



## Suivi des populations de grandes nacres *Pinna nobilis* dans le Parc national de Port-Cros



Mars 2019

Contrat n°17\_048 83400PC

Centre de recherche – Île des Embiez – 83140 Six-Fours-les-Plages  
Tel. +33 (0)4 94 34 02 49 – fax +33 (0)4 94 74 46 45 – embiez@institut-paul-ricard.org  
Administration – BP 308 – 13309 Marseille Cedex 14  
Association Loi 1901, créée en 1966 – Siret 783 137 482 000 15 – TVA FR 96 783 482  
[www.institut-paul-ricard.org](http://www.institut-paul-ricard.org)

**Suivi des populations de grandes nacres *Pinna nobilis* dans le Parc national de Port-Cros.**

**Maître d'ouvrage :**

Parc national de Port-Cros

**Maître d'œuvre :**

Institut océanographique Paul Ricard

**Responsables :**

Bonnefont Jean-Luc, Vicente Nardo

**Rédaction :**

Couvray Sylvain, Simide Rémy

**Plongées :**

Couvray Sylvain, Simide Rémy, Vion Aurélie, Kirchhofer Damien, Miard Thomas

**Contrat :**

17\_048 83400PC

**Ce document doit être cité comme suit :**

Couvray S., R. Simide, 2019 – Suivi des populations de grandes nacres *Pinna nobilis* dans le Parc national de Port-Cros. Institut océanographique Paul Ricard – Parc national de Port-Cros. 25 pp.

## Sommaire

Introduction.....	3
Matériel et méthode .....	5
Localisation.....	5
Echantillonnage .....	6
Traitement des données .....	9
Résultats .....	9
Rade de Port-Cros.....	10
Le Pradet.....	12
Presqu'île de Giens .....	14
Porquerolles .....	16
Cap Bénat .....	18
Discussion .....	21
Conclusion .....	22
Bibliographie .....	24

## Introduction

La grande nacre de Méditerranée *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) est un mollusque bivalve de la famille des Pinnidae, endémique de Méditerranée. Elle peut atteindre une taille de plus de 120 cm (Zavodnik et al., 1991), ce qui en fait le plus grand bivalve de Méditerranée, et un des plus grands du monde. *P. nobilis* est une espèce très longévive pouvant atteindre 45 ans (Rouanet et al., 2015). Elle se rencontre entre 0,5 m et 60 m de profondeur (Butler et al., 1993), essentiellement sur substrat meuble recouvert d'herbier de *Posidonia oceanica* ou *Cymodocea nodosa*, mais aussi plus occasionnellement sur fond sableux nu, sur fond rocheux ou zone de Maërl (Katsanevakis, 2006 ; Zavodnik et al., 1991) (Figure 1). Le long des côtes provençales les populations sont réparties en métapopulations avec des densité d'environ 1 individu.100 m<sup>-2</sup> avec en certains endroits des populations en « patchs » plus denses, pouvant atteindre plusieurs individus par m<sup>2</sup> (De Gaulejac et Vicente 1990 ; Butler et al., 1993 ; Katsanevakis 2006 ; Kersting et Garcia-March 2017). Cette répartition hétérogène est probablement induite par l'organisation en patch des différents habitats (Katsanevakis, 2006).



Figure 1 : Grandes nacres (*Pinna nobilis*) dans un herbier de posidonie.

Jadis abondante sur l'ensemble du littoral méditerranéen où elle était exploitée en certains endroits, elle s'est raréfiée au cours des dernières décennies suite à la dégradation de leur habitat, au chalutage illégal, à l'ancrage des bateaux, aux prélèvements illégaux, et à la pollution (Vicente, 1990 ; Vicente, 1991 ; Basso et al., 2015). L'espèce bénéficie d'un statut de protection depuis 1992 au titre de la Directive Habitat (92/43/EEC, Annexe IV) et elle est inscrite dans l'annexe II de la Convention de Barcelone. Elle est aussi protégée par la législation au niveau national dans la plupart des pays méditerranéens, dont la France (Décret de Décembre 1992).

