour le squelette des éponges présentent des différences de concentrations moins marquées, de part et d'autre du haut fond de St Julien.

Ces observations doivent être mises en parallèle avec celles effectuées sur la situation des peuplements benthiques lors de la même plongée de la soucoupe Cyana. Il est apparu que le versant NE subit un important envasement et présente un peuplement fortement dégradé, alors que la situation est nettement plus florissante sur le versant sud.

Il semble donc que la disposition du haut fond puisse privilégier, sur sa face NE, la décantation du matériel particulaire véhiculé par les masses d'eau transitant dans ce secteur. On peut comparer cet effet à celui des cavaliers destinés à retenir les dépôts au fond des bassins de décantation. Sur l'autre versant, l'accélération vraisemblable du courant de passage du haut fond confère aux particules une

TABLEAU II

CARACTERISTIQUES CONGENERES PCB

CONGENERE	RAPPORT NE/S	Log R NE/S	n CHLORE	PM	Ind.RETENTION	Log S (g/m3)	Log K oct/eau
28	0,18	-0,745	3	257,5	1962	-0,796	5,8
52	0,36	-0,444	4	292,0	1994	-1,523	6,1
101	0,50	-0,301	5	326,4	2175	-2,000	6,4
118	1,17	0,068	5	326,4	2319		6,4
153	2,16	0,334	6	360,9	2356	-3,000	6,9
138	1,99	0,299	6	360,9	2376		7,0
180	2,92	0,465	7	395,3	2541		7,0

COEFFICIENTS DE CORRELATION

	N° CONGENERE	n CHLORE	PM	Ind.RETENTION	Log S	Log K oct/eau
R NE/S	0,939	0,936	0,935	0,944	-0,912	0,926
Log R NE/S	0,976	0,962	0,960	0,968	-0,988	0,960

énergie suffisante pour être projetées au delà de la zone explorée.

Quoiqu'il en soit, on peut considérer, compte tenu de la situation et de la très faible distance séparant les deux stations, que la même eau baigne les deux versants et que l'hypothèse de masses d'eau d'origines différentes est peu plausible.

On peut donc en conclure que les différences trouvées entre les deux échantillons de Reniera plana reflètent celles du milieu ambiant, la nature, la concentration et la répartition des polluants dépendant de leur état physique dans le milieu et de leur possibilité d'assimilation par l'organisme considéré.

On peut envisager le scénario suivant :

Sur le versant N.E., l'éponge (il n'y a qu'une analysée) fixe activement, dans son tissu vivant, un matériel microparticulaire (*) riche en polluants peu solubles ou fortement absorbés, contenant plus particulièrement Mn, Cr, Ni et des PCB lourds. Ce matériel microparticulaire est peu assimilé et, par conséquent, passe difficilement dans le squelette.

Sur le versant S., l'éponge est essentiellement exposées à la phase dissoute qui possède, de part et d'autre du haut fond, des concentrations identiques et relativement faibles par rapport au particulaire. Il s'ensuit une fixation faible, plus aisément assimilable par l'organisme et passant plus facilement dans le squelette dans lequel se produit une véritable intégration de la pollution soluble. Ceci explique les rapports voisins de 1 obtenus pour certains métaux.

Quant aux PCB, la variation régulière du rapport NE/S des congénères traduit vraisemblablement le partage Eau/MES en fonction de la condensation en chlore du noyau diphenyle.

Il existe en effet une très forte corrélation entre la valeur du rapport NE/S (ou son logarithme) et certaines caractéristiques physico-chimiques des molécules de congénères, comme le montrent les résultats rassemblés dans le tableau II.

