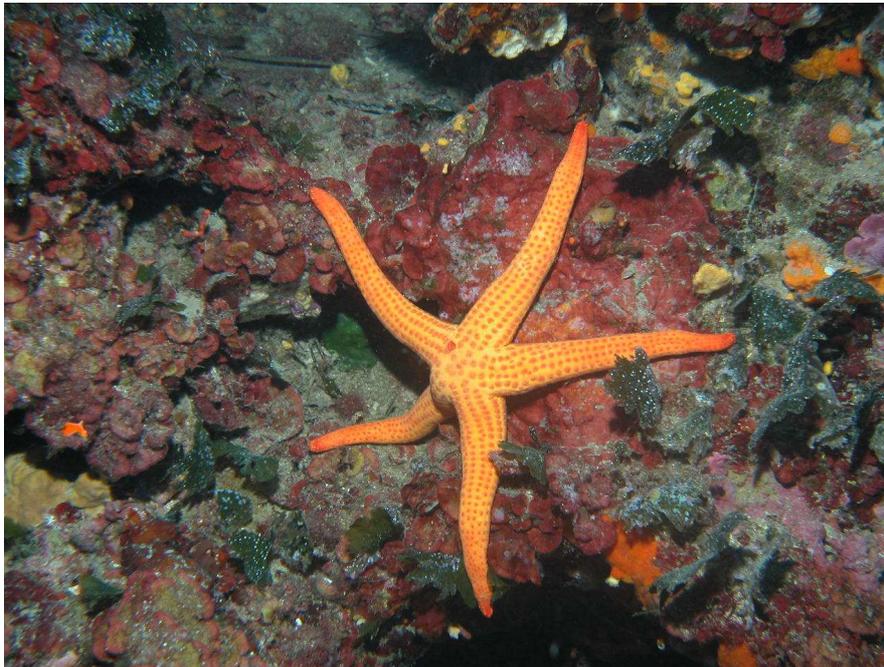


DIVERSITÉ D'ÉCHINODERMES DANS LES FONDS MARINS DE PORQUEROLLES

Bernat HEREU^{1,2,*}, Cristina LINARES³, David DIAZ⁴, Nuria TEIXIDOR⁵ et Mikel ZABALA¹

- 1- Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona. Diagonal 645. 08028 Barcelona, Espagne.
 - 2- Direction actuelle: Moss Landing Marine Laboratories, 8272 Moss Landing Rd. Moss Landing, CA 95039-9647, California, USA
 - 3- Centre d'Estudis Avançats de Blanes, CEAB-CSIC. Camí de Sta Bàrbara s/n, Blanes, Espagne
 - 4- Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Baleares. C/ Moll de Ponent s/n 07015 Palma de Mallorca, Espagne
 - 5- Centre d'Océanologie de Marseille. UMR 6540 DIMAR. Station Marine d'Endoume (CNRS). Rue Batterie des Lions 13007 Marseille, France
- * contacte: hereu@mlml.calstate.edu



**Parc national de Port-Cros – Contrat n° 05-018 INVENTAIRE ET DENSITÉ DES
ÉCHINODERMES DE PORQUEROLLES, AVEC TAILLE MOYENNE DE L'OURSIN
PARACENTROTUS LIVIDUS DANS LES SECTEURS CLÉS**



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Sommaire

1- Introduction	
1.1- La Biodiversité, objectif des Parcs Nationaux.....	p. 2
1.2- Le besoin de mesurer la biodiversité.....	p. 2
1.3- La Biodiversité : un beau concept, un paramètre difficile.....	p. 3
1.4- Les échinodermes comme indicateurs de biodiversité dans les habitats des fonds marins.....	p. 3
1.5- Préalables.....	p. 4
2- Objectifs de l'étude.....	p. 5
3- Méthodes d'étude.....	p. 6
3.1- Choix des sites.....	p. 6
3.2- Communautés et profondeurs	p. 7
3.3- Méthode	p. 8
4- Résultats.....	p. 10
4.1- Descriptif des sites visités.....	p. 10
4.2- Liste d'espèces répertoriées par habitats.....	p. 25
4.3- Densités des espèces les plus communes.....	p. 26
4.4- Comparaison des populations d'échinodermes de Porquerolles avec celles du Parc national de Port-Cros	p. 28
4.5- Statut des populations de l'oursin comestible <i>Paracentrotus lividus</i>	p. 31
5- Diagnostic préliminaire.....	p. 34
6- Références.....	p. 40
- Planches photographiques.....	p. 42

1- INTRODUCTION

1.1- La Biodiversité, objectif des Parcs Nationaux (1)

La richesse biologique d'un pays constitue son patrimoine naturel, et son importance sociale découle des services qu'elle nous prête, quels qu'ils soient : ressources, loisirs, santé environnementale, beauté. D'où le fait que la conservation de la biodiversité, voire de la variété de formes avec laquelle la vie apparaît sur la planète, soit devenue l'un des objectifs les mieux ciblés des stratégies environnementales de l'Europe, et notamment du Réseau de Parcs Nationaux Français. Le but des directives européennes (directives dites de flore-faune-habitats ; 92/43/CEE) serait de conserver la biodiversité des sites les plus riches de chaque pays et, au besoin, d'essayer de récupérer celle des endroits anciennement détériorés par les activités humaines. Le domaine marin littoral est un lieu de choix du fait de sa grande biodiversité, de la fragilité que lui confère sa faible surface, et de la pression démographique croissante qu'il supporte.

1.2- Le besoin de mesurer la Biodiversité

La biodiversité doit être considérée d'une perspective patrimoniale. Et tout le monde convient que pour gérer un patrimoine de façon adéquate il faut qu'il s'agisse d'une gestion adaptative (Holling, 1978) ; c'est-à-dire que les mesures mises en œuvre ne doivent jamais être fixées par imitation d'un modèle établi *a priori*, mais qu'elles devraient être modifiées vis-à-vis des résultats qu'elles nous procurent et de l'évolution du patrimoine. Cela demande une évaluation répétée (voire dynamique et facile) des actifs que l'on veut gérer. Dans notre cas, il s'agit de trouver des méthodes permettant de mesurer la biodiversité qui soient assez simples et économiques pour qu'elles puissent être répétées fréquemment.

(1) La question de l'utilité de l'étude des échinodermes littoraux pour répondre aux intérêts des gestionnaires de l'île de Porquerolles ne nous paraît pas avoir de réponse évidente, au moins au niveau du grand public. Et pourtant, nous sommes sûrs de son utilité. Toujours soucieux d'assurer la transparence dans l'utilité publique des budgets consacrés à la recherche, il nous paraît justifié de commencer cette introduction par un petit détour qui tentera de faire le point sur cette question. En cherchant à enchaîner un raisonnement logique, l'argumentation débute par un ensemble d'idées qui pourraient être, par leur généralité, un élément supplémentaire pour les professionnels de la gestion environnementale. Nous présentons par avance nos excuses pour notre audace et nous suggérons à ces lecteurs-là de s'épargner la lecture et de passer directement au chapitre suivant.

1.3- La Biodiversité : un beau concept, un paramètre difficile

Autant l'idée de biodiversité est belle dans sa simplicité, autant elle est difficile à mesurer comme descripteur quantitatif. La biodiversité s'exprime aussi bien au niveau génétique, comme à celui des espèces, des écosystèmes ou des paysages. Toutefois, pour différents raisons il nous faut renoncer au premier et aux derniers niveaux : de nos jours, la mesure de la biodiversité génétique demanderait trop d'effort technique et économique. En ce qui concerne le niveau des paysages et des écosystèmes, elle est forcément (heureusement) trop peu variable, et donc peu sensible. C'est donc la richesse des espèces qui constitue le niveau le plus pratique à évaluer. Cependant, même à ce niveau-là, personne ne saurait comment reconnaître et raconter toutes les espèces (des bactéries aux grands vertébrés) qui cohabitent dans un seul habitat quelconque.

On est obligé, par défaut, de viser un groupe réduit de tout l'éventail des organismes existants, tout en souhaitant que l'évolution de la diversité de ce groupe-là soit capable d'exprimer l'évolution de tout l'ensemble : on parle alors d'*indicateurs de biodiversité*.

1.4- Les échinodermes comme indicateurs de diversité dans les habitats des fonds marins

Pourquoi les échinodermes ? Pour devenir des descripteurs adéquats, les organismes choisis doivent remplir une série de conditions :

- 1- Ils doivent être sensibles à l'activité humaine et aux mesures de conservation.
- 2- Les changements de leurs populations doivent réagir aux changements de l'ensemble de la communauté biologique.
- 3- Ils doivent être assez abondants pour permettre d'obtenir des données quantitatives susceptibles d'être traitées statistiquement.
- 4- En même temps, ils doivent être assez faciles à déceler, à identifier et à recenser pour que les comptages souffrent du moindre degré de subjectivité.
- 5- S'agissant d'espaces protégés, il faut qu'ils soient mesurables par des méthodes qui n'entraînent ni la mort ni des risques pour la survie des espèces mesurées.

Dans ce dernier point, le domaine marin ajoute des difficultés accessoires à celles des environnements terrestres : tous les organismes dont la petite taille exige l'utilisation des microscopes ou des binoculaires doivent être sortis de l'eau, ce qui entraîne inévitablement la mort. Cette contrainte restreint l'éventail des indicateurs marins possibles à ceux qui sont susceptibles d'être recensés par des méthodes visuelles (vidéographiques ou photographiques).

Les échinodermes remplissent toutes les exigences précédentes et, quand il s'agit d'évaluer la biodiversité des habitats des fonds marins (les plus) littoraux, ils offrent un grand nombre d'avantages :

- 1- Ils occupent tous les niches des consommateurs dans les chaînes trophiques, depuis les herbivores (oursins) jusqu'aux filtreurs (ophiures, crinoïdes), aux détritivores (holothuries, ophiures), aux carnivores (étoiles, ophiures) et aux nécrophages (étoiles, ophiures). On a des preuves certaines qui montreraient que leurs populations peuvent considérablement osciller en fonction des changements de l'ensemble de la communauté (e.g. Sala *et al.*, 1998a).
- 2- Certains d'entre eux sont assez abondants pour fournir des nombres statistiquement traitables après un effort d'échantillonnage raisonnable.
- 3- La faune d'échinodermes des fonds littoraux de la Méditerranée est composée d'un nombre réduit d'espèces (même un peu trop succinct, si l'on s'en tient aux espèces visuellement décelables en plongée), de faible mobilité, de taxinomie assez simple et de traits assez clairs pour souffrir d'une très faible subjectivité dans les recensements.
- 4- La large taille d'un certain nombre d'entre eux les rend susceptibles d'être recensés par des méthodes visuelles.

En plus, une espèce (l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*) est très recherchée pour sa consommation comme fruit de mer. Comme dans certaines régions côtières françaises, elle paraît avoir été l'objet d'une surexploitation ; et on a pu parler de l'utilité de réglementer son exploitation (San Martin, 1995). Cela a fait l'objet de nombreux débats qui durent encore de nos jours ; y compris l'île de Porquerolles, il paraît nécessaire de faire le point sur l'état actuel des populations d'oursin comestible au long des fonds côtiers de l'île. Ce ne sera qu'après avoir une bonne description de l'état des stocks que les gestionnaires du Parc National seront en conditions de préparer une stratégie adéquate pour la gestion de cette espèce.

1.5- Préalables

S'il est vrai que l'étude des populations de macro-échinodermes littoraux à l'aide du scaphandre autonome ne paraît pas être une tâche extrêmement difficile ni sophistiquée (*), le principal problème que l'on rencontre au moment de décrire la faune présente sur l'île de Porquerolles est la pauvreté des études précédentes.

Heureusement, cela fait longtemps que le Parc national de Port-Cros s'est intéressé à la diversité des échinodermes de l'île voisine (Harmelin *et al.*, 1980) et il existe une longue série de données ininterrompue de 1993 à 2003 (Hereu *et al.*, 2005a). Cet ensemble de données, obtenu avec les mêmes méthodes et guidé par les mêmes critères que la présente étude, sera une

précieuse référence lors de l'interprétation des données prélevées sur Porquerolles. Il faut souligner que la distance qui sépare les deux îles ne constitue aucune barrière redoutable vis-à-vis de la capacité de dispersion des espèces marines. Mieux encore, l'existence des mêmes habitats permettrait d'avancer, en extrapolation de celle de Port-Cros, ce que serait la faune d'échinodermes de Porquerolles, sauf si les différentes conditions de gestion (pêche fortement réglementée sur Port-Cros, non spécifiquement réglementée à Porquerolles) risquaient d'introduire des changements quant aux densités des populations (ex. l'oursin comestible).

Une étude réalisée sur les sites à corail rouge de Porquerolles, commandée par le Parc National à une équipe de chercheurs du Centre Océanologique de Marseille (Boury-Esnault *et al.*, 2001), est devenue en fait une description générale de la faune et de la flore benthiques des secs « profonds » qui entourent l'île, dans laquelle la présence des principales espèces d'échinodermes a été signalée. Par la suite, ce travail est devenu une précieuse référence pour compléter la signalisation des espèces de « profondeur », sur des sites d'accès plus difficile.

(*) Il faut noter cependant qu'il y a un ensemble de petites espèces dont l'étude demanderait des techniques plus complexes ou des études plus lourdes qui demeurent hors des principes que nous venons d'expliquer.

2- OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Deux objectifs, en quelque sorte complémentaires, ont été ciblés en réponse aux recommandations précises des gestionnaires du Parc national :

1- Élaborer une liste de toutes les espèces d'échinodermes décelées lors des inspections visuelles réalisées sur les principaux habitats benthiques des côtes de Porquerolles accessibles en scaphandre autonome (entre 0 et 40 m de profondeur). Cette liste devrait être accompagnée de renseignements précis sur la communauté écologique et des coordonnées géographiques (profondeur, coordonnées GPS) où les espèces auront été trouvées. Des sites d'un intérêt spécial (secs, sites de plongée, zones de réserve de pêche prévues) avaient été signalés par les gestionnaires au préalable.

2- Évaluer les densités et la structure de tailles des espèces les plus abondantes, notamment l'oursin comestible (*Paracentrotus lividus*) et l'oursin noir (*Arbacia lixula*). Plus concrètement, l'objectif serait d'évaluer les effets produits par le ramassage intensif (professionnel et plaisancier) des oursins comestibles et de déceler l'existence des sources de recrutement capables d'assurer son renouvellement. Comme a été suggérée l'existence d'une compétition pour la même niche écologique entre ces deux espèces d'oursins (Frantzis *et al.*, 1988 ; Bulleri *et al.*, 1999), on peut faire l'hypothèse que l'élimination sélective de l'une d'entre elles (l'oursin comestible) favoriserait la prolifération de la deuxième (l'oursin noir) (Bulleri *et al.*, 1999). À

ce sujet, la comparaison avec les populations de Port-Cros, où les oursins comestibles ne sont pas récoltés, s'avère très utile.

3- MÉTHODES D'ÉTUDE

3.1- Choix des sites

Compte tenu de l'absence d'études précédentes, la première mission de terrain a été conçue comme une mission d'approximation, plutôt que comme la réponse à une conception de programme de surveillance définitif.

La plus grande partie des fonds qui entourent Porquerolles entre 0 et 30 mètres de profondeur sont occupés par un herbier de posidonies ou le recensement des organismes est très laborieux et hasardeux. Des effleurements rocheux se présentent tout au long de la côte sud et autour des caps, permettant de choisir des endroits d'échantillonnage plus adéquats. Les fonds rocheux ont donc été choisis pour l'étude, mais compte tenu de leur large étendue, un certain effort a été réservé aux herbiers de posidonie.

Les sites de plongée et les zones présélectionnés dans un plan futur de régulation de la pêche attiraient l'intérêt des responsables du service du Parc. En plus, les plages (ou petits fonds) sur des petites dalles de schistes (renversables) fournissent un habitat de choix pour le recensement des petites ophiures et des recrues d'oursin. Avec ces orientations en main, les sites suivants ont été visités (Fig. 1).