Actuellement, l'espèce est menacée par un épisode de mortalité de masse avec une virulence, une rapidité de propagation et sur une aire géographique sans précédent. Ce phénomène a été observé pour la première fois à l'automne 2016 (fin septembre et début octobre 2016), où une mortalité anormalement élevée d'individus de *P. nobilis* a été détectée presque simultanément en plusieurs points éloignés de plusieurs centaines de kilomètres le long des côtes espagnoles (sud-ouest de la Méditerranée). L'épisode de mortalité massive s'est

rapidement répandu, entraînant environ 90 % de mortalité des populations de grandes nacres des côtes espagnoles, et une mortalité pouvant être estimée à 100 % dans le sud et le centre des côtes méditerranéennes de la péninsule Ibérique et des îles Baléares. (Vazquez-Luis et al., 2017). Le responsable de cet événement de mortalité de masse en Méditerranée occidentale semble être un nouveau parasite d'origine inconnue, nommé *Haplosporidium pinnae* par Catanese et al. (2018). Ce parasite provoque une grave réponse inflammatoire et un dysfonctionnement général grave de l'hôte. *H. pinnae* semble être spécifique à *Pinna nobilis* (Vazquez-Luis et al., 2017). De récentes analyses histopathologiques et moléculaires ont révélé qu'*H. pinnae* ne serait pas le seul agent pathogène impliqué dans des événements récents de mortalité de masse. Sur 13 individus moribonds provenant de deux régions d'Italie affectées par une épizootie (Campanie et Sicile, mer Tyrrhénienne), un seul individu était atteint par *H. pinnae*. Par contre la totalité des individus moribonds étaient infectés par des mycobactéries et présentaient des symptômes similaires à ceux imputables à *H. pinnae*. Par conséquent, dans ces régions, *H. pinnae* a été détecté mais ne serait pas le seul responsable de cet événement de mortalité massive (Carella et al., 2019).

Depuis l'apparition de la maladie, sa propagation a été très rapide puisque des phénomènes de mortalité importante dans les populations de *Pinna nobilis* ont également été observés sur les côtes italiennes, grecques, maltaises, chypriote, turques et françaises (Catanese et al. 2018 ; Katsanevakis et al., 2019 ; Garcia-March et al., soumis).

En France la pandémie a tout d'abord atteint les côtes Corse. Les premiers signes de mortalités anormales ont été rapportés en septembre 2017 dans le Golfe d'Ajaccio. Le phénomène semblait relativement localisé, puis s'est étendu. En Octobre 2018, les inventaires de populations de grandes nacres réalisées par l'IOPR dans la réserve de Scandola, au nord-ouest de la Corse ont mis en évidence une mortalité de 100 % de la population.

D'autres observations de mortalités massives sont régulièrement rapportées sur les côtes est de la façade méditerranéenne française. En décembre 2018, 60 % de la population de grandes nacres de la réserve du Larvotto à Monaco étaient mortes ainsi que 100 % dans la Baie de Villefranche sur Mer. La présence d'*H. Pinnae* a aussi été détectée dans le Parc national des Calanques dans celle du Mugel à la Ciotat (Figure 2).

Cette étude des populations de la grande nacre de Méditerranée dans le Parc National de Port-Cros s'inscrit dans la continuité de travaux commencés dans les années 70 dans les AMP (Port-Cros, Réserve Naturelle de Scandola, Réserve marine de Monaco, Parc marin de la Côte Bleue). Les études sur la grande nacre de Méditerranée à Port-Cros ont débuté en 1970 avec les premiers résultats publiés au début des années 1980 (Vicente et al. 1980). Au cours du temps la population de nacre a été recensée sur l'ensemble des côtes de l'île et en particulier dans l'herbier de posidonie. Il s'agit dans la présente étude d'actualiser les connaissances sur l'état des populations de *P. nobilis* en cœur de parc ainsi que dans l'aire marine adjacente. Dans le contexte actuel d'extension rapide et à grande échelle du phénomène de mortalité de masse que connaît cette espèce, l'actualisation des connaissances sur l'état des populations

est nécessaire pour comparer la situation actuelle avec les données antérieures et avoir un état des populations de référence avant un possible évènement de mortalité de masse.