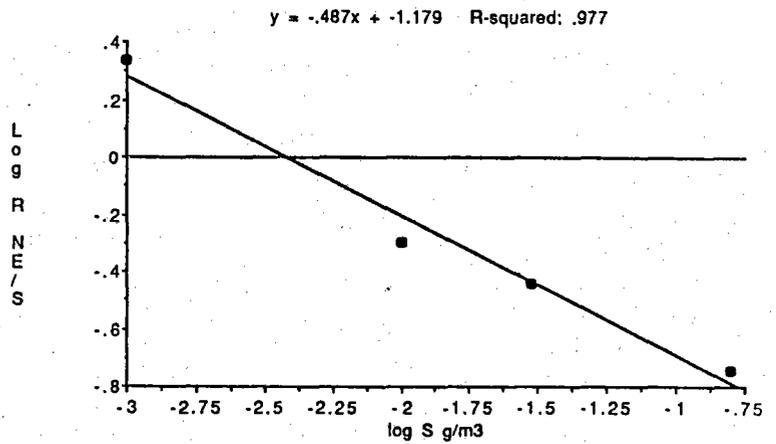
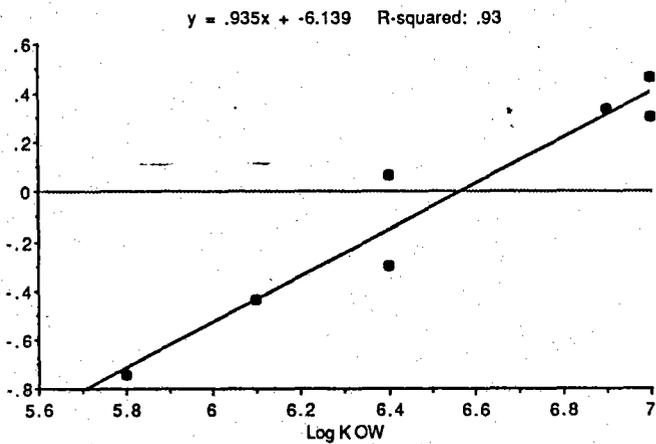
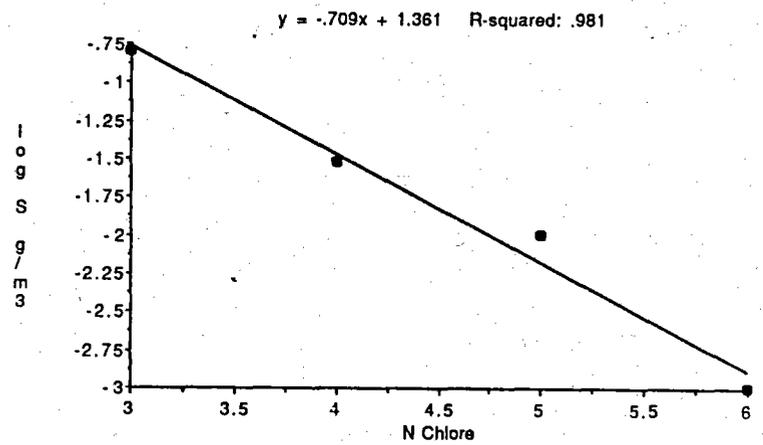
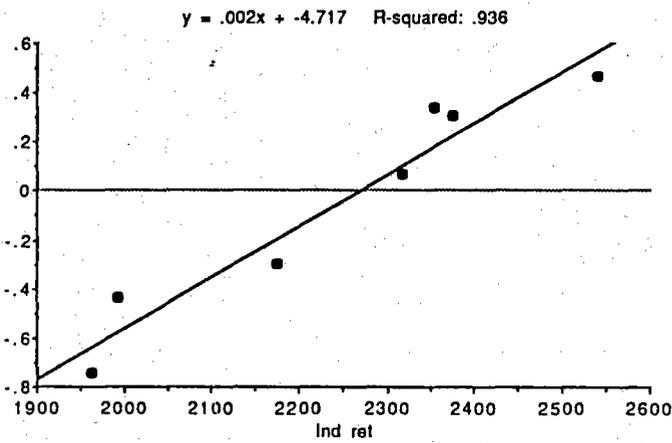
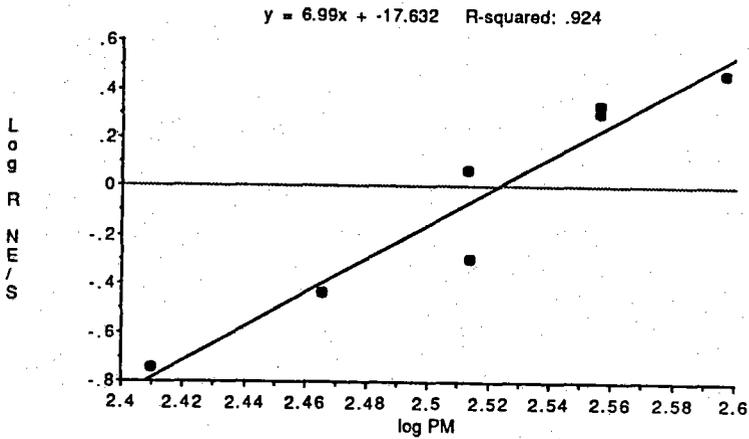
On constate sans la moindre ambiguïté, et malgré le fait que l'on travaille que sur deux échantillons, qu'il existe un lien très étroit entre l'augmentation du rapport et la richesse de la molécule en chlore, son indice de rétention illustrant la faculté de s'adsorber sur une phase solide, le coefficient de partage octanol/eau. Par contre, il existe une relation inverse avec la solubilité (Figure 4).