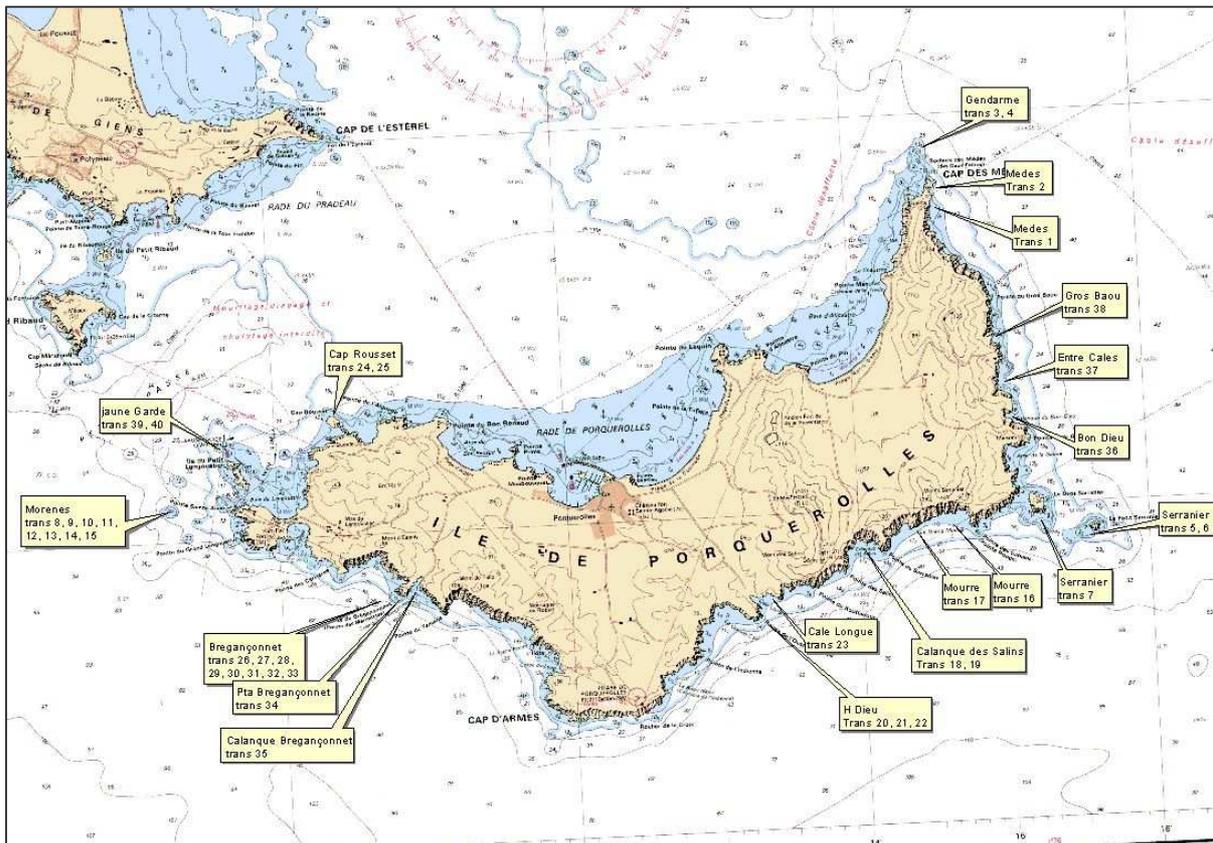


Figure 1- Liste des sites étudiés, avec le nom et le numéro de transects référencés dans le tableau 1

3.2- Communautés et profondeurs

Afin d'obtenir une longue liste d'espèces, on a essayé de visiter toutes les principales biocénoses benthiques s'étalant entre 0 et 40 mètres de profondeur et présentes à Porquerolles. Visant à la sensibilité spécifique des échinodermes pour des aspects tels que la rugosité, l'exposition ou la composition, on a distingué à grands traits les unités biocénologiques suivantes :

- 1- La roche infralittorale à algues photophiles (entre 0 et 15 mètres de profondeur).
- 2- Les fonds à éboulis (grands et moyens, mais non renversables) infralittoraux couverts d'algues photophiles (entre 0 et 15 mètres de profondeur).
- 3- Les petits fonds à dalles de schistes (renversables), entre 0 et 15 mètres de profondeur.
- 4- L'herbier de posidonie sur fond rocheux ou parsemé de rochers, peu profond (entre 0 et 20 mètres de profondeur).
- 5- L'herbier de posidonie sur fond de sable et en général profond (au-delà de 20 mètres).
- 6- Les fonds sciaphiles de transition vers le circalittoral (équivalent à la notion de précoraligène) entre 15 et 25 mètres, soit sur des marches d'herbier soit sur les carènes

rocheuses des sommets des secs profonds. Les espèces les plus caractéristiques de cette unité seraient les algues *Halimeda tuna*, *Fabellia petiolata* ou *Mesophyllum expansum*.

7- Les fonds coralligènes des tombants verticaux des secs profonds (entre 20 et 40 mètres de profondeur). Les espèces les plus caractéristiques de cette unité seraient les algues calcaires *Lithophyllum cabiochae* et *Lithophyllum frondosum*, les grands gorgonaires *Paramuricea clavata* et *Eunicella cavolinii* à côté des mosaïques d'éponges, bryozoaires et tuniciers (Harmelin, 1994).

8- Les fonds plats circalittoraux à algues du genre *Cystoseira* (au-delà de 20 mètres de profondeur).

Quant aux recensements quantitatifs des espèces les plus abondantes, comme la distribution des échinodermes est très sensible à la profondeur (au moins dans les petits fonds), deux profondeurs précises ont été sélectionnées : 6 mètres pour les trois premières unités biocénotiques (petits fonds à roches, éboulis et dalles) et 10 mètres pour l'herbier de posidonie.

3.3- Méthode

À chaque site et biocénose (si elle est présente), un couloir de 50 x 2 mètres a été déployé à l'aide d'un décamètre (50 mètres de longueur) et d'un bâton en PVC de 1 m de longueur (1 mètre à droite et 1 mètre à gauche de la bande plastique). Ensuite, chaque couloir a été divisé en 10 unités de 10 m² de surface (10 x 1) qui ont été choisies comme unité de base de recensement. Tous les échinodermes trouvés dans les couloirs ont été recensés. Quand il s'agit des oursins *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*, le diamètre du test sans piquants est aussi mesuré sur les cent premiers individus trouvés, de façon à obtenir une estimation de la structure des tailles de la population.

Dans les fonds situés au-delà de 25 mètres de profondeur, compte tenu de la faible densité d'échinodermes et afin d'épargner un temps précieux de plongée, on a évité le déploiement du décamètre, et on a préféré des prospections au hasard (*random walks*) où l'effort de recensement était mesuré à la montre : des unités de recensement de 5 minutes ont été retenues qui, étant donné la faible vitesse de nage de l'observateur, équivalent grossièrement à la prospection d'une surface de 20 m² (c'est-à-dire à deux unités de base de recensement).

Au total, quarante recensements ont été réalisés (tableau 1) et plus de mille oursins ont été mesurés.

Pour la comparaison entre la faune et les densités de Porquerolles et de Port-Cros on a choisi une analyse en composantes principales (ACP) avec les communautés étudiées à Porquerolles et les communautés semblables de Port-Cros. La conception de ces deux études étant différente

(seuls les habitats photophiles ont été étudiés à Port-Cros), il a fallu réduire leur étendue aux communautés avec des échantillons semblables dans les deux îles, Port-Cros et Porquerolles, c'est-à-dire les communautés de roche photophile, d'éboulis photophiles, de « dalles » et de posidonie sur sable. De la longue série de Port-Cros (ininterrompue de 1983 à 2003), on a choisi les données de 2003, les plus proches dans le temps.

Comunité	Site	Prof	Trans
Roche horizontale	La Mourne	6	16
	Cap Rousset	4	24
	Jaune Garde	6	40
	Sarranier	6	7
	Calanque Bregançonnet	5	34
	Calanque Bregançonnet	6	35
Éboulis	Salins	4	18
	Cala Longue	6	23
Grands Éboulis	Mèdes	6	1
Dalles	Bon Dieu	5	36
	Plage Galéasson	6	37
	Gros Baou	5	38
Posidonie sur roche	Mèdes	10	2
	La Mourne	10	17
	Cap Rousset	6	25
Posidonie sûr sable	Salins	10	19
	Bregançonnet	34	28
Précoraligène	Jaune Garde	15	39
	Mèdes Gendarme	17	3
	Mèdes Gendarme	18	4
	Sec des Murènes	22	11
	Sec des Murènes	20	12
	Sec des Murènes	17	13
	Sec des Murènes	18	14
<i>Cystoseiretum</i>	Sarranier	20	5
	Sarranier	18	6
Coralligène	Sec des Murènes	28	8
	Sec des Murènes	26	9
	Sec des Murènes	24	10
	Sec des Murènes	33	15
	Hostau de Dieu	35	20-22
	Bregançonnet	30	26
	Bregançonnet	27	27
	Bregançonnet	28	29-30
	Bregançonnet	26	31
	Bregançonnet	35	32
	Bregançonnet	33	33

Tableau 1- Liste des sites étudiés regroupés selon le type de fond, avec le numéro du transect et la profondeur.

4- RÉSULTATS

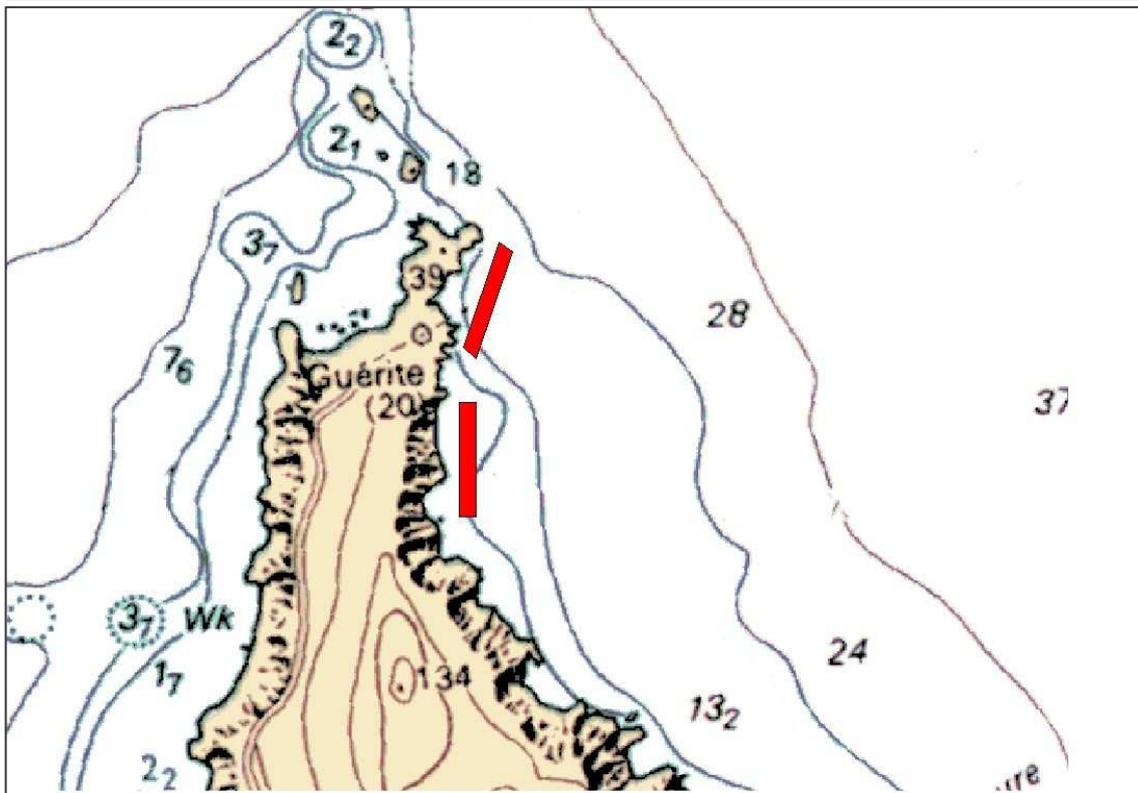
4.1- Descriptif des sites visités

Les données acquises au cours de la mission de terrain ont été synthétisées sous forme de fiches (en suivant le schéma de Boury-Esnault *et al.*, 2001) pour chacun des dix-neuf sites étudiés, qui sont présentés ci-dessous.

1- Les Mèdes, côte Est

Date visite : 16-09-2005

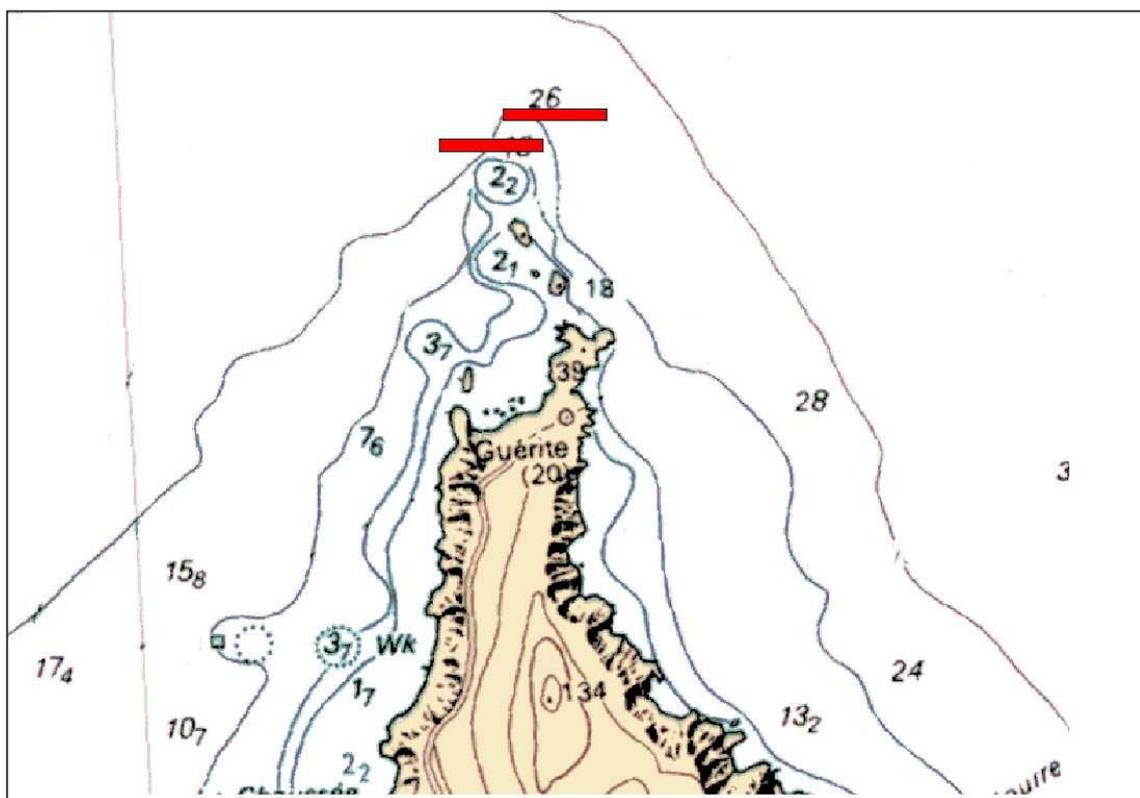
Localisation: 43°01.517N 06°14.575E 43°01.363N 06°14.553E Petite anse coté Est après tomber le cap	Sites visités Profondeur mini : 4 m Profondeur maxi : 12 m.
Topographie générale : Baie protégée du mistral avec relief rocheux tombant sur fonds sableux et herbier de posidonie	Relief, rugosité : hétérogène avec grands (méga) blocs avec surplombs et grandes anfractuosités; en dessous fond plat avec des éboulis épars
Biocénoses visitées : Roche verticale et méga-blocs photophiles avec surplombs (4-6 m) Herbier de posidonie sur fond de sable et dalles (9-12 m)	



2- Les Mèdes, Sec du Gendarme

Date visite : 17-09-2005

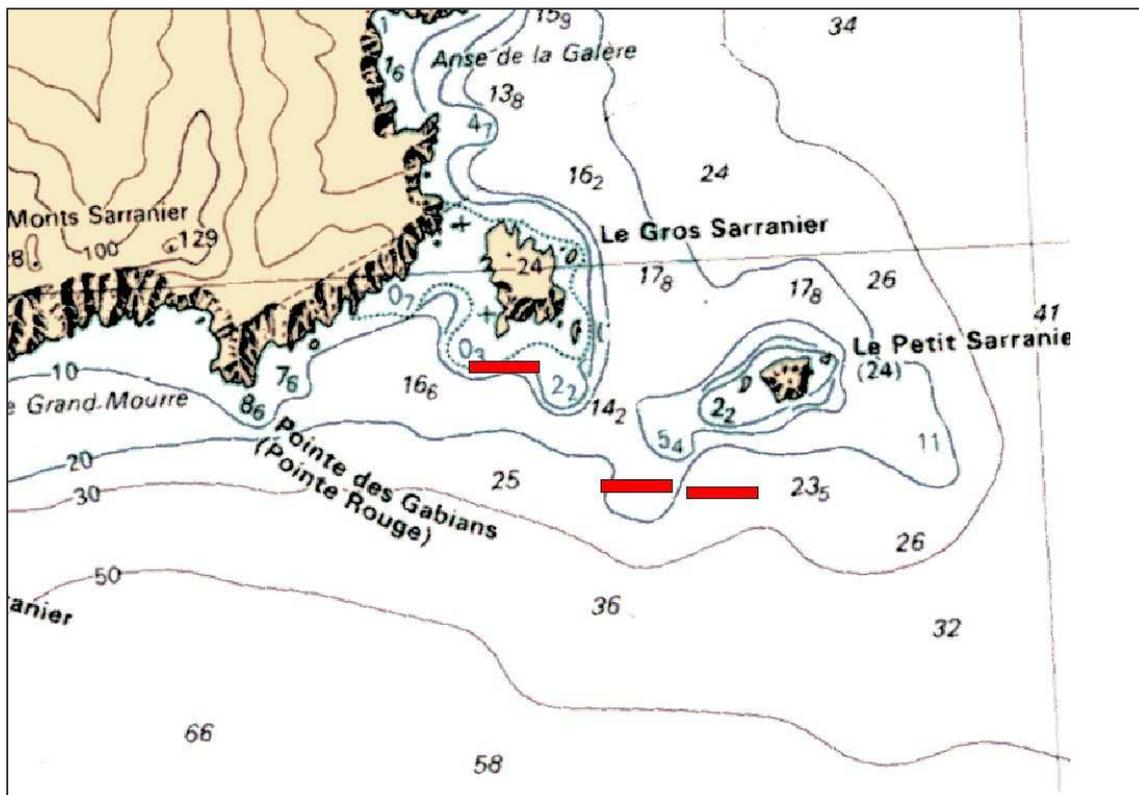
Localisation : 43°01.751N 06°14.479E 43°01.765N 06°14.141E Extrême NE des Mèdes.	Sites visités Profondeur mini : 17 m. Profondeur maxi : 30 m.
Topographie générale : Secs continuant vers le NE sur un fond plat détritique la carène des Mèdes	Relief, rugosité : Rochers pointus, avec anfractuosités et parois verticales et surplombantes
Biocénoses visitées : Communauté sciaphile de transition vers le coralligène sur la carène (17-19 m) Coralligène de parois à grandes gorgones rouges et mosaïques à éponges (22-27 m)	