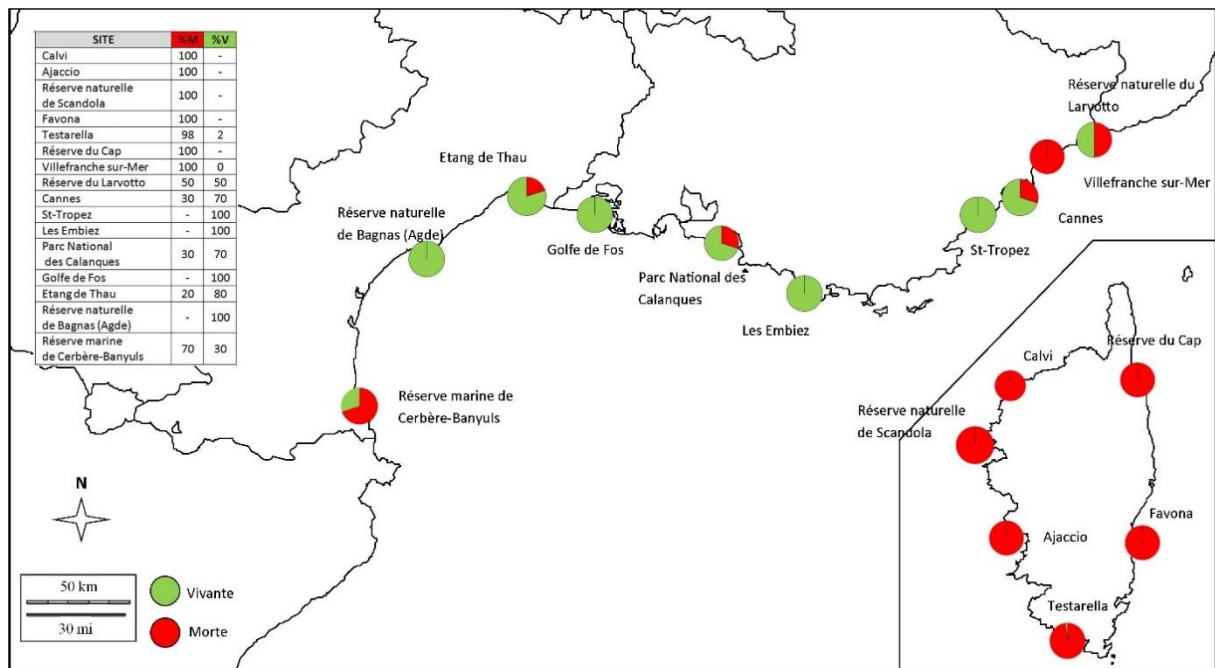


Figure 2 : Etat des populations de *P. nobilis* le long des côtes méditerranéennes françaises en janvier 2019 (source : IOPR).

## Matériel et méthode

### Localisation

Cette étude a été réalisée entre décembre 2017 et février 2019 dans 5 sites du Parc national de Port-Cros, dans le Var (Côte méditerranéenne, France). Deux sites sont localisés en cœur de parc. L'un d'eux est situé dans la Rade de Port-Cros, le second, autour de l'île de Porquerolles. Les 3 autres sont dans l'aire marine adjacente, dans le périmètre du site Natura 2000 Fr9301613 – rade d'Hyères. Un de ces sites s'étend le long du littoral de la commune du Pradet ; un autre longe le littoral de la presqu'île de Giens, hors tombolo ; et le dernier s'étend du Cap de Brégançon jusqu'au Cap Bénat (Figure 3).