Compte-tenu de ces relations et de ce que nous avons envisagé plus haut, il est vraisemblable que les PCB les plus lourds sont préférentiellement fixés sur le matériel particulaire et vont surtout se retrouver dans les tissus vivants de l'éponge du versant NE.

Par contre, les PCB plus légers sont relativement plus solubles et vont être assimilés par les éponges des deux versants.

D'une façon plus générale, les courbes représentant l'évolution du rapport NE/S en fonction des valeurs de chacun des paramètres considérés permettent d'apprécier la part relative jouée par le particulaire et le dissous dans la pollution des éponges de part et d'autre du haut fond.

Figure 4 : Corrélations entre les différents rapports trouvés pour chaque congénère du PCB entre les versants NE et S et les indices correspondants au poids moléculaire, le nombre d'atomes de chlore, le coefficient de partage octanol-eau et la solubilité



V - CONCLUSIONS

Les deux faces du haut-fond St Julien présentent de grandes différences sur le **plan faunistique**, différences qui sont liées principalement au degré d'altération du benthos. Les communautés les plus altérées sont rencontrées sur la face NE, qui semble subir aussi une sédimentation très importante, en piégeant probablement les éléments véhiculés par le courant prédominant Est-Ouest (dérive liguro-provençale). La dissymétrie faunistique NE-S est aussi liée, sans doute, à des facteurs naturels de l'environnement.

Les cnidaires sont particulièrement touchés par ce phénomène. L'état de peuplements d'octocoralliaires, surtout les gorgones, diffère considérablement sur les deux faces du haut-fond : destruction quasi-totale sur la face NE entre 80 et 100 m et, au contraire, maintien d'une population très vivace de gorgones sur la face Sud à la même profondeur. Le corail rouge est très peu représenté, que ce soit sous forme de colonies vivantes que sous celle de restes du squelette. La présence de jeunes colonies (âge inférieur à 6-8 ans) de corail (très rares) et de gorgones (surtout fréquentes à 65-75 m) atteste qu'il y a recrutement et que la survie de ces filtreurs passifs est possible actuellement dans la zone ayant subi les plus fortes dégradations. Les masses d'eau ne devraient donc peut être plus transporter le ou les altérageurs responsables de la mortalité catastrophique des octocoralliaires. Les colonies de gorgones et de corail qui ont survécu à cette phase de mortalité ont des tissus vivants localisés uniquement au sommet des branches, ce qui pourrait indiquer que l'altérageur responsable a agit à partir du substrat.

Les différences fauniques naturelles entre les deux faces du haut-fond St Julien sont attestées par la dominance physiologique passée de la gorgone Paramuricea clavata sur la face NE, qui s'oppose à la dominance actuelle d'une autre gorgone, Eunicella cavolinii, sur la face Sud, et par la présence uniquement sur la face NE du scléroractinaire profond Dendrophyllia cornigera.

Bien qu'étant l'élément dominant de l'épifaune des parois rocheuses de la face NE, en biomasse apparente comme, sans doute, en diversité, les spongiaires paraissent y avoir subi une forte réduction de leur peuplement, si l'on admet qu'ils devaient être aussi florissants qu'actuellement sur la face Sud.

La faune ichthyologique résidant sur la face NE paraît présenter une richesse en espèces (26 spp.) et en individus proche de la normale et semble-t'il très supérieure à ce qui avait été constaté en 1987.

L'étude réalisée sur les teneurs en **contaminants** apporte deux enseignements particulièrement intéressants :

- d'une part, il semble probable que la face NE reçoive une pollution essentiellement particulière véhiculée par un courant venant de l'Est dont les traceurs sont le manganèse et à un moindre degré le Nickel, le chrome et les PCB lourds.