3- Le Grand Sarranier

Date visite: 17-09-2005

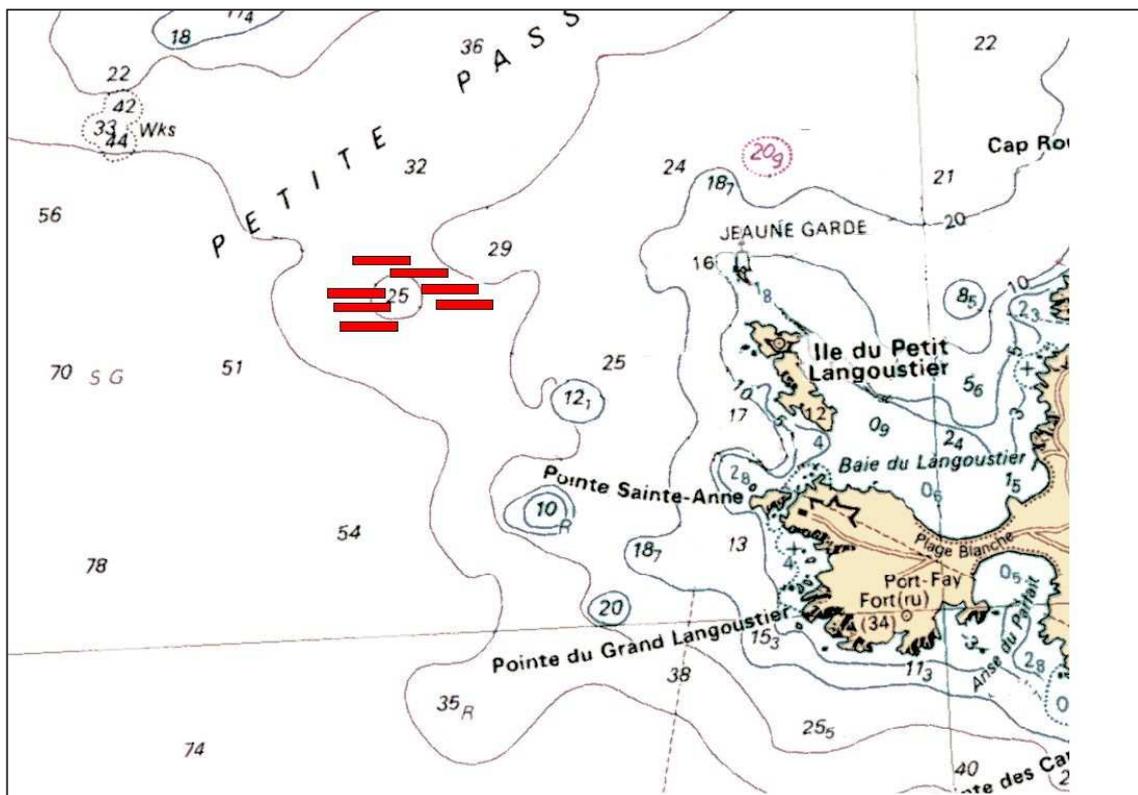
Localisation: 42°59.829N 06°15.131E 42°59.676N 06°15.327E Au SE de l'îlot du Grand Sarranier.	Sites visités Profondeur mini: 4 m. Profondeur maxi: 25 m.
Topographie générale: Fonds aplatis ouverts au Sud ; blocs rocheux en petite profondeur, herbier et marche rocheuse peu relevée à la limite de l'herbier	Relief, rugosité: Haut: blocs rocheux sub-verticaux Bas: Fond plat sans relief traversé par d'étroites veines rocheuses surmontant de quelques cm le sable ;
Biocénoses visitées: Communauté du rocher photophile avec Posidonie (4 – 6 m) Communauté à <i>Cystoseira sauvagiana</i> envahie par <i>Caulerpa racemosa</i> (18 -25 m)	



4- Sec des Murènes

Date visite: 18-09-2005

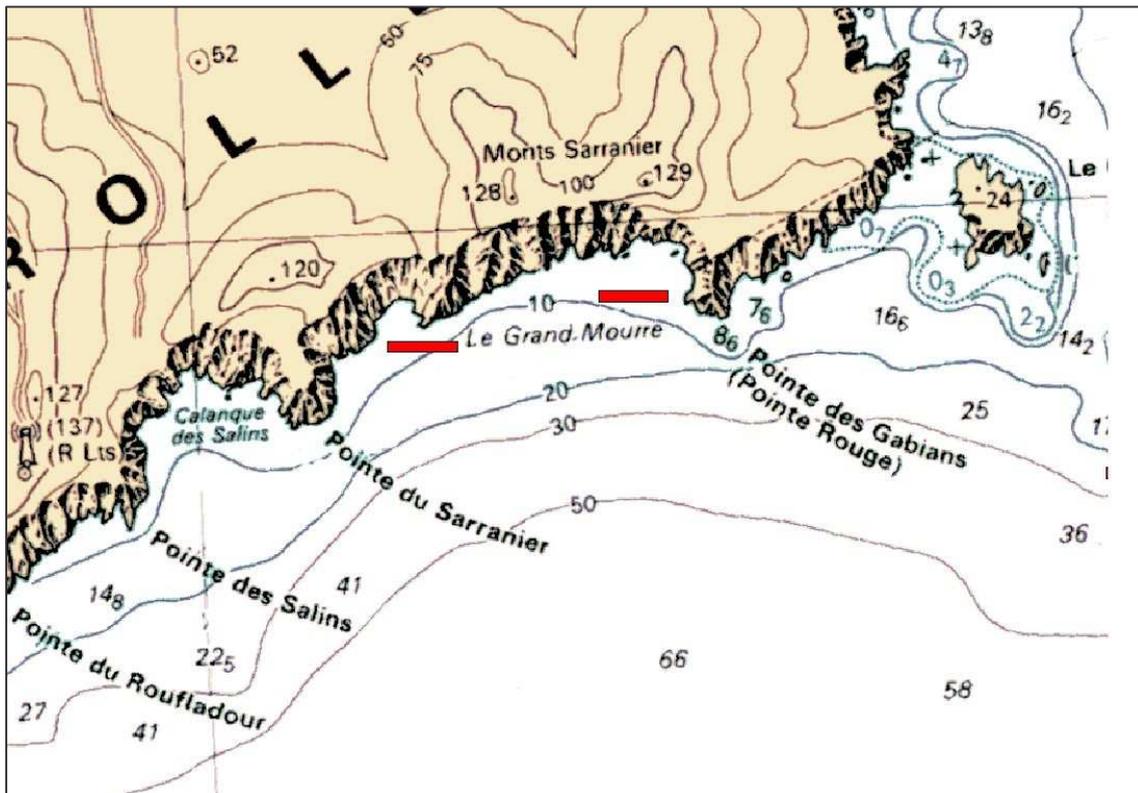
<p>Localisation: 43°00.437N 06°08.992E 43°00.373N 06°08.881E</p> <p>Dans l'ouest du Petit Langoustier, près du Sec du Langoustier</p>	<p>Sites visités</p> <p>Profondeur mini: 17 m.</p> <p>Profondeur maxi: 33 m.</p>
<p>Topographie générale:</p> <p>Banc rocheux orienté NW-SE, formé de plusieurs massifs avec des arêtes remontant haut, sur un fond plat détritique.</p>	<p>Relief, rugosité:</p> <p>Roche à faible anfractuosité avec quelques failles. Parois verticales sans surplombs.</p>
<p>Biocénoses visitées:</p> <p>Communauté sciaphile de transition vers le coralligène en haut de l'arête (17-20 m)</p> <p>Coralligène à gorgones rouges et jaunes et mosaïques à éponges (20-35 m)</p>	



5- La Mourne

Date visite: 18-09-2005

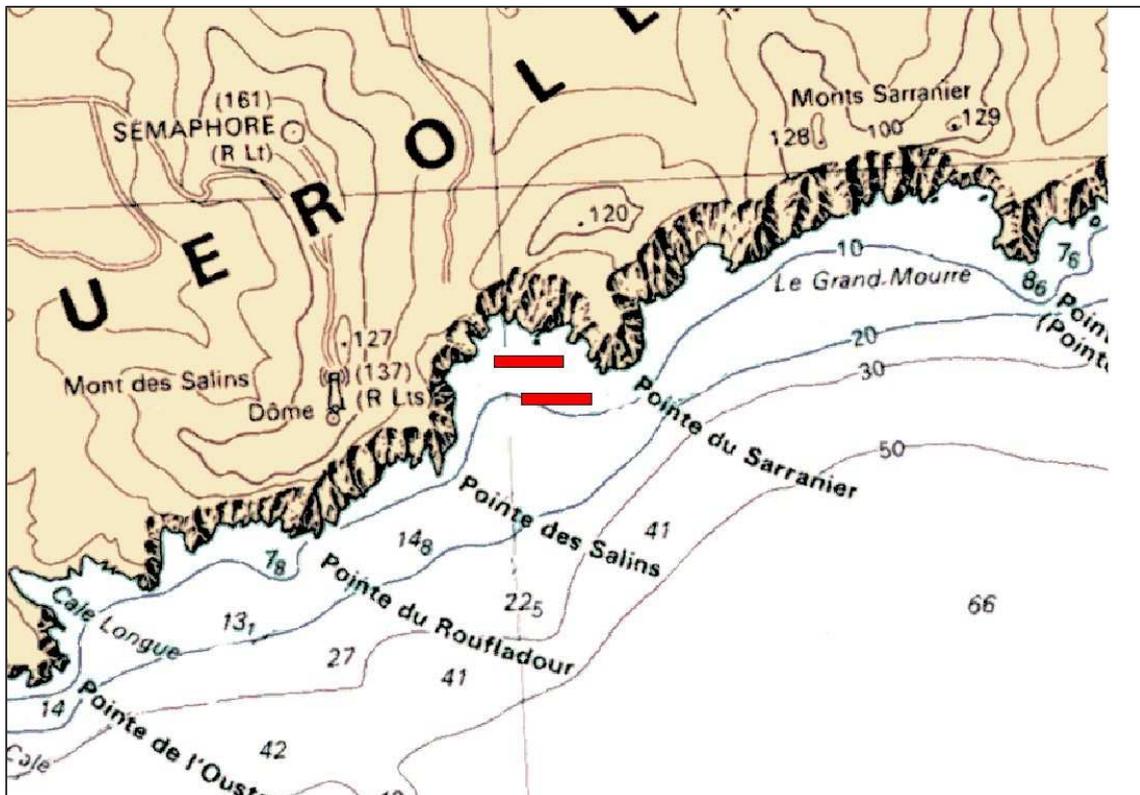
<p>Localisation: 42°59.840N 06°14.596E 42°59.795N 06°14.276E</p> <p>Dans l'ouest du Gros Sarranier, entre la pointe des Gabians et la Pointe des Salins</p>	<p>Sites visités</p> <p>Profondeur mini: 5 m.</p> <p>Profondeur maxi: 10 m.</p>
<p>Topographie générale:</p> <p>Côte rocheuse en pente raide et gros éboulis tombant vite sur fonds plats de sable et herbier.</p>	<p>Relief, rugosité:</p> <p>Roche à faible anfractuosité.</p> <p>Herbier sur roche et sable.</p>
<p>Biocénoses visitées:</p> <p>Communauté des algues photophiles sur rocher battu sub-vertical (4-6 m)</p> <p>Herbier de posidonie sur roche et sable (9 - 11 m)</p>	



6- Pointe des Salins

Date visite: 19-09-2005

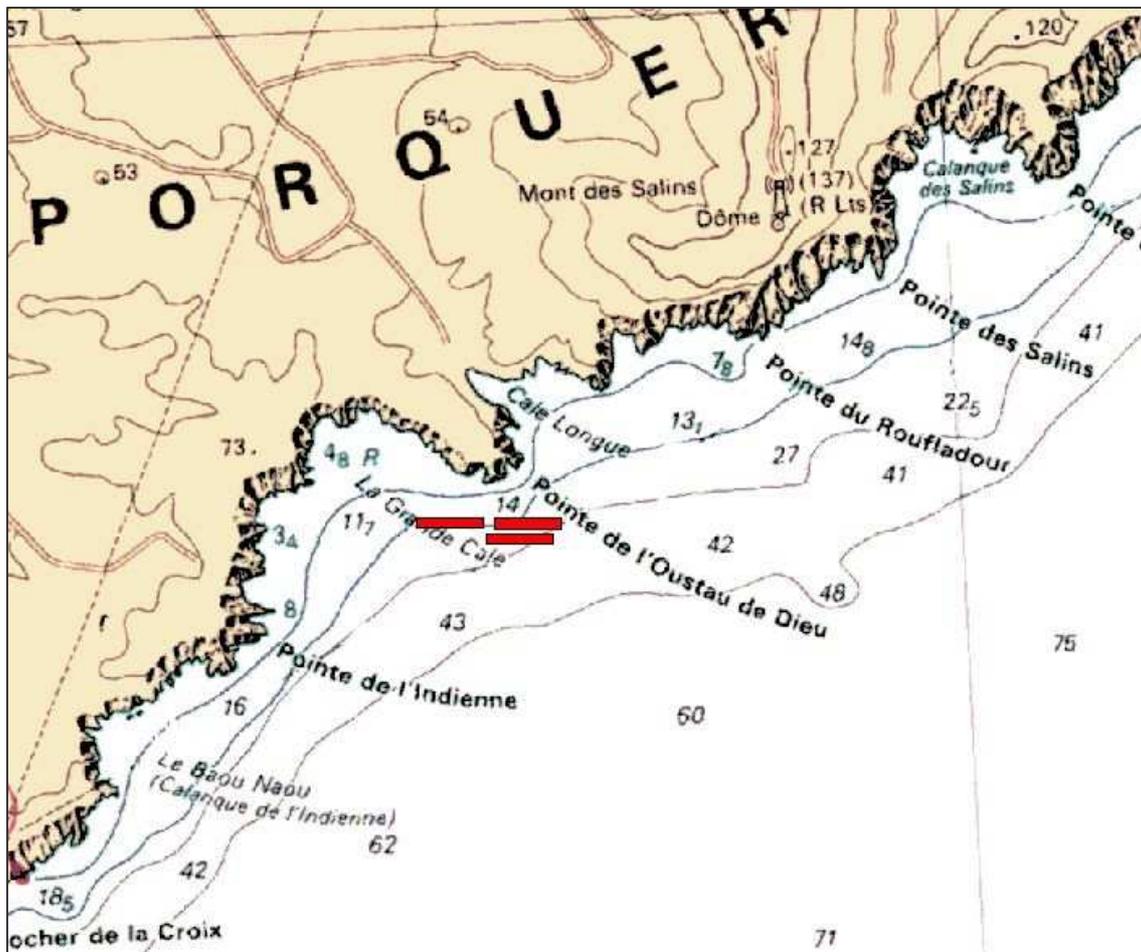
Localisation: 42°59.734N 06°13.948E 42°59.693N 06°13.960E Dans l'ouest de la pointe des Salins	Sites visités Profondeur mini: 4 m. Profondeur maxi: 11 m.
Topographie générale: Plage rocheuse à éboulis et herbier.	Relief, rugosité: Éboulis grands à moyens mais non renversables ; Herbier sur sable.
Biocénoses visitées: Communauté des algues photophiles sur éboulis mode battu (4-6 m) Herbier de posidonie sur sable (9 - 11 m)	



7- Pointe de l'Oustau de Dieu

Date visite: 19-09-2005

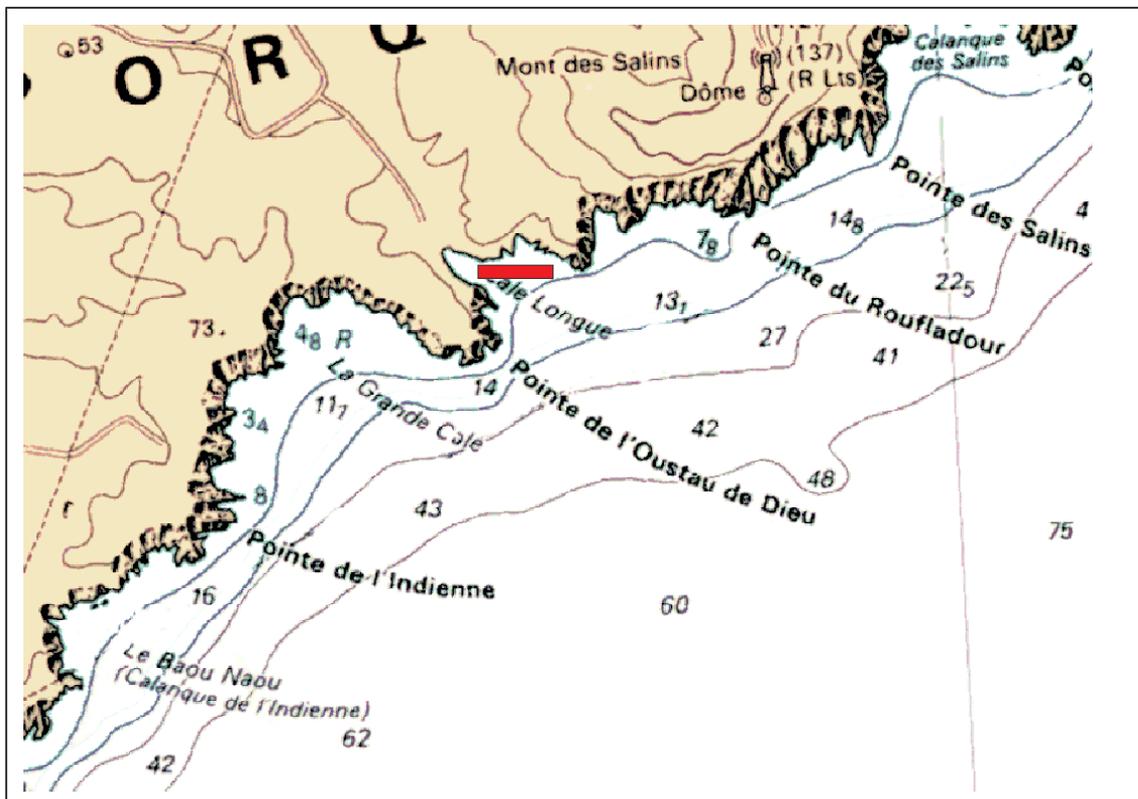
Localisation: 42°59.353N 06°13.217E 42°59.357N 06°13.262E Au sud de la Pointe de l'Oustau de Dieu	Sites visités Profondeur mini: 30 m. Profondeur maxi: 36 m.
Topographie générale: Tombant rocheux au-delà de l'herbier sur un fond de sable.	Relief, rugosité: Pentes verticales à faible rugosité et avec quelques failles
Biocénoses visitées: Communauté coralligène (30 – 36 m)	



8- Cale Longue

Date visite: 19-09-2005

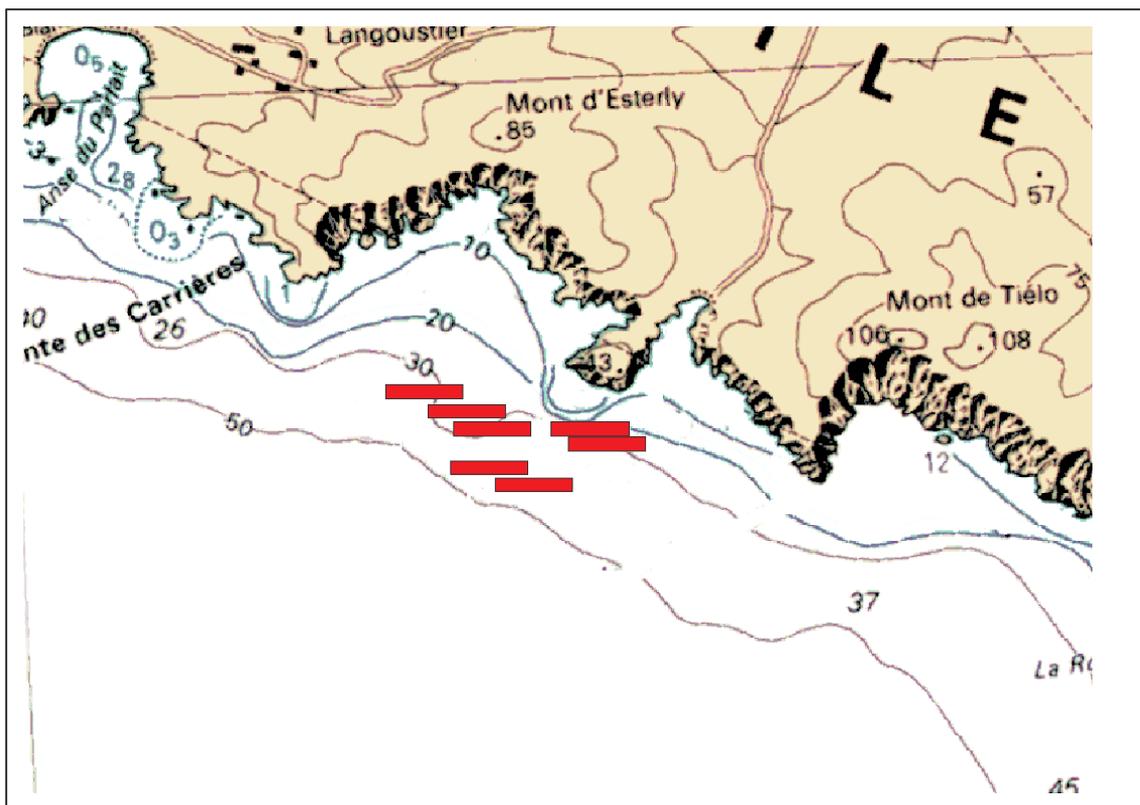
Localisation: 42°59.497N 06°13.217E 42°59.495N 06°13.313E Au NE de la Pointe de l'Oustau de Dieu	Sites visités Profondeur mini: 4 m. Profondeur maxi: 6 m.
Topographie générale: Baie protégée avec rocher, éboulis et herbier.	Relief, rugosité: Fond d'éboulis de taille moyenne non renversables sur sable et herbier.
Biocénoses visitées: Communauté d'algues photophiles sur éboulis mode calme (4-6 m)	



10- Pointe du Brégançonnet

Date visite: 20-09-2005

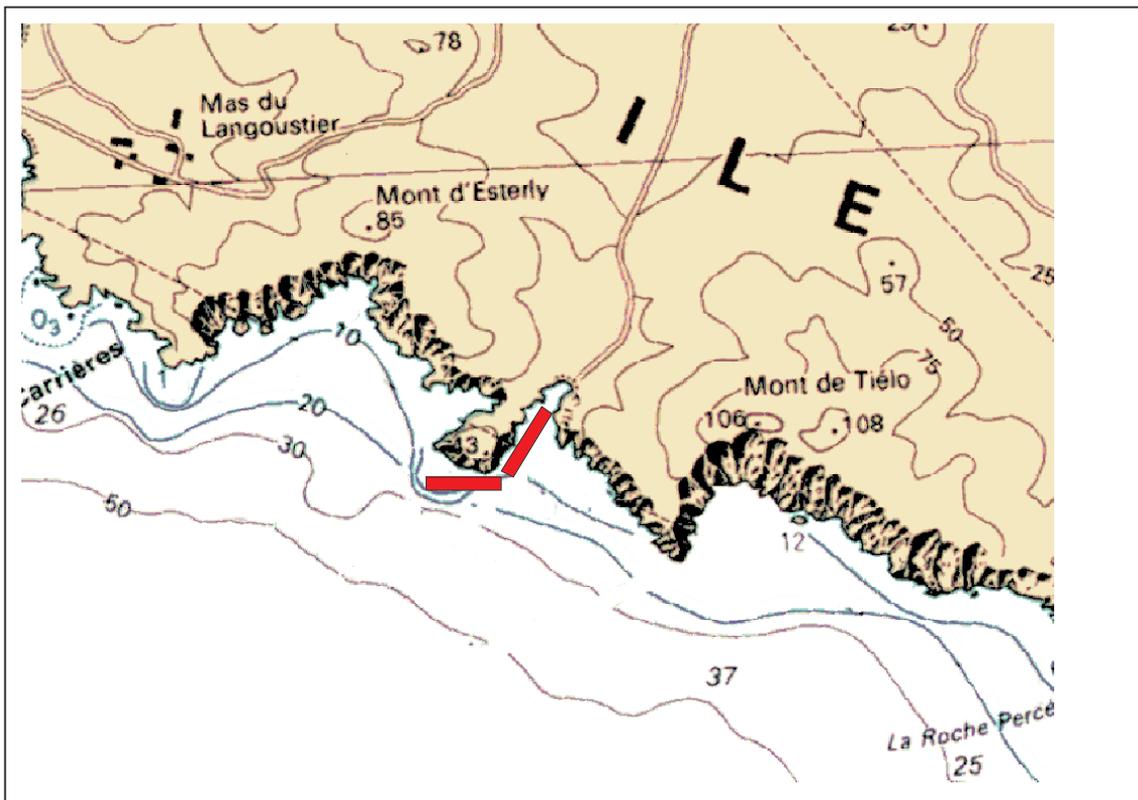
Localisation: 42°59.621N 06°10.491E 42°59.607N 06°10.560E Sur une marche rocheuse, juste en face (Sud) du cap du même nom	Sites visités Profondeur mini: 26 m. Profondeur maxi: 35 m.
Topographie générale: Marche de roche quasi verticale, de 2-5 m de hauteur, au-delà de l'herbier et tombant sur fond plat détritique et herbier profond.	Relief, rugosité: Rocher coralligène, percé d'orifices et petit surplomb sur le sable.
Biocénoses visitées: Communauté d'algues sciaphiles de transition au coralligène, avec <i>Halimeda tuna</i> , <i>Flabellia petiolata</i> et <i>Mesophyllum frondosum</i> (26-28 m). Communauté coralligène à gorgones rouges et jaunes et mosaïque d'éponges (30-34 m). Herbier de <i>Posidonia oceanica</i> profond (35 m)	



11- Calanque du Brégançonnet

Date visite: 20-09-2005

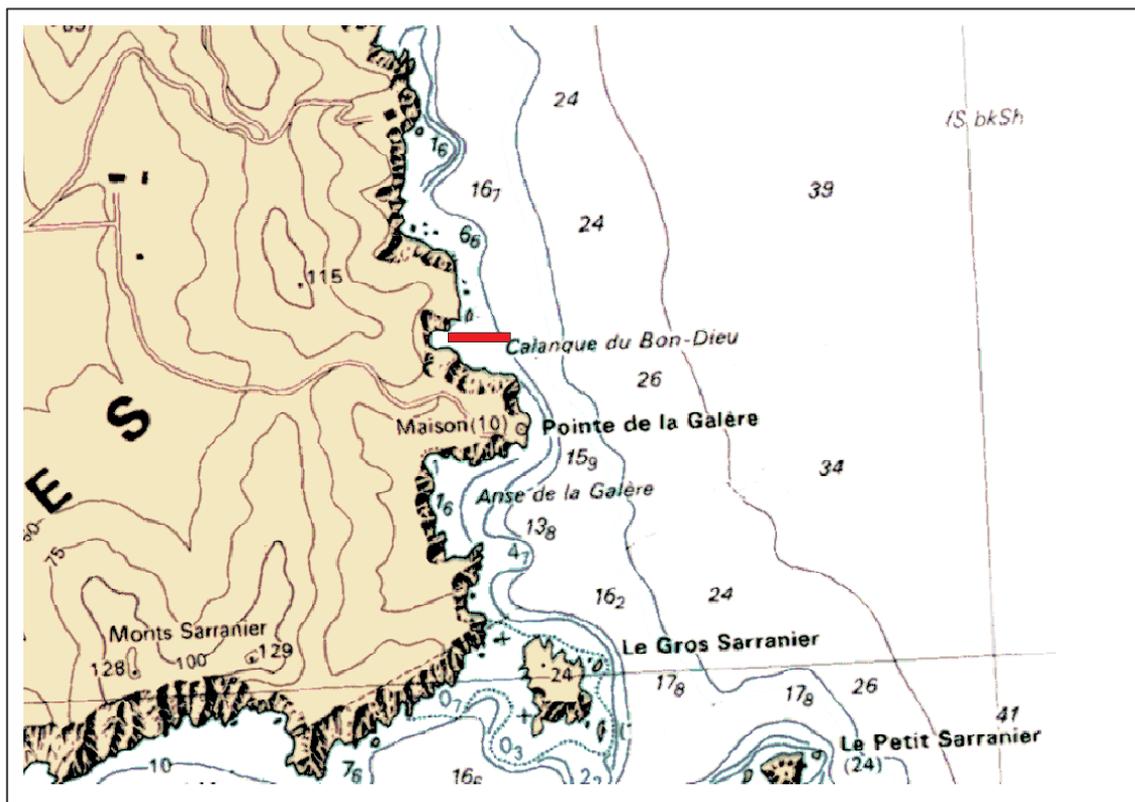
Localisation: 42°59.593N 06°10.738E 42°59.644N 06°10.843E Longue cale, orientée NW-SE a l'Est de la pointe du même nom.	Sites visités Profondeur mini: 4 m. Profondeur maxi: 7 m.
Topographie générale: Crête de roche et gros éboulis au long de l'axe de la cale, assez protégés .	Relief, rugosité: Rocher sub-vertical à faible rugosité et petits ressauts surplombés.
Biocénoses visitées: Communauté d'algues photophiles sur rocher, en mode battu (4-6 m) Communauté d'algues photophiles sur rocher, en mode calme (5-7 m)	



12- Calanque du Bon Dieu

Date visite: 20-09-2005

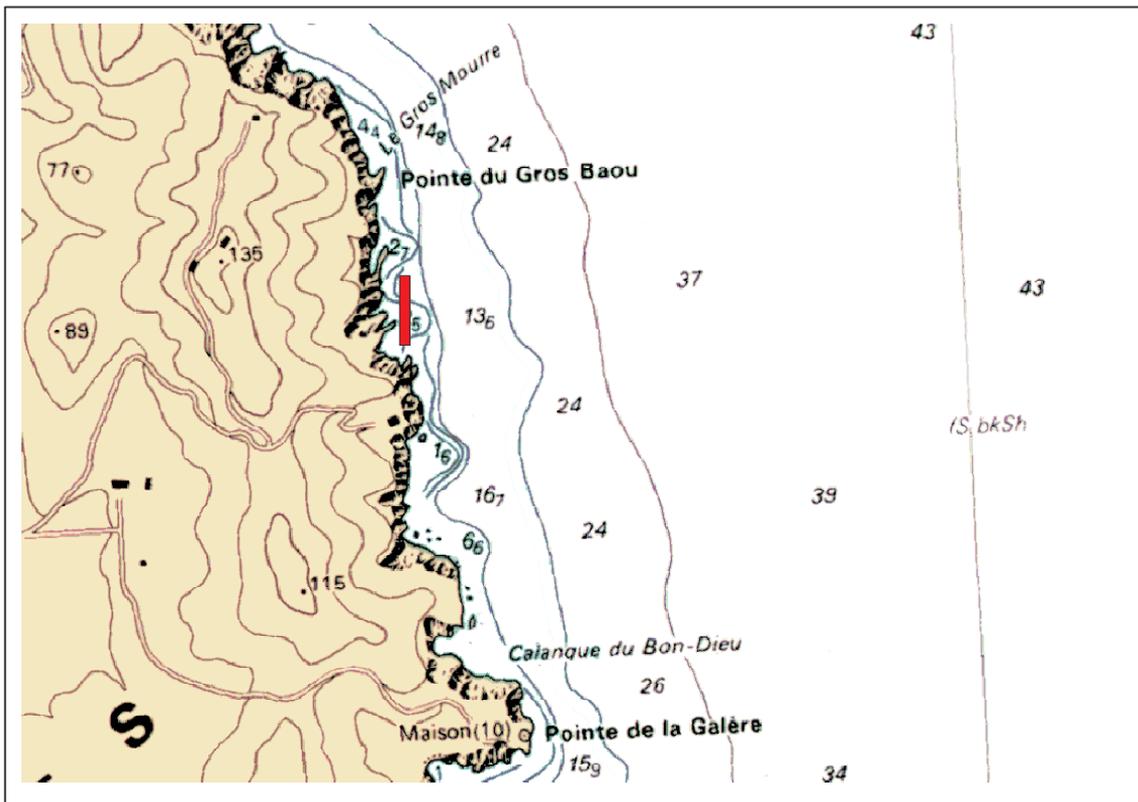
Localisation: 43°00.370N 06°15.061E 43°00.376N 06°15.195E Face E de l'île, au nord de La Pointe de la Galère ; tout au long de la calanque direction W-E.	Sites visités Profondeur mini: 5 m. Profondeur maxi: 7 m.
Topographie générale: Plage protégée avec éboulis, dalles et herbier.	Relief, rugosité: Plage plate, avec dalles et petits éboulis renversables.
Biocénoses visitées: Communauté d'algues photophiles sur dalles d'ardoise et petits éboulis en mode calme (4-6 m)	