- d'autre part, les résultats des analyses sur les deux éponges permettent d'attribuer à ces organismes un rôle d'indicateur de la pollution allant beaucoup plus loin que celui joué par les mollusques (moules et huîtres) aux profondeurs étudiées. Il semble, en effet, qu'au delà de la simple accumulation, il soit possible d'établir une distinction entre les polluants apportés par les MES que l'on retrouve peu dans le squelette et en quantité plus abondantes dans le tissu vivant, et ceux présents sous forme dissoute que l'on retrouve dans le squelette. Bien entendu, ces conclusions reposant sur un nombre très faible de données (encore qu'elles fassent intervenir celles relativement abondantes de B. VERDENAL), il serait nécessaire de les contrôler et de les confirmer en abordant d'une manière plus large et plus systématique le comportement de peuplements d'éponges dans d'autres sites et dans d'autres milieux.

BIBLIOGRAPHIE

BAUCHOT M.L., A. PRAS, 1980. Guide des poissons marins d'Europe. Delachaux & Niestlé, Lausanne et Paris, 427 pp.

BOURCIER M., H. ZIBROWIUS, 1973 (1972). Les boues "rouges" déversées dans le canyon de la Cassidaigne (région de Marseille). Observations en soucoupe plongeante SP 350 (juin 1971) et résultats de dragages. *Téthys*, 4, 4, :811-841.

CARPINE C., 1972. Ecologie de l'étage bathyal dans la Méditerranée occidentale. *Mém.Inst.océanogr.*, Monaco, 2, 146 p.

FALCONETTI C., 1980. Bionomie benthique des fonds situés à la limite du plateau continental du banc du Magaud (îles d'Hyères) et de la région de Calvi (Corse). Thèse Univ. Nice, 287 p.

FREDJ G., 1964. Contributions à l'étude bionomique de la Méditerranée occidentale (côte du Var et des Alpes Maritimes - côte occidentale de Corse). Fascicule 2. La région de Saint-Tropez : du cap Taillat au cap de Saint-Tropez (région A1). *Bull.Inst.océanogr.*, Monaco, 63, 1311B.

GARCIA-RODRIGUEZ M., C. MASSO, 1986. Algunas bases para la determinacion directa de la edad del coral rojo (*Corallium rubrum* L.). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3 (4) :65-74.

GAUTIER Y.V., J. PICARD, 1957. Bionomie du banc du Magaud (Est des îles d'Hyères). *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 21 (12) :28-40.

HARMELIN J.G., 1984. Biologie du corail rouge. Paramètres de population, croissance et mortalité naturelle. Etat des connaissances en France. In Charbonnier D.Y. & S. Garcia (eds.), Rapport de la commission technique du CGPM sur les ressources de corail rouge de la Méditerranée occidentale et leur exploitation rationnelle. Palma de Mallorca, Espagne, décembre 1983, :99-103.

HARMELIN J.G., C. BOUCHON, J.S. HONG, 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée nord-occidentale). *Téthys*, 10 (1) :13-36.

HARMELIN-VIVIEN M. + 10 co-auteurs, 1985. Evaluation des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 40 :467-539.

LABOREL J., J.M. PERES, J. PICARD, J. VACELET, 1961. Etude directe des fonds des parages de Marseille de 30 à 300 m avec la soucoupe plongeante Cousteau. *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, 58, 1206 :1-16.

RIVOIRE G., 1987. Existence de champs de corail rouge et de gorgones morts en profondeur, entre Cassis et Nice. Rapport destiné à la Direction des Affaires Maritimes de Méditerranée.

TORTONESE E., 1965. Echinodermata. Fauna d'Italia. Vol. VI. Bologna, Edi. Calderini. XVI + 422 p.