13- Le Gros Baou

Date visite: 20-09-2005

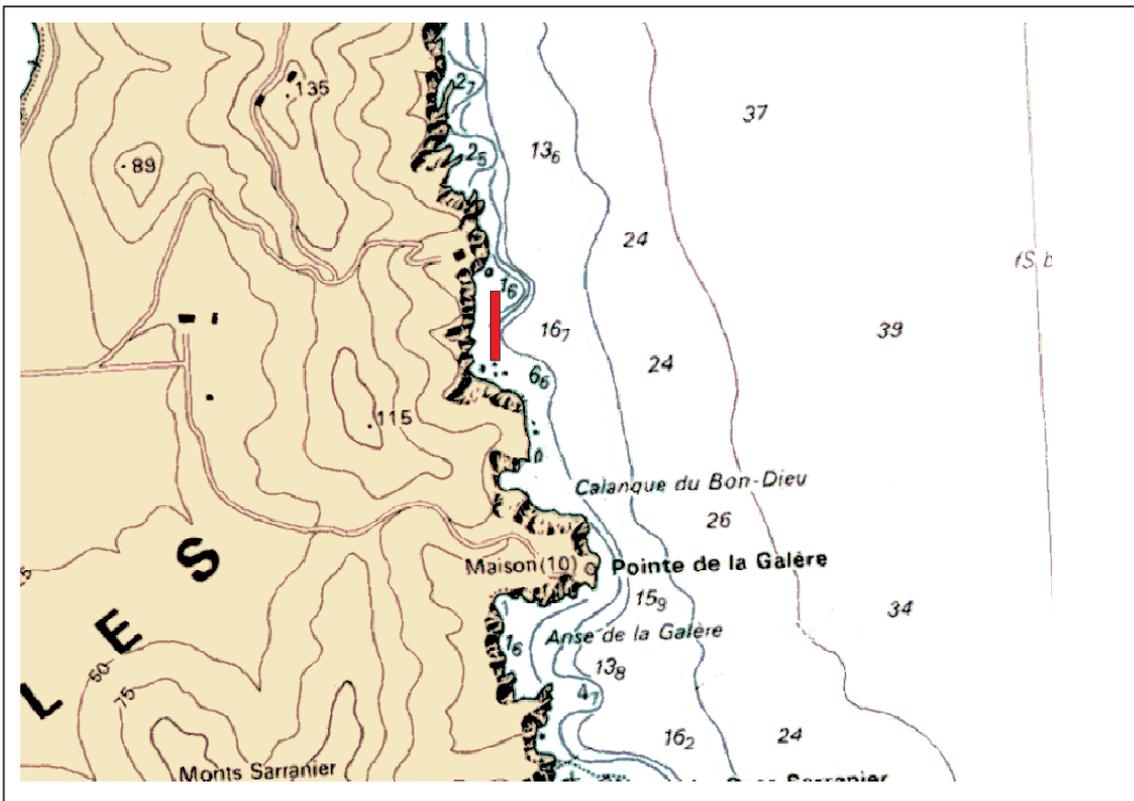
Localisation: 43°00.878N 06°14.951E 43°00.626N 06°14.992E Face E de l'île.	Sites visités Profondeur mini: 5 m. Profondeur maxi: 7 m.
Topographie générale: Plage ouverte avec éboulis, et herbier.	Relief, rugosité: Plage de sable avec petits éboulis (renversables) et éboulis gros (non renversables).
Biocénoses visitées: Communauté d'algues photophiles sur éboulis et posidonie (4-6 m)	



14- Plage du Galéasson

Date visite: 20-09-06

Localisation: 43°00.533N 06°15.006E 43°00.626N 06°14.992E Face E de l'île.	Sites visités Profondeur mini: 5 m. Profondeur maxi: 7 m.
Topographie générale: Plage ouverte avec éboulis, et herbier.	Relief, rugosité: Plage de sable avec gros éboulis (non renversables) et herbier.
Biocénoses visitées: Communauté d'algues photophiles sur éboulis et posidonie (4-6 m)	



15- La Jeune Garde

Date visite: 20-09-05

Localisation: 43°00.419N 06°09.572E
43°00.386N 06°09.547E

Sous le phare, coté W.

Sites visités

Profondeur mini: 5 m.

Profondeur maxi: 16 m.

Topographie générale:

Ecaille rocheuse et veines de rocher et vallons de sable entre plateformes d'herbier

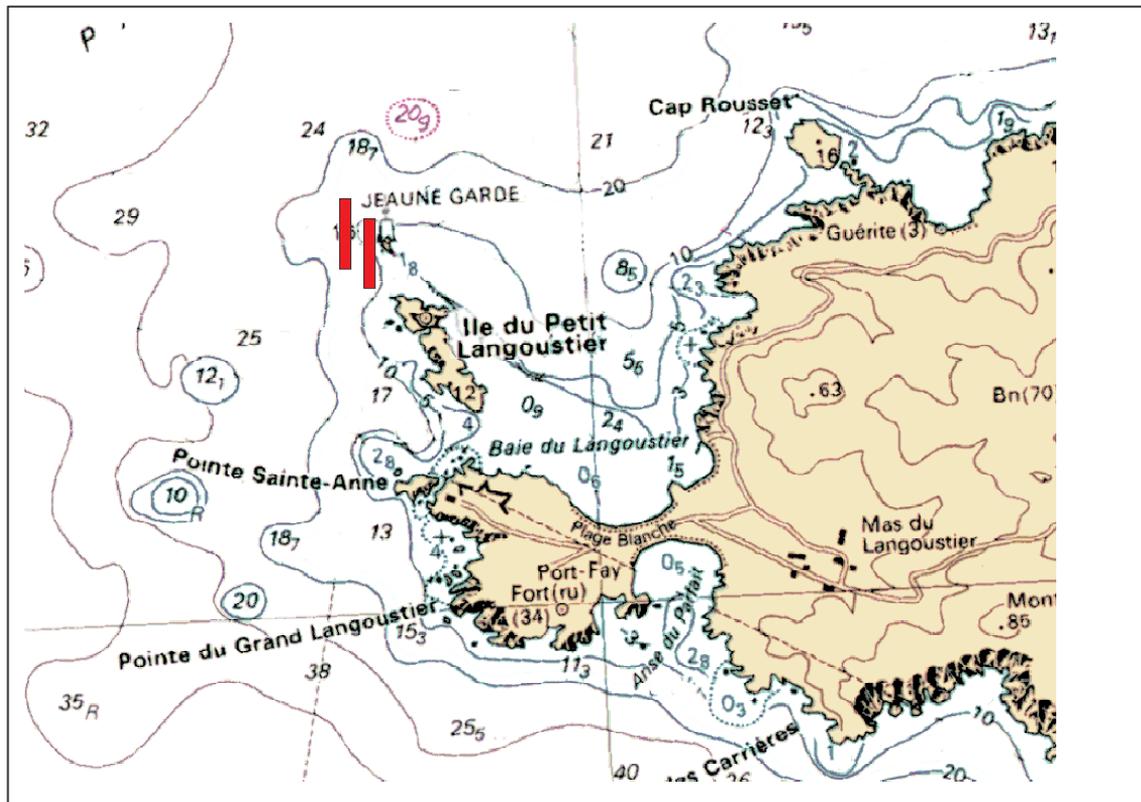
Relief, rugosité:

Roche à faible rugosité

Marche de roche de 2 m d'hauteur, avec petit surplomb.

Biocénoses visitées:

Communauté d'algues photophiles sur éboulis et posidonie (4-6 m)



4.2- Liste d'espèces répertoriées par habitats

	Roche		Éboulis		Grand éboulis		Ardoises		Posi roche		Posi sable		Précoralligène		Cystoseiretum		Coralligène	
	Dens (Ind/10m ²)	Sd																
<i>P. lividus</i>	15,82	3,49	9,27	1,51	0,80	0,00	14,13	8,12	2,93	2,02	0		5,41	4,44	4,60	3,39	1,36	2,50
<i>A. lixula</i>	7,72	2,97	2,25	1,77	2,50	0,00	1,83	1,61	0,40	0,35	0		6,96	7,73	0,20	0,28	2,00	2,91
<i>S. granularis</i>	0,07	0,12	0,35	0,49	0		0,17	0,29	0,33	0,25	0,50	0,71	0,64	0,48	0,30	0,42	0,36	0,84
<i>C. longispinus</i>	0		0		0		0		0				0,03	0,08	0		0,50	1,16
<i>E. sepositus</i>	0,99	1,56	0,05	0,07	0		0		1,20	1,74	0,50	0,71	1,46	2,11	0		3,29	4,84
<i>M. glacialis</i>	0		0		0		0		0		0		0,29	0,49	0		0	
<i>C. tenuispina</i>	0		0		0		0,08	0,14	0		0		0		0		0	
<i>A. gibbosa</i>	0		0		0		0		0		0		0		0		0	
<i>H. attenuata</i>	0		0		0		0		0		0		0,14	0,38	0		1,00	2,00
<i>H. tubulosa</i>	0,23	0,32	0,18	0,02	0,20	0,00	1,18	0,88	0,27	0,31	1,50	0,71	0,61	1,08	5,60	6,51	2,00	1,92
<i>H. polii</i>	0,26	0,24	0,30	0,28	0		0,28	0,30	0,27	0,21	0		0,05	0,08	3,10	2,97	0	
<i>H. forskali</i>	0,03	0,08	0		0		0		0		0		0		0		0,07	0,27
<i>H. sanctori</i>	0,05	0,08	0		0		0		0,03	0,06	0		0		0		0	
<i>O. longicauda</i>	0,62	0,48	0,37	0,05	0,10	0,00	4,90	6,27	0,53	0,84	0		0		0,40	0,57	0	
<i>O. fragilis</i>	0,29	0,26	0,18	0,02	0		1,77	1,37	0,27	0,46	0		0		0		0	
<i>O. nigra</i>	0,14	0,22	0,30	0,42	0		1,80	1,71	1,63	2,83	0		0		0,20	0,28	0	
<i>A. mediterranea</i>	0,05	0,08	0,05	0,07	0		0		0		0		0		0		0	
<i>H'</i> (Shannon I)	1,57		1,56		1,22		2,08		2,62		1,37		1,95		1,96		2,56	
n° espèces	12		10		4		9		10		3		9		7		8	
N° transects	6		2		1		3		3		2		7		2		14	
N° unités de 10 m2	44		16		10		19		30		6		27		10		14	
Prof. moyenne (m)	5,50		5,00		10,00		5,33		8,67		22,00		18,43		19,00		30,29	

Tableau 2- Liste des espèces répertoriées, densités moyennes (individus par 10 mètres carrés) et déviations standard par types de fond (haut), diversité écologique (Index de Shannon, richesse spécifique (milieu) et effort d'échantillonnage et profondeur (bas).

4.3- Densités des espèces les plus communes

Paracentrotus lividus est l'espèce la plus commune sur tous les habitats recensés. Pourtant, d'énormes différences de densité existent entre les communautés les plus superficielles, voire les plages à ardoises renversables, les fonds à roches photophiles, les fonds de blocs photophiles et les herbiers à posidonie superficiels (où elle est très abondante) et les communautés les plus profondes que l'on a échantillonnées, comme les fonds de précoraligène, le coralligène et les communautés à *Cystoseira* de profondeur, où les densités diminuent nettement.

Les densités de l'oursin noir *Arbacia lixula* sont aussi relativement élevées. En plus, un modèle d'alternance entre cette espèce et la précédente semble évident, de telle sorte que si *Paracentrotus lividus* est plus commun dans les fonds superficiels, *A. lixula* semble devenir plus abondante sur les communautés sciaphiles, comme le précoraligène et le coralligène. Dans les fonds de grands éboulis (ou méga-blocs), *A. lixula* est l'espèce la plus abondante. Il s'agit même en général d'une communauté photophile qui héberge aussi des micro-habitats sciaphiles, comme les surplombs et les grands espaces ombragés entre les éboulis qui constituent un habitat de choix pour *A. lixula*.

Dans le groupe des échinidés, on remarque tout spécialement la présence du *Centrostephanus longispinus*, l'oursin à longs piquants, qui est (relativement) abondant dans les stations de profondeur. Bien que cette espèce soit, en général, très peu fréquente (même à Port-Cros) et rarement observable dans la majorité des fonds, on l'a trouvée sur au moins trois des sites visités (Mèdes, Sec des Murènes, Oustau de Dieu). En plus, les densités à certains de ces endroits semblent très notables, comme les sept individus trouvés dans une petite corniche coralligène de moins de 150 m de longueur à l'Oustau de Dieu (profondeur : 30-36 mètres). Si l'on accepte la proposition (suggérée plutôt que prouvée) que cette espèce est très sensible aux perturbations du milieu, on peut conclure que les fonds de coralligène de Porquerolles, même s'ils sont peu abondants, seraient dans un très bon état de conservation.

On a aussi trouvé dans cette station des communautés de *Paramuricea clavata* et de *Cystoseira zosteroides* très bien développées. L'absence des plongeurs dans cette zone peut être une explication plausible pour le bon état de conservation de cette communauté. Néanmoins, on a aussi trouvé un filet de pêche empêtré dans cette zone. L'impact sur le fond des filets empêtrés et abandonnés par les pêcheurs peut être très négatif. D'une part, les filets abandonnés sur le fond peuvent constituer un obstacle pendant très longtemps, puisqu'ils sont normalement accrochés sur la base mais qu'ils restent en position verticale par rapport à la ligne de flotteurs qui n'est pas accrochée (il s'agit du « ghost fishing » selon la terminologie anglo-saxonne, Kaiser *et al.*, 1996). D'autre part, l'effet érosif sur le fond peut être très important puisqu'il peut aller jusqu'à arracher les organismes sessiles de cette communauté, qui sont normalement des

espèces constructrices de l'habitat et de très lente croissance (par ex. *Paramuricea clavata*, *Cystoseira* spp.).

Echinaster sepositus est l'espèce d'astéroïde la plus abondante, avec des densités relativement élevées dans les fonds sciaphiles, mais aussi présente, avec de plus faibles densités, dans les petits fonds.

Marthasterias glacialis et *Coccinasterias tenuispina* ont été recensées, à l'occasion, sur des fonds de coralligène et de dalles respectivement. On a aussi trouvé occasionnellement *Hacelia attenuata* dans les fonds de précoraligène, là aussi avec une très faible densité. La faible fréquence d'apparition de ces espèces dans nos recensements n'a rien d'étrange car il s'agit d'espèces à distribution très basse même dans des conditions idéales.

On n'a pas trouvé de petit astéroïde *Asterina gibbosa* qui, par contre, a été trouvé sur Port-Cros. À nouveau, il n'y a rien d'étrange dans ce résultat, qui n'est probablement qu'un reflet de l'insuffisance de notre effort d'échantillonnage.

Le groupe d'holothuries est dominé par *Holoturia tubulosa* et *Holoturia polii*, qui paraissent alterner en abondance selon les types de fonds: *H.tubulosa* est l'espèce la plus fréquente, spécialement dans les fonds sédimentaires d'une certaine profondeur, où elle est relativement abondante ; *H.polii*, par contre, est plus abondante dans les petits fonds rocheux, plutôt abrités et à faible hétérogénéité spatiale, où elle peut atteindre des densités pareilles à *H.tubulosa*, et parfois même supérieures.

Il faut souligner les très hautes densités auxquelles a été trouvée *H.tubulosa* sur la communauté de *Cystoseira* de profondeur (dans notre cas, *C. sauvageana*) quand elle a été envahie par l'algue envahissante *Caulerpa racemosa*. On peut se demander à quel point les deux observations ont une relation de cause à effet : la réticule formée par les rhizomes et les frondes de cette algue envahissante attrapent le sédiment, ce qui pourrait favoriser l'abondance d'animaux détritivores ou sédimentivores, comme ce serait le cas de *H.tubulosa*.

Le groupe des ophiurides est le plus difficile de déceler, car il s'agit d'espèces d'activité nocturne qui échappent à la lumière et cherchent toujours l'abri des trous et des faces inférieures des cailloux. Rien d'étrange donc à ce qu'elles ne se montrent pas plus abondantes dans nos recensements que dans les habitats où la possibilité de renverser les substrats durs (ce que nous avons appelé les « fonds à ardoises » ou les « fonds à dalles») les rend visibles. Les fonds plats des calanques tapissés de petites dalles fournissent les localités les plus riches (par ex. le site 12, Calanque du Bon Dieu). De la même façon, elles s'avèrent abondantes dans les fonds à posidonies parsemées entre la roche (où elles se disposent dans l'espace qui reste entre les rhizomes et la roche) et dans les fonds de roche avec des crevasses qui piègent le sédiment et des petits éboulis.

Par contre, dans les communautés plus profondes, elles paraissent moins abondantes voire absentes (sauf dans la communauté à *Cystoseira* envahies par *Caulerpa racemosa* où, comme nous l'avons déjà souligné, a lieu une grande rétention du sédiment). Mais il faut signaler que la densité réelle des ophiures dans la majorité de ces habitats doit être tout à fait supérieure à ce que suggèrent les recensements visuels (dans ce cas précis, une autre technique d'échantillonnage serait préférable).

4.4- Comparaison des populations d'échinodermes de Porquerolles et de Port-Cros

L'une des utilités des monitorings à long terme consiste à fournir une référence temporelle (d'applicabilité régionale) permettant d'aborder l'analyse de l'évolution des écosystèmes particuliers (locaux). Heureusement, pour l'interprétation des patrons de distribution des échinodermes de Porquerolles (non étudiés au préalable) une telle série sur l'évolution à long terme des échinodermes existe pour l'île voisine de Port-Cros (Harmelin *et al.*, 1980; Hereu *et al.* 2005a). Comme l'île de Port-Cros est un Parc national où les prospections ont été plus ou moins réglementées il y a longtemps (le Parc a été créé en 1963), cette série s'avère très illustrative pour séparer les effets anthropiques de ceux dérivés de l'évolution « naturelle » des écosystèmes.

La figure 2 représente le graphique résultant de la projection des stations sur l'espace des deux premiers axes principaux de l'ACP. Ces deux premiers axes principaux expliquent, respectivement, 47,7 % et 25,4 % de la variance totale et des patrons assez clairs ressortent de cette image. D'un côté, si l'on observe le poids de chaque espèce, représenté par la longueur des flèches (Fig. 2), on s'aperçoit de la corrélation négative entre les valeurs positives du premier axe et les densités de *Paracentorus lividus* et d'*Arbacia lixula* ; de son côté, le deuxième axe est corrélé positivement avec les densités des holothurides et des ophiurides (Tableau 3).

En outre, il y a un patron net dans la manière dont ces axes ordonnent les stations d'échantillonnage, fondé sur la nature des communautés auxquelles elles appartiennent. Il y a une association entre les communautés « de dalles » et de roche de Port-Cros avec celles des fonds d'éboulis et de roche de Porquerolles (côté gauche du graphique). Il faut noter que ces stations sont celles qui se rapprochent le plus en termes de complexité spatiale.

La station d'éboulis de Port-Cros demeure un peu différenciée des autres, et très proche de la communauté à *Cystoseira* (quadrant en haut à droite du graphique). Cette différence peut être attribuable à la nature particulière de la station (la Galère), très exposée et composée d'éboulis collés par les incrustations d'algues calcaires et les éponges.

Les autres stations de Porquerolles, les plus profondes (quadrant en bas à droite du graphique), demeurent bien différenciées des stations des petits fonds.

En résumé, on n'a pas su trouver une nette différenciation entre les communautés d'échinodermes procédant de Porquerolles ou de Port-Cros et le type d'habitat auquel appartiennent les échantillons ni une force de regroupement beaucoup plus importante que l'origine géographique (île) d'où elles proviennent.

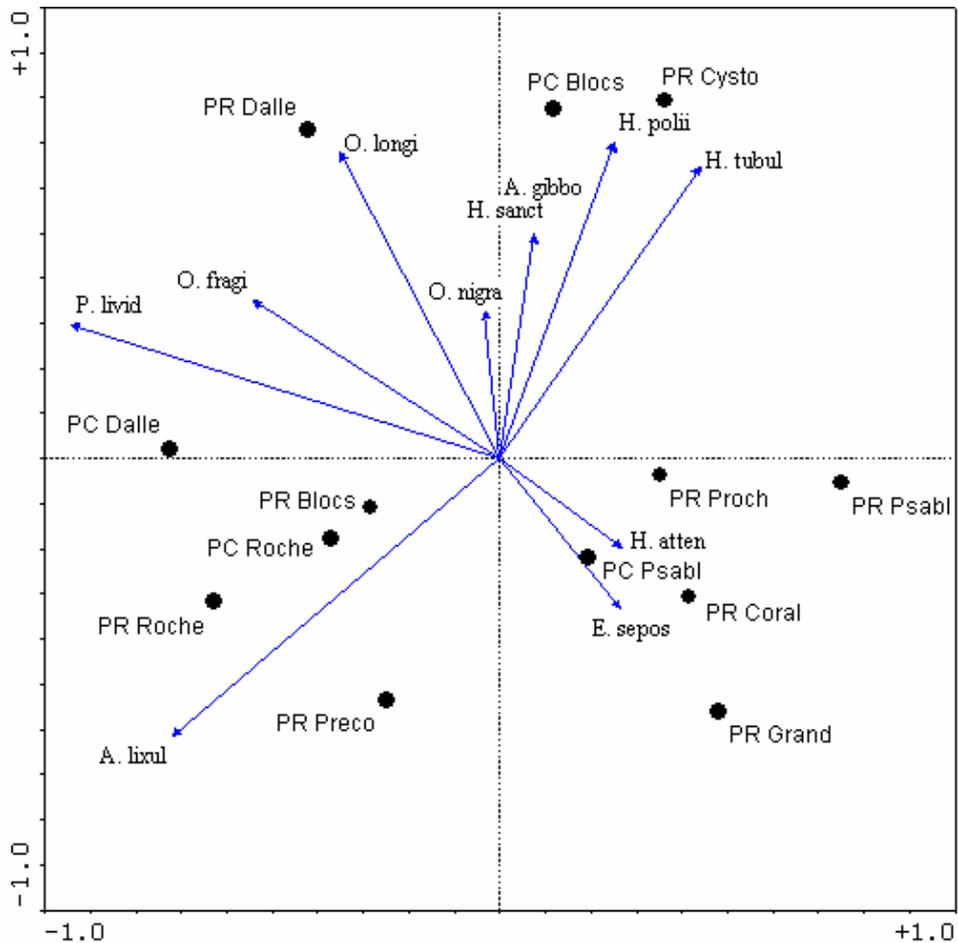


Figure 2- Résultats de l'Analyse en Composantes Principales montrant la répartition des stations d'échantillonnage provenant de Porquerolles et de Port-Cros, et le classement des espèces les plus importantes. La légende des stations montre le site (PR = Porquerolles ; PC = Port-Cros) et la communauté à laquelle appartient chaque station (ex : PC Psabl = Port-Cros Posidonie avec sable).

La comparaison entre les faunes d'échinodermes de Porquerolles et celles de Port-Cros ne peut pas se faire sur l'ensemble des échantillons récoltés dans une île et dans l'autre à cause de la conception expérimentale différente et des fortes différences qui existent à une toute petite échelle entre les communautés et en fonction du type de fond. En conséquence, et en recherchant une analyse plus fine, nous avons retenu pour la comparaison des densités les fonds des roches photophiles où se trouvent les habitats les plus homogènes (roche plate seulement

altérée par des petites crevasses où se trouvent généralement les échinodermes) et les plus fréquents sur les deux îles.

	Axe 1	Axe 2
% Variance	47,7	35,4
<i>Paracentrotus lividus</i>	-0,941	0,295
<i>Arbacia lixula</i>	-0,718	-0,613
<i>Echinaster sepositus</i>	0,262	-0,332
<i>Asterina gibbosa</i>	0,075	0,496
<i>Hacelia attenuata</i>	0,265	-0,195
<i>Holothuria tubulosa</i>	0,438	0,645
<i>Holothuria polii</i>	0,250	0,699
<i>Holothuria sanctori</i>	0,075	0,496
<i>Ophioderma longicauda</i>	-0,350	0,679
<i>Ophiotrix fragilis</i>	-0,540	0,352
<i>Ophiocomina nigra</i>	-0,032	0,326

Tableau 3- Résultats de l'Analyse en Composantes Principales montrant le pourcentage de variance totale expliquée par chaque axe, *et de la valeur* de chaque espèce classée en fonction des stations d'échantillonnage.

Le tableau 4 montre les densités des différentes espèces recensées, et le résultat de l'analyse de la variance (ANOVA) d'un facteur (sites : Porquerolles, Port-Cros) pour les densités de chaque espèce. On peut observer que les densités de *Paracentrotus lividus* sont supérieures à Porquerolles, mais que c'est aussi le cas de celles d'*Arbacia lixula*. Le rapport *P.lividus/A.lixula* (Tableau 5) à Porquerolles est inférieur à celui de Port-Cros. On peut aussi observer une plus grande densité des holothurides et des ophiurides à Porquerolles.

Ce résultat est, d'une certaine manière, surprenant parce que l'on pourrait s'attendre à des densités plus faibles si l'on pense qu'à Porquerolles la pêche de *P.lividus* est permise. Une explication à ce patron inversé serait le possible contrôle des populations de *Paracentrotus lividus* à Port-Cros de la part des poissons prédateurs. Bien que les densités de *P.lividus* à Porquerolles soient supérieures à celles de Port-Cros, la proportion élevée de *A.lixula* fait penser à une plus forte exploitation des populations de *P.lividus* qu'à Port-Cros, soit par déprédation naturelle (qui se produit aussi à Port-Cros) soit à cause de la pêche, qui est sélective pour *P.lividus*.

Néanmoins, cette interprétation reste spéculative puisque l'on n'a pas de données sur les densités de poissons prédateurs des échinodermes. C'est pour cela qu'il nous paraît aussi nécessaire de mettre en œuvre un contrôle simultané des populations de poissons (voir les recommandations).

	Port-Cros		Porquerolles		
	Densité (Ind/10m ²)	Sd	Densité (Ind/10m ²)	Sd	ANOVA
<i>Paracentrotus lividus</i>	10,69	10,89	15,09	10,21	F(1,142)=5.18; p=0.024 *
<i>Arbacia lixula</i>	3,12	4,02	7,11	4,85	F(1,142)=26.48; p<0.001 **
<i>Sphaerechinus granularis</i>	0,02	0,14	0,09	0,29	F(1,142)=3.89; p=0.05 ns
<i>Echinaster sepositus</i>	0,17	0,47	1,18	1,94	F(1,142)=24.01; p<0.001 **
<i>Marthasterias glacialis</i>	0,01	0,10	0		
<i>Coccinasterias tenuispina</i>	0,02	0,14	0		
<i>Holothuria tubulosa</i>	0,01	0,10	0,23	0,57	F(1,142)=13.91; p<0.001 **
<i>Holothuria polii</i>	0,02	0,14	0,32	0,52	F(1,142)=28.56; p<0.001**
<i>Holothuria forskali</i>	0		0,05	0,21	
<i>Holothuria sanctori</i>	0		0,05	0,21	
<i>Ophioderma longicauda</i>	0,06	0,31	0,55	0,82	F(1,142)=26.56; p<0.001**
<i>Ophiotrix fragilis</i>	0,01	0,10	0,36	0,75	F(1,142)=21.55; p<0.001 **
<i>Ophiocomina nigra</i>	0		0,18	0,69	
<i>Ophiomixa pentagona</i>	0,05	0,22	0		
<i>Antedon mediterranea</i>	0,15	0,94	0,05	0,21	F(1,142)=6.98; p<0.001 *

Tableau 4- Densités des différentes espèces d'échinodermes sur les fonds de roche dans le Parc national de Port-Cros et dans l'île de Porquerolles, et résultat de l'analyse de la variance ANOVA

4.5- Statut des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*

Densités

Les populations de l'oursin comestible *P.lividus* des fonds photopiles de Porquerolles montrent des densités relativement pauvres par rapport à d'autres régions de la Méditerranée NW continentale, mais pas par rapport à des localités insulaires telles que celles de Scandola (Corse). Plus important encore, elles sont supérieures aux densités mesurées sur l'île voisine de Port-Cros où le ramassage d'oursins est formellement interdit (Tableau 5).

En plus, on observe une (relativement) haute densité de l'oursin noir *A.lixula*. Les faibles valeurs du ratio *Paracentrotus/Arbacia* par rapport aux valeurs observées sur Port-Cros seraient en accord avec l'hypothèse selon laquelle la remontée des densités d'*A.lixula* est une conséquence de l'exploitation de *P.lividus*.

		<i>P. lividus</i>		<i>A. lixula</i>		
Site	Habitat	Densité Ind/10m ²	sd	Densité Ind/10m ²	sd	Ratio Par/Arb
Port-Cros	Roche	10,69	10,89	3,12	4,02	3,43
	Posidonie	2,50	3,72	1,23	2,51	2,03
Porquerolles	Roche	15,09	10,21	7,11	4,85	2,12
	Éboulis	9,27	1,51	2,25	1,77	4,12
	« Dalles »	14,13	8,12	1,83	1,61	7,72
	Posidonie	2,93	2,02	0,40	0,35	7,33
	Précoralligène	5,41	4,44	6,96	7,73	0,78
	Cystoseires prof.	4,6	3,39	0,20	0,28	23,00
	Coralligène	1,36	2,5	2,00	2,91	0,68
Iles Mèdes (Catalogne)	Éboulis	28,60	39,14	1,17	1,91	24,44
	Roche	19,80	28,54	1,65	3,61	12,00
Côte du Montgri	Éboulis	38,50	28,60	3,30	3,92	11,67
	Roche	26,80	31,77	1,60	3,77	16,75

Tableau 5- Liste des densités de *P.lividus* et de *A.lixula* dans différents sites protégés et non protégés de la pêche dans la Méditerranée nord-occidentale. Nous avons utilisé les données d'Hereu et al., 2005a pour Port-Cros, et d'Hereu et al. 2005b pour les Îles Mèdes et la côte du Montgri (Catalogne).

Structure des tailles

Quand on analyse la structure des tailles des oursins comestibles sur l'ensemble des échantillons récoltés dans les fonds de roche photophile à Porquerolles, un patron bimodal se dégage. On voit alors apparaître un pic de fréquence situé sur la classe des tailles les plus petites (correspondant aux recrues), et un autre pic de fréquence sur les tailles les plus grandes (de 4-5 cm) qui correspond à l'accumulation des oursins adultes dans ces classes de taille-là selon leur patron de croissance logistique (Turon *et al.*, 1995). Ce patron, avec un fort pourcentage d'individus grands, est le plus commun sur toutes les localités non soumises à une forte exploitation, et nous l'avons aussi trouvé à Port-Cros, sur les Iles Mèdes et sur la côte du Montgri (Catalogne) voisine. La magnitude du pic de densité des grandes tailles, à côté de la densité relativement élevée des populations, paraît incompatible avec une pression anthropique excessive.

Quand on analyse isolément la structure de tailles de chacune des différentes communautés d'autres patrons, on constate (Fig. 3) que les populations des calanques pavées « d'ardoises » accumulent la presque totalité des recrues, qui, par contre, sont extrêmement rares sur les autres habitats. Le recrutement apparaît donc potentiellement très fort sur les lieux préférés de cette espèce. Les communautés profondes, qu'elles soient de roche ou de posidonie, présentent des tailles très grandes.

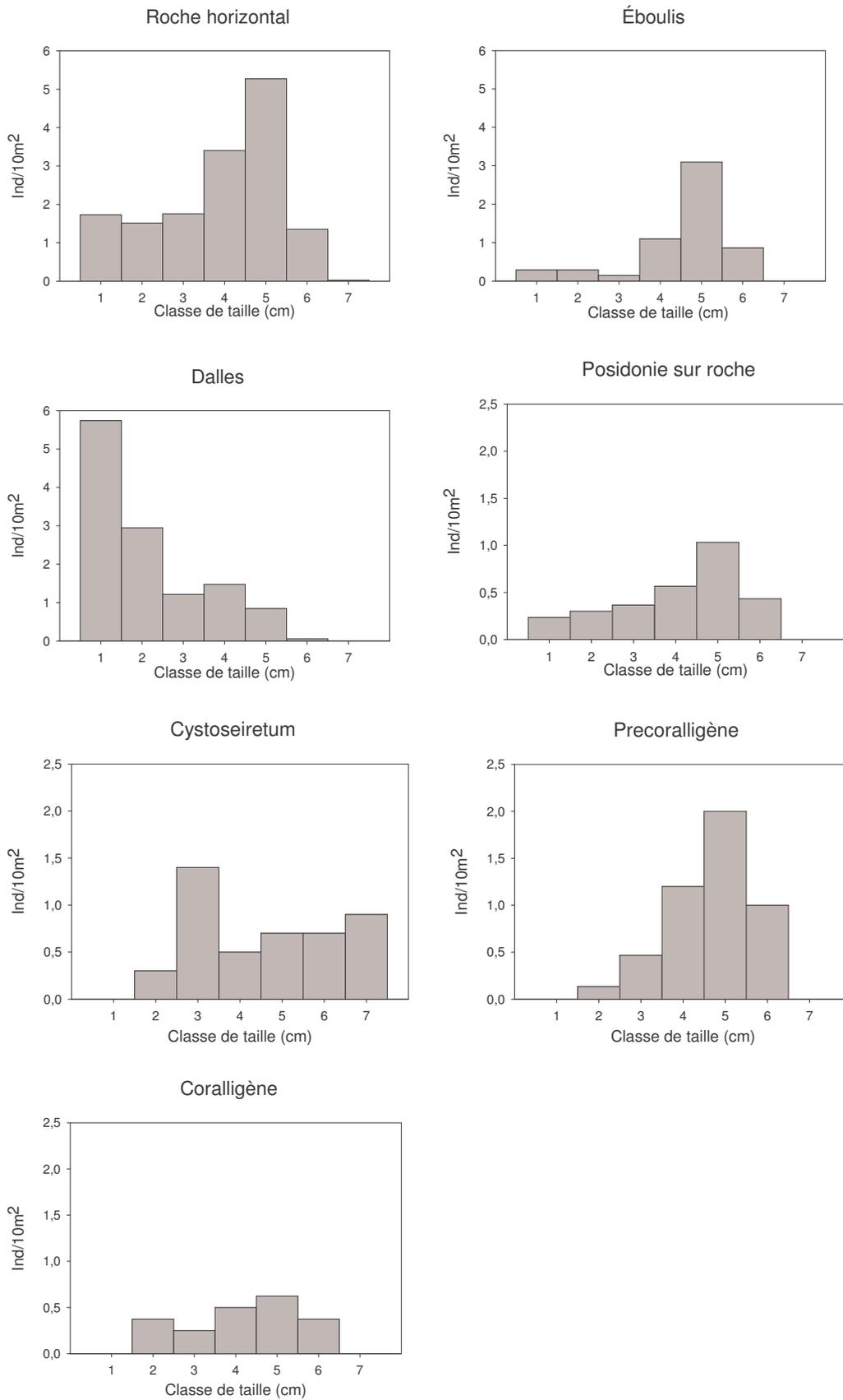


Figure 3- Structure de tailles des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* dans les différentes communautés étudiées à Porquerolles

5- DIAGNOSTIC PRÉLIMINAIRE

Les populations d'échinodermes de Porquerolles présentent un bon état, aussi bien si l'on considère le nombre d'espèces que si l'on préfère se référer aux densités. On a trouvé des représentants de tous les groupes d'échinodermes (sauf les crinoïdes) avec des densités semblables à celles du Parc national de Port-Cros, qu'on a pris comme référence des communautés en bon état.