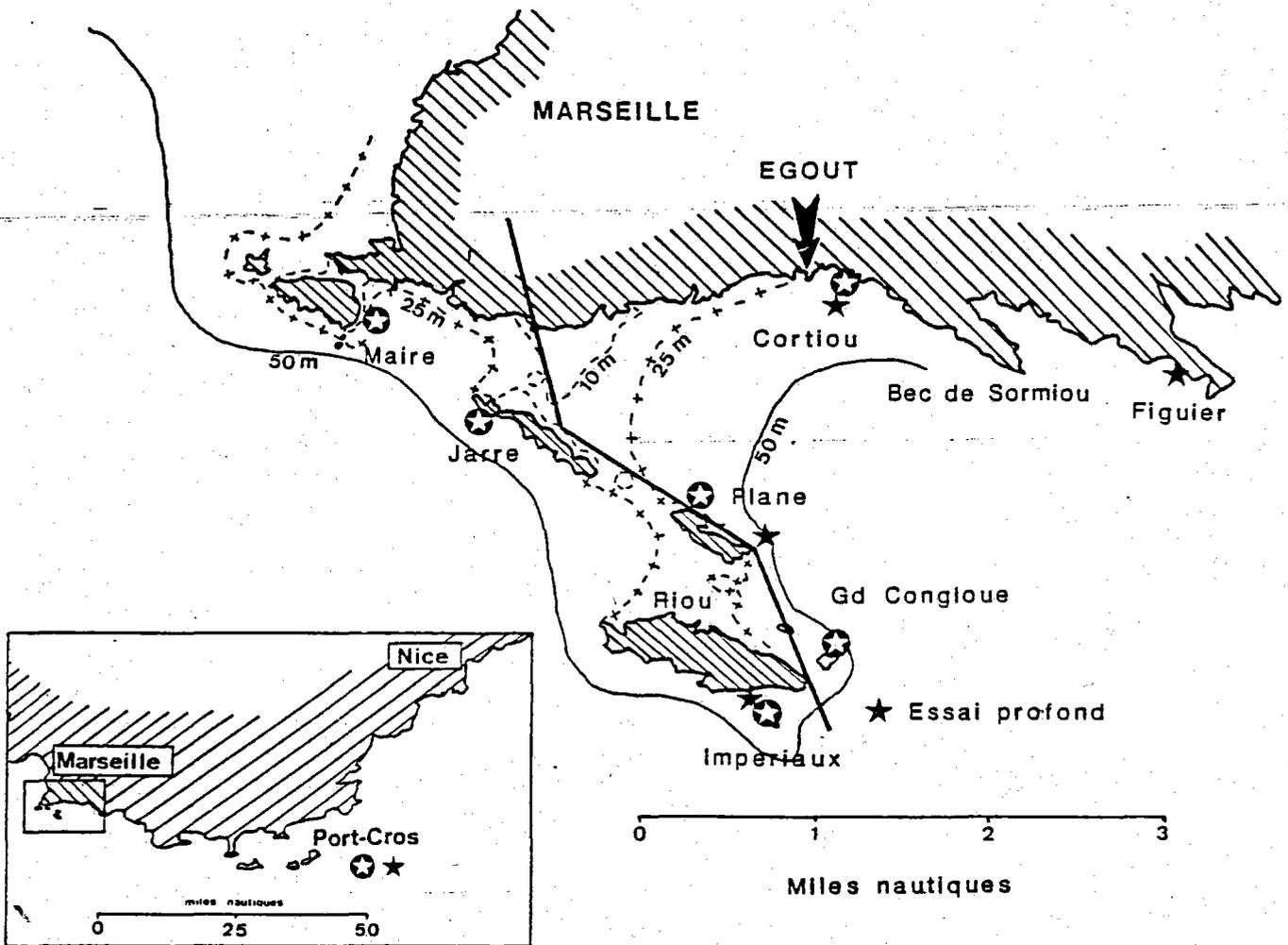
VAISSIERE R., C. CARPINE, 1964. Contributions à l'étude bionomique de la Méditerranée occidentale (côte du Var et des Alpes Maritimes - côtes occidentale de la Corse). Fascicule 4. Compte-rendu des plongées en soucoupe plongeante S.P. 300 (région A.1). Bull. Inst. océanogr. Monaco, 63, 1314 :1-36.

WEINBERG S., F. WEINBERG, 1979. The life cycle of a gorgonian: Eunicella singularis (Esper, 1794). Bijragen tot de Dierkunde, 48 (2) :127-140.

ZIBROWIUS H., 1978. Nouvelles observations de l'ophiure gorgonocéphale Astrospartus mediterraneus sur la côte méditerranéenne de France. Bibliographie annotée et répartition. Trav. scientif. Parc nation. Port-Cros, 4 :157-169.

ZIBROWIUS H., 1980. Les scléractiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. Mém.Inst.océanogr., Monaco, 11, 284 p..