Espèces indicatrices

En plus, on a constaté la présence d'espèces considérées comme indicatrices du bon état des communautés. C'est le cas de l'oursin diadème, *Centrostephanus longispinus*, que l'on a trouvé avec une fréquence et une densité remarquables, bien que son habitat de préférence (les fonds coralligènes) soit peu fréquent à Porquerolles. Plutôt que l'abondance de cette espèce, dont la valeur indicatrice mériterait d'être reconsidérée, la présence d'autres espèces indicatrices telles que la gorgone rouge *Paramuricea clavata*, les grands bryozoaires et les algues du genre *Cystoseira* semble montrer le bon état des communautés benthiques des fonds rocheux que l'on a pu visiter sur Porquerolles.

Composition faunistique

La diversité d'échinodermes des fonds de Porquerolles semble suivre le patron prévu pour les communautés benthiques méditerranéennes bien préservées, c'est-à-dire suivant une tendance croissante avec la profondeur. La présence et l'abondance des différents groupes trophiques représentés par les échinodermes (herbivores, sédimentivores, filtreurs, carnivores) paraissent représentées de manière équilibrée dans l'ensemble des échantillons sans aucune déviation significative qui laisseraient soupçonner l'existence de dysfonctionnements écologiques. Une seule exception, l'excessive densité d'holothuries dans les fonds envahis par *Caulerpa racemosa* sera discutée plus bas.

L'ensemble de données à long terme des échinodermes de Port-Cros apporte une aide extraordinaire pour l'interprétation des résultats obtenus lors de notre échantillonnage à Porquerolles. Comme Port-Cros et Porquerolles sont très similaires dans les aspects biogéographique et géologique, les deux sites ont la même orientation et plus ou moins le même régime de courants, on peut présumer que leurs communautés benthiques seront très semblables ; sauf si le régime différent de gestion (zone protégée/zone non protégée) joue un rôle important sur sa composition. Port-Cros est un Parc national depuis 1976 et, par conséquent, on peut considérer que ses communautés benthiques se situent parmi les mieux conservées de la Méditerranée française. En général, on a observé qu'il y a davantage de différences dues aux types de substrat et à la profondeur qu'à la provenance, de Port-Cros ou de

Porquerolles. Cela veut donc dire que le modèle actuel de gestion de Porquerolles (pêche autorisée partout, activités des plaisanciers, etc.) n'introduit pas de différences notables sur les populations d'échinodermes, par rapport à une zone strictement protégée ; ou, pour le dire avec un peu plus de précision, que les effets des activités humaines à Porquerolles ne sont pas assez importants pour être statistiquement démontrables.

Populations de l'oursin comestible *P. lividus*

La série temporelle de Port-Cros (Hereu et al., 2005a) peut nous aider encore un peu plus. Il est évident que, si un intérêt social existe pour les échinodermes, l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* est l'espèce clef. Tant du point de vue des gestionnaires que de celui des pêcheurs et des plaisanciers, la comparaison des densités d'oursins à Porquerolles 2005 avec celles d'autres endroits de la Méditerranée (Tableau 5) admet des interprétations différentes et même opposées de celle que l'on a fait ici (c'est la bouteille à demi-vidée ou à demi-pleine). Si nous acceptons de considérer qu'elles sont bonnes, ce n'est pas seulement parce qu'elles sont supérieures à celles de Port-Cros, mais c'est parce que nous connaissons l'évolution temporelle des populations de Port-Cros et que nous pensons qu'il peut exister un processus limitant : le recrutement.

Que nous dit la série temporelle de Port-Cros ? L'évolution historique des oursins de Port-Cros a été le témoin de fortes oscillations. En effet, l'absence de faciès de surpâturage à *P. lividus* dans la cartographie effectuée en 1966 par Augier & Boudouresque (1967, 1970 a, b) a été proposée comme une preuve de la faiblesse des effectifs de cette espèce à l'époque (Azzolina, 1987). Par la suite, pendant les années 70, les populations ont subi une explosion démographique, avec des valeurs en tout point anormales (Azzolina, 1987 ; Harmelin et Duval, document inédit). La réponse du système a été une mortalité épidémique (dite de la calvitie des oursins) qui a provoqué depuis 1979 et jusqu'en 1984 (au moins) l'effondrement de ces populations (Azzolina, 1987 ; Harmelin et Duval, document inédit). Malheureusement, la série se perd entre 1984 et 1993 mais, quand elle reprend, elle montre des valeurs de densité qui ne dépassent pas la moitié des valeurs maximales. L'aspect qui nous intéresse le plus va de 1993 à 2003, quand la suite montre une tendance assez nette et constante à la réduction des effectifs (Fig. 4) sans qu'aucun épisode de maladie ne puisse expliquer cette dynamique (Hereu *et al.*, 2005a).

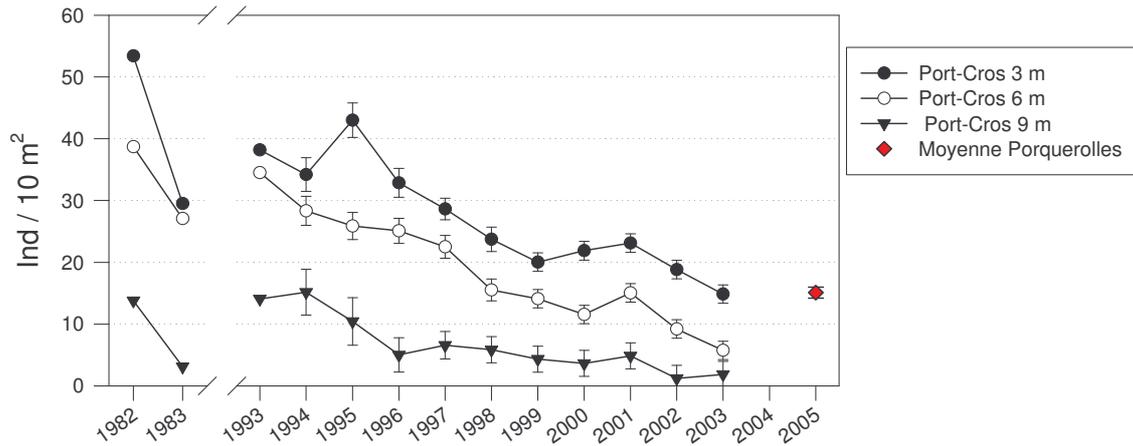


Figure 4- Évolution temporelle de la densité moyenne (\pm e.s.) de *Paracentrotus lividus* à trois profondeurs pour toutes les localités étudiées à Port-Cros, et valeur des densités à Porquerolles en 2005

Deux processus semblent cependant converger sur le patron observé : la prédation et une certaine limitation au recrutement. D'un côté, comme il avait déjà été suggéré par plusieurs auteurs (Augier et Boudouresque, 1976 ; Mastaller, 1974 ; Verlaque et Nédelech, 1983), les proliférations d'oursins des années 70 étaient probablement dues à la réduction du nombre de leurs prédateurs, elle-même due à la pression de la pêche. La récupération des effectifs de poissons prédateurs, due à la gestion de Port-Cros, aurait pu conduire petit à petit au contrôle des oursins. Mais le taux de récupération des sparidés du genre *Sparus* (les principaux prédateurs des oursins) est tellement faible (Harmelin, voir ci-dessous) que cela ne suffirait pas à expliquer la chute. Le rapport mentionné ci-dessus entre les densités des poissons prédateurs et d'oursins (Sala, 1996) n'a toujours pas pu être prouvé (Hereu, 2004) et nous savons à présent que, même dans un espace protégé à beaucoup plus forte densité de poissons que Port-Cros (c'est le cas des Iles Médès, en Catalogne), les populations d'oursins conservent bien leurs densités (Sala *et al.*, 1998b ; Hereu *et al.*, 2005b) à condition que le recrutement annuel soit très important. Pour expliquer la chute, il manquerait donc un deuxième agent : un recrutement limité. Cela nous permet de suggérer que sur ces îles, un peu écartées de la côte, et peut-être soumises à des régimes de courants peu favorables, le recrutement pourrait souffrir d'une certaine limitation. Un processus semblable (de limitation au recrutement) a été suggéré pour expliquer la faible densité de certains poissons sparidés dans le cadre de Port-Cros (Harmelin, communication personnelle). Finalement, si l'on accepte la similarité entre Port-Cros et Porquerolles dans les principaux traits océanographiques, on peut soupçonner le même type de limitation au recrutement (cela n'empêche pas que le recrutement existe et qu'on puisse l'observer avec une certaine abondance dans les habitats adéquats, comme il a été noté précédemment). Et dans ces conditions, les densités d'oursins observées sur Porquerolles ne

pourraient être comparées d'une façon simple avec celles d'autres localités n'ayant pas les mêmes limitations. Selon cette interprétation, les densités d'oursins de Porquerolles, bien qu'inférieures à celles de beaucoup d'autres sites, pourraient être proches des plus hautes densités que le système « permet ». Il est vrai que, pour le moment, on n'a pu faire qu'une comparaison statistique (et encore avec les données de 2003, la dernière année du monitoring de Port-Cros). La perspective la plus informative serait celle d'une comparaison de l'évolution des communautés des deux îles à long terme (voir les recommandations ci-dessous). Une manipulation expérimentale avec des surfaces de fixation de larves (Hereu *et al.*, 2005c) s'avérerait très utile pour tester la validité de notre hypothèse.

Rapport oursins comestibles / oursins noirs

Même si l'on n'a pas trouvé un effet très net de la recollection sur les populations d'oursins comestibles *Paracentrotus lividus* de Porquerolles, certains résultats pourraient être interprétés comme des signes indirects d'un déséquilibre dû à l'exploitation. Notamment, le ratio entre oursins comestibles *P.lividus* et oursins noirs non comestibles *A.lixula* est plus bas que dans d'autres études, et même qu'à Port-Cros. L'interprétation « à la mode » préconise que, les espèces *A.lixula* et *P.lividus* étant des compétiteurs (Bulleri *et al.*, 1999), la diminution des effectifs de *P.lividus* (suite à la pression de la pêche) serait responsable de l'augmentation des densités d'*A.lixula*. Mais il faut noter que la série temporelle des populations d'oursins de Port-Cros (où le ramassage est interdit) montre aussi une diminution graduelle de ce ratio, due à la chute des densités de *P.lividus*, en même temps que les densités de *A.lixula* augmentent (Hereu *et al.*, 2005a, données non publiées). Dans le même sens que l'hypothèse proposée ci-dessus, un taux différentiel dans le recrutement des deux espèces (peut-être lié à différents *thermo-preferenda* et au réchauffement de la Méditerranée ; Harmelin, communication personnelle) pourrait être à l'origine de cette évolution temporelle (mais il ne saurait expliquer les différences entre les deux îles).

Autres observations

Malgré le diagnostic général favorable des fonds littoraux de Porquerolles qui se dégage de notre étude, nous avons détecté, néanmoins, des sites présentant des problèmes locaux en ce qui concerne la conservation des habitats.

D'une part, la prolifération de *Caulerpa racemosa* dans les fonds rocheux à communautés de *Cystoseira* « profondes » peut avoir provoqué des changements visibles dans la communauté dans le groupe faunistique des échinodermes : la grande densité d'holothurides et d'ophiurides (organismes détritivores) détectée dans ces lieux est probablement en rapport avec la rétention

de sédiment par les rhizomes et les frondes de *C.racemosa*. Si notre interprétation est correcte, cette densité élevée de détritivores est indicatrice de la dégradation de la communauté de *Cystoseira* comme conséquence de la présence de cette algue envahissante.

Un autre agent de dégradation est la présence des filets de pêche empêtrés dans les fonds coralligènes. Ces filets abandonnés peuvent entraver les mouvements des poissons et autres habitants pendant très longtemps, mais ils peuvent aussi éroder les fonds coralligènes, qui sont très fragiles à ce type d'impact.

Finalement, un autre risque est la présence (on pourrait même dire l'abondance, par rapport au faible nombre de plongées réalisées) de projectiles militaires abandonnés sans avoir explosé que l'on a trouvés autour de la Pointe du Sarranier.

Si l'invasion de *Caulerpa racemosa* est difficile à gérer, la présence de filets de pêche et de projectiles abandonnés est facilement évitable avec des contrôles périodiques et des interventions ponctuelles pour les retirer que pourraient faire des plongeurs expérimentés.

Recommandations

1.- Les densités présentes d'oursins comestibles semblent adéquates et aucune mesure de restriction du ramassage ne s'avère nécessaire sur l'ensemble de l'île (mais voir plus bas).

P.lividus est le plus important herbivore des fonds infralittoraux méditerranéens, et il est considéré, du point de vue de l'écologie, comme une espèce-clé, capable de déterminer par l'effet de son pâturage la composition et la dynamique des communautés algales (Verlaque, 1987; Sala, 1996). Dans un travail récent fait dans le Parc national de Port-Cros, Thibaut *et al.*, 2005 a déterminé la présence de plus de 14 espèces d'algues fucales des genres *Cystoseira* et *Sargassum* ; ces espèces sont très peu fréquentes sur la côte continentale, et on a documenté leur disparition au cours des 100 dernières années, à cause (au moins partiellement) du surpâturage des oursins (Thibaut *et al.*, 2005b). Très certainement, une bonne partie de ces espèces est aussi présente sur les fonds de Porquerolles.

La clé de l'agressivité des oursins réside dans leurs densités, et la longue série temporelle sortie du monitoring des populations de Port-Cros prouve qu'il y a de forts changements dans les densités des populations ; le risque de soudaines proliférations existe donc.

2.- En conséquence, si l'on veut garantir la conservation des espèces menacées d'algues, il faudra suivre avec attention l'évolution des communautés d'échinodermes de Porquerolles.

Les populations de *P.lividus* étant si dynamiques, il peut s'avérer difficile de déterminer les causes de leurs variations (déprédation par les poissons, pics de recrutement, pêche, mortalité

par la maladie de la calvitie, etc.). Du point de vue expérimental, le seul facteur que l'on puisse contrôler facilement est la pression de pêche.

3.- Il serait donc souhaitable de **disposer de zones de contrôle interdites au ramassage d'oursins, comme mesure permettant d'isoler l'effet de la pêche par rapport à d'autres causes de variation possibles**. Les contrôles permettraient de connaître l'évolution « naturelle » (c'est-à-dire par d'autres causes que la pêche) des populations, d'interpréter (??) les variations des populations soumises au ramassage et de proposer des critères pour la prise de décisions quant à la convenance et à l'ampleur des régulations de capture dans les zones ouvertes à la pêche.

Cette recommandation entraîne le besoin d'**un monitoring plus ou moins suivi à longueur d'années** des populations d'échinodermes de Porquerolles, et notamment des oursins *P.lividus* et *A.lixula*. La recommandation devient presque une obligation si se concrétisent les projets de gestion de certains espaces marins de Porquerolles selon un plan de gestion semblable à celui de Port-Cros.

4.- Dans ce cas-là, et en prenant en considération l'importance que la variabilité à toute petite échelle (quelques dizaines de mètres) peut avoir sur les résultats, **nous recommandons l'installation de transects d'échantillonnage fixes** tels qu'ils ont été utilisés à Port-Cros depuis 1983 (Harmelin et Duval, rapport non publié). **La conception expérimentale devrait comprendre les différents types de communautés et se répéter à Porquerolles et à Port-Cros pour permettre la comparaison entre les deux îles.**

5.- En particulier, **il semble urgent de contrôler l'évolution des espaces envahis par *Caulerpa racemosa* et les effets de l'invasion sur les communautés originaires**. Les échinodermes constituent un groupe de choix pour ce suivi grâce à leur diversité trophique et à la simplicité des recensements.

6.- L'interprétation de l'évolution des populations d'oursins (ainsi que d'autres groupes d'échinodermes) ne serait pas possible en l'absence d'**une évaluation parallèle des populations de poissons**, et notamment des prédateurs pouvant avoir une responsabilité dans cette évolution : girelles, sars, petits labridés. Les recensements visuels des poissons sont devenus une méthode de routine (Harmelin *et al.*, 1985) avec de forts raffinements dans l'interprétation des résultats autour des espaces protégés (par ex. Côté *et al.*, 2001).

7.- **Parallèlement, il serait souhaitable de connaître l'évolution quantitative des communautés algales qui constituent le substrat de pâturage des oursins**. De simples méthodes de recensement visuel en scaphandre autonome ont été développées et celles-ci permettraient ce contrôle avec un effort d'échantillonnage raisonnable.

6- REFERENCES

- Augier H, CF Boudouresque, 1967. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National), I: la baie de la Palaud. *Bull Mus Hist Nat Marseille* 27: 93-124
- Augier H, CF Boudouresque, 1970a. Végétation marine de l'île de Port -Cros. V: La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Bull Mus Hist Nat Marseille* 30: 145-165
- Augier H, CF Boudouresque 1970b. Végétation marine de l'île Port-Cros. VI. Le récif-barrière de Posidonies de la baie de Port-Cros. *Bull Mus Hist Nat Marseille* 30: 221-228
- Augier H, CF Boudouresque, 1976a. Dix ans de recherches dans la zone marine du Parc national de Port-Cros (France) quatrième partie. *Annales de la Société des Sciences Naturelles et d'Archéologie de Toulon et du Var* 1976: 119-173
- Azzolina JF, 1987. Evolution à long terme des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (Var, France). In: *Boudouresque CF (ed.) Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, GIS Posidonie publ. Marseille, France, pp: 257-269
- Ballesteros E, B Hereu, M Zabala, E Sala, J Garrabou, 2001. Rapport mission Scandola. Cystoseira 2001. Rapport technique pour la Reserve Marina de Scandola, Corsica.
- Boury-Esnault N, JG Harmelin, C Marshal, T Perez, S Ruitton, M Verlaque, 2001. Les sites à corail rouge (*Corallium rubrum*) de Porquerolles: caractérisation patrimoniale de leurs peuplements. Contract Parc national de Port-Cros et GIS Posidonie. Centre d'Océanologie de Marseille-Station Marine d'Endoume; Université d'Aix-Marseille II Faculté des Sciences de Luminy. 34 p.
- Bulleri F, CL Benedetti, F Cinelli, 1999. Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the North-Western Mediterranean. *J Exp Mar Biol Ecol* 241: 81-95
- Côté IM, Mosquera I, Reynolds JD, 2001. Effects of marine reserve characteristics on the protection of fish populations: a meta-analysis. *Journal of Fish Biology* (2001) 59 (Supplement A), 178-189
- Directive 92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages
- Frantzis A, JF Berthon, F Maggiore 1988. Relations trophiques entre les oursins *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* (Echinoidea Regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Sci Rep Port-Cros Nat Park* 14: 81-140
- Harmelin JG, C Bouchon, C Duval, JS Hong, 1980. Les échinodermes de substrats durs de l'île de Port-Cros, Parc National (Méditerranée Nord-Occidental). Elément pour un inventaire quantitatif. *Trav. Sc.i Parc national de Port-Cros* 6: 25-38
- Harmelin-Vivien ML, JG Harmelin, C Chauvet, Duval, R Galzin, P Lejeune, G Barnabé, F Blanc, R Chevalier, J Cucler, G Lasserre, 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons; méthodes et problèmes. *Rev Ecol (Terre Vie)* 40: 467-539
- Harmelin JG, 1994. Le peuplement des substrats durs circalittoraux. Les Biocénoses Marines et Littorales de Méditerranée, Synthèse, Menaces et Perspectives, D. Belan-Santini, JCLacaze et C. Poizat (éd) Secrét. Faune Flore, Mus. Natn. Hist. Nat., Paris: 118-126
- Hereu B 2004. The role of interactions between fishes, sea urchins and algae in the Northwestern Mediterranean rocky infralittoral. These. Universitat de Barcelona.

- Hereu B, C Linares, D Diaz, L Dantart, J Garrabou, E Sala, E Ballesteros, JG Harmelin, M Zabala, 2005a. Indicateurs de Biodiversité en milieu marin : les échinodermes. Fluctuations temporelles des peuplements d'Échinodermes à Port-Cros 1982-2003.
- Hereu B, C Linares, D Diaz and M Zabala, 2005b. Seguiment temporal de la garota comuna *Paracentrotus lividus* a es Illes Mèdes . En: *Evolució del patrimoni natural de les Illes Mèdes. Any 2005*. M Zabala (ed.). Informes tècnics per a la Direcció General de Medi Natural, Generalitat de Catalunya.
- Hereu B, C Linares, M Zabala, E Sala, 2004c. Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck). *Marine Biology* 114:1011-1018
- Holling, C.S. (ed.), 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley and Sons. London.
- Kaiser MJ, B Bullimore, P Newman, K Lock, SGilbert 1996. Catches in 'ghost fishing' set nets. *Marine Ecology Progress Series*, 145, 11-16
- Mastaller M, 1974. Zerstörung des makrophytals an der nordariatischen küste durch intensives abweiden durch seeigel; eine untersuchung über populationsstrukturen, nahrung und fressverhalten bei dem echinoiden *Paracentrotus lividus* (Lmrk). Dipl Arb Zool Inst Univ München: 82 pp
- Sala E, 1996. The role of fishes in the organization of a Mediterranean subtidal community. Ph D Thesis, Université d'Aix-Marseille II, France
- Sala E, Boudouresque CF, Harmelin-Vivien M, 1998^a. Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos* 82: 425-439
- Sala E, M Ribes, B Hereu, M Zabala, V Alva, R Coma, J Garrabou, 1998b. Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacialixula* in the northwestern Mediterranean : comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Mar Ecol Prog Ser* 168 : 135-145
- San Martin GA, 1995. Contribution à la gestion des stocks d'oursins: étude des populations et transplantations de *Paracentrotus lividus* à Marseille (France) et production de *Loxechinus albus* à Chiloe (Chili, Pacifique). Ph D Thesis, Université Aix-Marseille II, France
- Thibaut T, B Hereu, ML Susini, JM Cottalorda, F Javel, 2005a. Inventaire et cartographie de Fucales du Parc national de Port-Cros. Parc national de Port-Cros, GIS Posidonie. LEML-UNSA publ., 29pp.
- Thibaut T, S Pinedo, X Torras, E Ballesteros, 2005b. Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Alberes coast (France, North-western Mediterranean). *Mar Pollut Bull.* 50(12):1472-89.
- Turon X, G Giribert, S López, C Palacín, 1995. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar Ecol Prog Ser* 122: 193-204
- Verlaque M, 1987. Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamrk) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. In: Boudouresque CF (ed), Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, GIS Posidonie publ, Marseille p 5-36
- Verlaque M, H Nedelec, 1983. Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur un substrat rocheur en Corse (Méditerranée, France): alimentation des adultes. *Vie Milieu* 33: 191-201

6- PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES



Fonds de roche, composés par la roche de base avec des crevasses. La Jeune Garde, - 5 m.



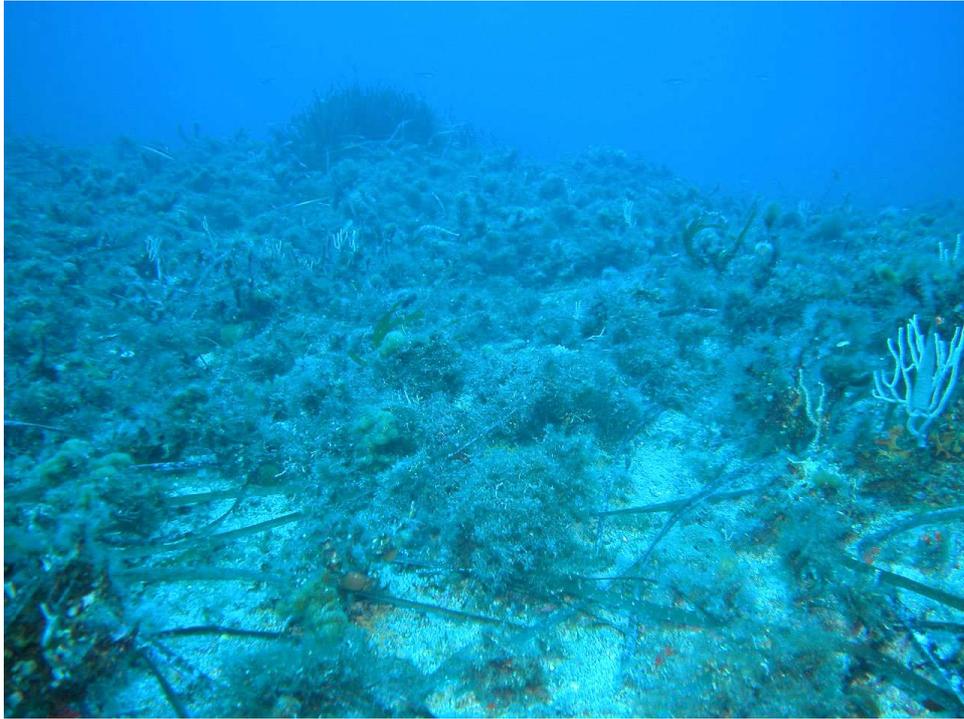
Fonds de dalles. Sous ces petites dalles se trouvent de très hautes densités d'échinodermes ainsi que d'autres invertébrés. Plage du Galéasson, -7 m.



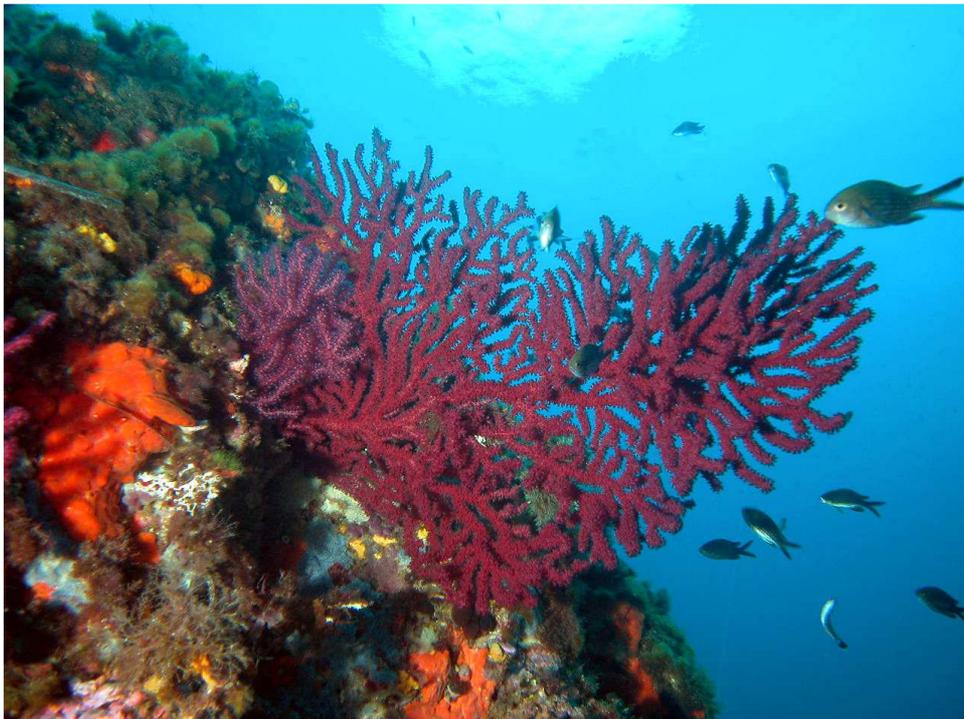
Fonds de *Posidonia oceanica*. Quand la *P.oceanica* croît sur la roche, la diversité des échinodermes est plus élevée. La Jeune Garde, -10 m.



Fonds de précoralligène, où sont présents *Eunicella singularis*, *E. cavolini* et *Halimeda tuna*. La Jeune Garde, -17 m.



Fonds de *Cystoseira sauvageana* sur roche plate. Grand Sarranier, -24 m.



Fond de coralligène dominé par *Paramuricea clavata*. Sec du Gendarme, -25 m.



Fond de coralligène dominé par des algues calcaires incrustantes et *Corallium rubrum*.
Pointe de Brégançonnet, -30 m.



Méthodes. Les comptages sont réalisées sur des transects fixes, mesurés par une bande métrique.



Le diamètre des 100 premiers oursins de chaque transect est mesuré avec un pied à coulisse.



Les oursins d'extensives zones de surpâturage, où la végétation est composée d'algues calcaires et d'algues filamenteuses et de croissance saisonnière. Grand Sarranier, -10 m.



Arbacia lixula est plus sciaphile que *Paracentrotus lividus*, et on peut la trouver dans les communautés profondes de précoraligène et de coralligène. Sec de Mèdes, -20 m.



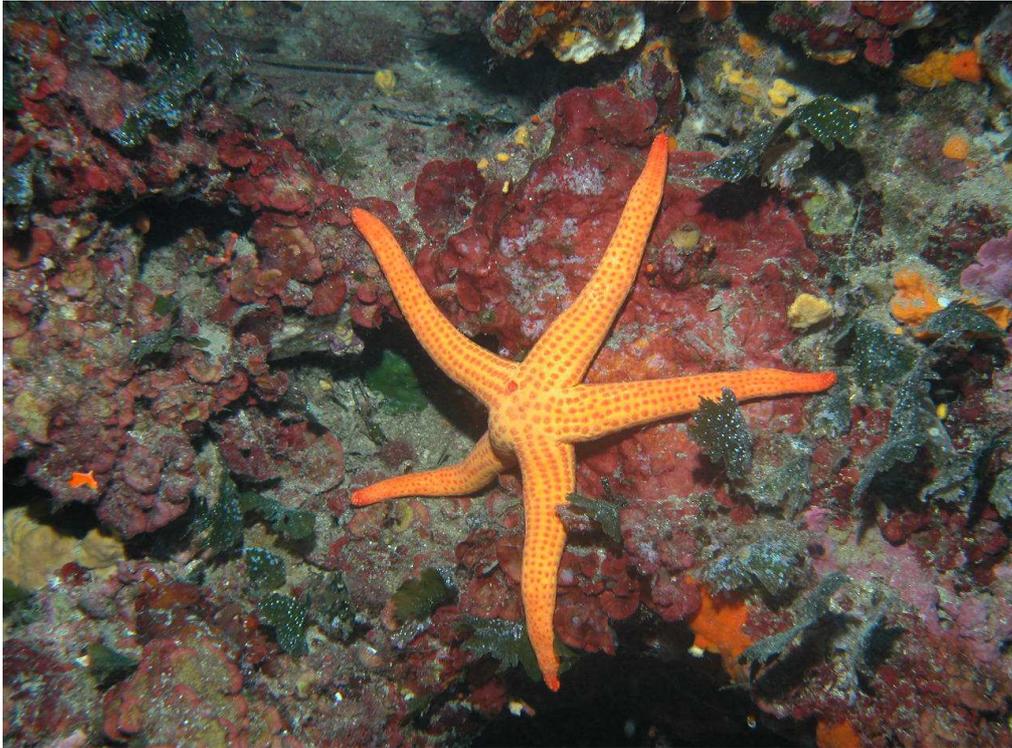
Sphaerechinus granularis est une espèce avec un grand éventail d'habitat ; en effet, on peut le trouver dans les communautés photophiles mais aussi dans le coralligène. Oustau de Dieu, -20 m.



Centrostephanus longispinus est relativement abondant dans les zones de coralligène. Oustau de Dieu, -30 m.



Echinaster sepositus est l'astéroïde le plus abondant. Pointe du Sarranier, -12m.



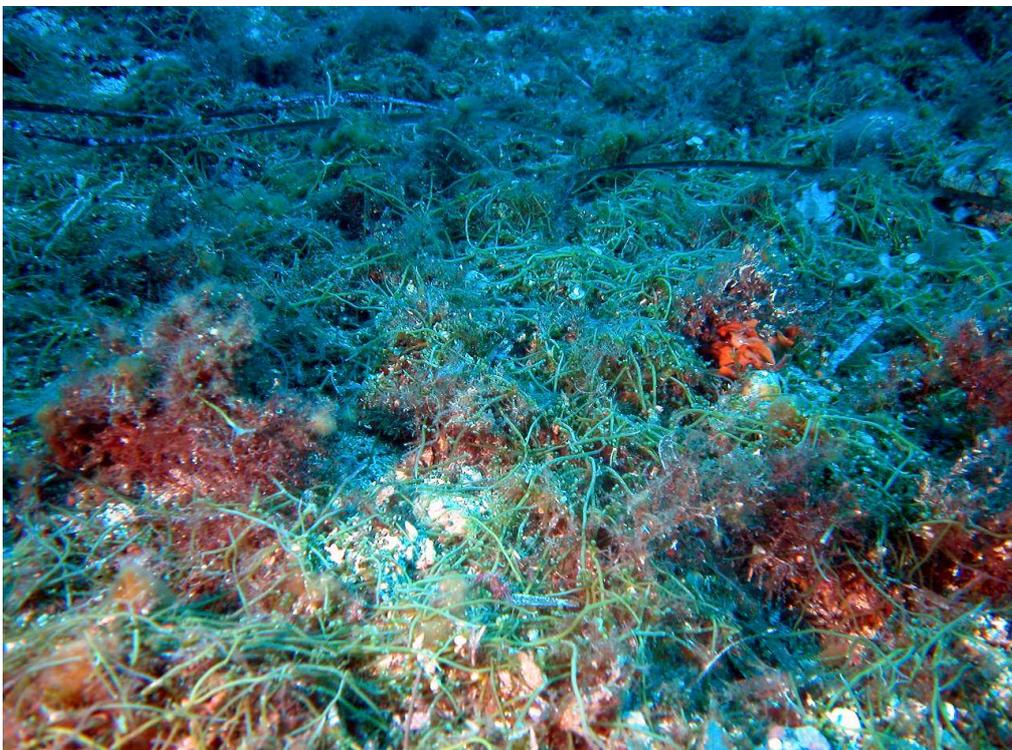
Hacelia attenuata est un habitant des fonds de coralligène et précoraligène. Oustau de Dieu, -27 m.



Holothuria polii est relativement abondant dans les fonds avec du sédiment. Grand Sarranier, -20 m.



Holothuria tubulosa est très abondant dans la communauté de *Cystoseira sauvageana* envahie par *Caulerpa racemosa*. Grand Sarranier, -24m.



La prolifération de *Caulerpa racemosa* menace de dégrader les communautés de *Cystoseira* du Grand Sarranier.



Les filets de pêcheurs abandonnés constituent un risque pour les communautés fragiles du coralligène. Oustau de Dieu, -25 m.



Dans la zone du Grand Sarranier, on a trouvé des déchets militaires.