ANNEXES



- Localisation des stations de culture et de prélèvement et topographie de la zone. Etoiles noires : stations de culture ; étoiles blanches : stations de prélèvement.

Teneurs métalliques chez *S. officinalis*. (ppm de poids sec d'éponge entière). n : effectif, m : moyenne, s : écart type.

		Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Fe	Ni	V	Hg	Cd
CORTIOU	n	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6
	m	93,5	90,9	128,9	54,2	71,7	10754	44,9	56,8	0,45	1,18
	s	7,4	33,7	24,6	20,8	29,4	4189	4,0	16,2	0,08	0,3
	min	80,5	40,8	99,6	24,9	34,0	6300	38,1	42,5	0,31	0,72
	max	101	145	163	80,1	121	17500	48,6	89,1	0,52	1,6
MAIRE	n	6	6	6	6	6	6	6	6		
	m	82,1	17,6	101,1	40,5	17,0	2738	32,7	<10		
	s	21,2	8,0	15,2	18,3	7,3	1054	3,7	-		
	min	51,4	7,8	73,4	13,6	9,9	1500	27,2	-		
	max	106	27,7	114	59,0	29,9	4320	38,6	<10		
PORT-MIOU	n	6	6	6	6	6	6	6	6		
	m	84,7	30,0	93,4	63,0	11,5	3185	37,2	<19,5		
	s	14,3	12,0	19,2	32,2	1,8	801	3,5	> 7,1		
	min	71,6	17,2	77,7	31,2	9,2	2040	32,0	<10		
	max	105	48,7	129	107	13,5	4180	42,0	29,6		
PLANE	n	7	7	7	7	7	7	7	7	4	4
	m	92,7	17,4	81,2	41,5	21,9	1797	32,6	<10	0,07	0,93
	s	11,6	6,2	13,3	18,0	10,9	763	2,0	-	0,009	0,22
	min	82,0	9,9	69,3	17,8	8,4	840	29,6	-	0,06	0,7
	max	114	27,0	101	69,3	36,8	3080	36,3	16,1	0,08	1,2
IMPERIAUX	n	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	m	75,7	6,4	58,4	63,2	21,6	420	37,8	33,7	0,05	0,87
	s	11,2	0,8	0,9	17,3	7,9	57	2,3	3,7	0,006	0,13
	min	67,8	5,8	57,7	51,0	16,0	380	34,1	31,1	0,05	0,73
	max	83,6	7,0	59,0	75,4	27,2	460	37,4	36,4	0,06	1,00
JARRE	n	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	m	92,1	15,1	66,6	51,2	66,8	1676	54,2	<16,1	0,47	1,75
	s	2,6	5,5	7,6	24,9	1,2	735	1,4	> 5,5	0,06	0,57
	min	89,3	8,9	58,4	24,9	66,0	840	52,8	<10	0,41	1,4
	max	94,4	19,2	73,5	75,5	68,1	2220	55,6	20,6	0,56	2,6
PORT-CROS	n	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6
	m	71,4	7,4	69,3	63,7	72,7	955	48,7	<14,2	0,04	1,35
	s	16,8	5,5	12,7	41,3	31,1	510	9,1	> 7,3	0,01	0,74
	min	49,5	1,5	54,6	28,1	40,5	450	41,0	<10	0,03	0,46
	max	95,3	14,8	85,7	148	124	2000	67,4	27,3	0,06	2,4

Teneurs en métaux lourds des squelettes de *S. officinalis* après nettoyage commercial (ppm de poids sec du squelette). n = effectif, m = moyenne, s = écart type.

		Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Fe	Ni	V	Hg	Cd
CORTIOU	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	m	99,4	153,8	190,5	30,3	83,6	21800	<10,4	125,9	0,038	0,51
	s	34,4	80,3	60,5	38,5	26,8	3600	> 3,2	47,4	0,014	0,31
	min	59	72,8	121	10	54,6	18200	< 5	78,2	0,03	0,3
	max	153	315	294	122	130	27700	14,9	366	0,07	1,2
MAIRE	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	m	61,3	51,0	146,5	16,9	42,9	9437	18,8	<45,1		
	s	12,7	38,9	68,8	5,9	17,2	4207	2,4	>25,7		
	min	47,5	12,1	61,4	11,2	19,2	3720	14,2	<10		
	max	81,8	140	258	26,8	68,8	16300	21,9	86,1		
PORT-MIOU	n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	m	96,3	115,9	189,5	15,5	25,2	11245	18,2	70,7		
	s	24,4	42,1	36,3	9,5	7,5	3754	3,2	30,8		
	min	84,1	84,3	149	6,2	14,4	7280	15,5	41,4		
	max	126	175	224	28,6	30,4	16000	22,6	111		
Gd CONGLOUE	n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	m	102,5	28,9	91,5	17,5	23,7	2715	24,9	<10		
	s	21,7	7,2	23,1	5,9	6,3	726	3,2	-		
	min	73,6	18,3	75,1	11,3	14,0	1640	20,8	-		
	max	129	38,0	115	26,3	30,4	3530	29,0	<10		
PORT-CROS	n	7	7	7	7	7	7	7	7	4	4
	m	117,6	10,2	51,8	28,5	99,7	1582	34,9	<10	0,03	0,89
	s	22,5	4,6	29,8	23,3	111,7	492	26,2	-	#0	0,21
	min	79	4,6	22,8	5,9	9,2	850	15,8	-	0,03	0,59
	max	146	18,3	106	77	287	2100	90	<10	0,03	1,1

- Matrice de corrélation des teneurs métalliques chez 36 *S. officinalis* nettoyées (squelette nu) provenant de 5 stations du littoral provençal.

	Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Fe	Ni	V
Cu	1	NS	NS	0,52	0,37	NS	NS	NS
Pb		1	0,75***	0,5	NS	0,78***	-0,37	0,92***
Zn			1	NS	NS	0,67***	NS	0,78***
Mn				1	NS	NS	0,76***	0,44
Cr					1	NS	0,64***	NS
Fe						1	-0,52	0,88***
Ni							1	-0,39
V								1

- Concentration moyenne des tissus vivants en métaux lourds ; *S. officinalis*, stations de Port-Miou, Maire et Cortiou. m : moyenne, s : écart type.

		Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Fe	Ni	V	Hg	Cd
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/g	ppm	ppm	ppm	ppm
Port-Miou	m	85,49	8,63	54,93	53,13	7,11	1,04	44,35	<10,74		
	s	15,28	4,24	17,35	19,63	1,42	0,57	5,32	6,09		
Maire	m	89,43	10,98	81,85	49,28	9,77	0,85	37,39	<<10		
	s	31,54	8,08	34,87	25,02	7,12	0,89	4,66	-		
Cortiou	m	72,3	26,35				3,50			0,6	1,4

- Rapport moyen de concentrations métalliques squelette/tissu vivant. *S. officinalis*, stations de Port-Miou, Maire et Cortiou. m - moyenne, s - écart type.

		Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Fe	Ni	V	Hg	Cd
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/g	ppm	ppm	ppm	ppm
Port-Miou	m	1,13	16,06	4,03	0,3	3,72	22,41	0,41	17,12		
	s	0,18	9,01	2,51	0,19	1,41	29,59	0,08	24,25		
Maire	m	0,81	6,79	2,69	0,49	9,43	31,32	0,5	-		
	s	0,5	7	2,13	0,59	7,8	40,12	0,08	-		
Cortiou	m	0,91	4,78				10,63			0,06	0,36

- Teneurs en composés organochlorés de 3 espèces d'éponges commerciales.

		n	PCB (DP6) ppm	DDE ppm	DDD ppm	DDT ppm
Eponges entières						
<i>S. officinalis</i>	Cortiou	2	11,6	0,73	2,42	1,26
		2	25,0	1,56	3,20	3,50
		1	16,3	1,04	3,26	1,80
	Port-Miou	4	0,833	0,65	1,016	1,789
	Port-Gros	5	0,119			0,478
Squelettes nettoyés (squelettes nus)						
<i>S. officinalis</i>	Cortiou	4	1,69	0,156	0,286	0,208
	Port-Miou	4	0,018	0,006	0,006	0,007
	Port-Gros	6	0,014	0,10	0,10	0,13
<i>S. nitens</i>	Cortiou	5	0,099	0,010	0,032	0,010
<i>S. agaricina</i>	Cortiou	4	0,478	0,031	0,046	0,045
	Planier	5	0,282	0,020	0,019	0,028

- Rapport de concentration en composés organochlorés éponge entière / squelette .

	PCB (DP6)	DDE	DDD	DDT
Ep. entière / squelette	46,3	108,3	169,3	255,6