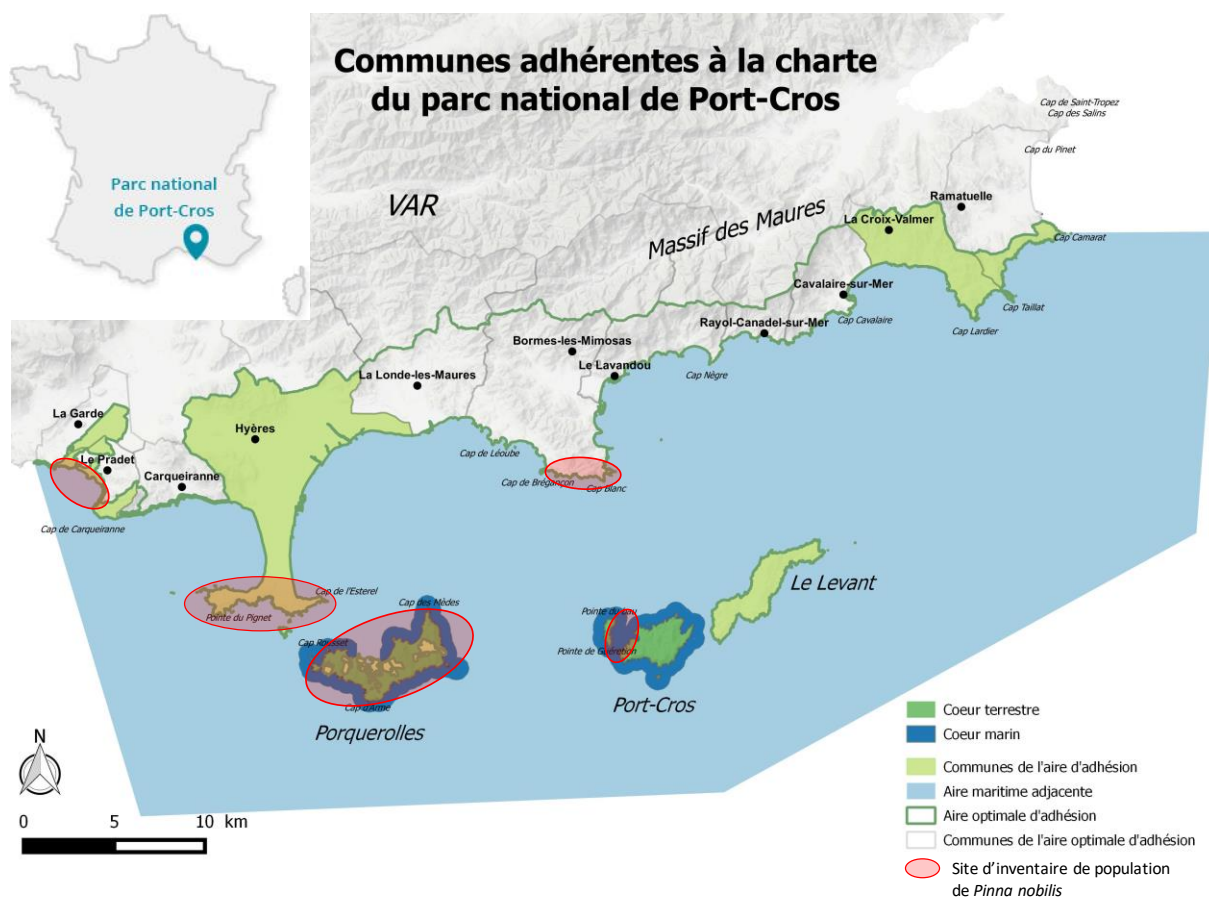


Figure 3 : Localisation géographique des 5 sites d'inventaires de *Pinna nobilis* dans le Parc national de Port-Cros.

## Echantillonnage

Pour chaque site, les points d'échantillonnage ont été choisis *a priori* selon une stratégie d'échantillonnage aléatoire stratifiée sous contrainte d'être espacés les uns des autres d'au minimum 200 m et à des profondeurs n'excédant pas 25 m. Huit points d'échantillonnage ont ainsi été sélectionnés pour chaque site, sauf pour la Passe Bagaud un neuvième point a été échantillonné à la demande des agents du parc (Tableau 1). Les coordonnées des points d'échantillonnages (référentiel géographique : WGS84) correspondent au centre de la maille mesurant 200 m de côté.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des points d'échantillonnage.

Site	id. maille	Coordonnées géographiques		Date
Rade de Port-Cros	P1	N: 43,01590	E: 06,36891	04/12/2017
	P2	N: 43,01402	E: 06,36773	04/12/2017
	P3	N: 43,01183	E: 06,36691	05/12/2017
	P4	N: 43,00583	E: 06,36514	05/12/2017
	P5	N: 43,00534	E: 06,36724	05/12/2017
	P6	N: 43,00557	E: 06,37319	05/12/2017
	P7	N: 43,00739	E: 06,37368	05/12/2017
	P8	N: 43,00876	E: 06,37535	05/12/2017
	P9	N: 43,01321	E: 06,38147	05/12/2017
Pradet	10738	N: 43,10307	E: 6,00433	05/12/2018
	11066	N: 43,10135	E: 6,00179	05/12/2018
	11068	N: 43,10121	E: 6,00669	05/12/2018
	11397	N: 43,09941	E: 6,00660	05/12/2018
	11399	N: 43,09927	E: 6,01151	05/12/2018
	12385	N: 43,09381	E: 6,01368	05/12/2018
	13041	N: 43,09015	E: 6,01594	05/12/2018
	14021	N: 43,08476	E: 6,01566	05/12/2018
Giens	20938	N: 43,04306	E: 6,08957	06/02/2019
	20946	N: 43,04249	E: 6,10917	06/02/2019
	20947	N: 43,04242	E: 6,11162	06/02/2019
	21830	N: 43,03560	E: 6,16034	15/01/2019
	21835	N: 43,03524	E: 6,17259	15/01/2019
	23497	N: 43,02511	E: 6,14995	06/02/2019
	23504	N: 43,02460	E: 6,16710	15/01/2019
	24079	N: 43,02173	E: 6,14241	06/02/2019
Porquerolles	24405	N: 43,01776	E: 6,21579	16/01/2019
	24413	N: 43,01717	E: 6,23538	16/01/2019
	24994	N: 43,01387	E: 6,22539	16/01/2019
	25004	N: 43,01313	E: 6,24988	16/01/2019
	26406	N: 43,00656	E: 6,16856	16/01/2019
	26703	N: 43,00360	E: 6,20765	16/01/2019
	27795	N: 42,99757	E: 6,16807	16/01/2019
	29205	N: 42,98779	E: 6,19451	16/01/2019
Cap Bénat	8569	N: 43,10507	E: 6,36316	14/02/2019
	9235	N: 43,10125	E: 6,37031	14/02/2019
	11535	N: 43,08943	E: 6,34506	14/02/2019
	11545	N: 43,08867	E: 6,36958	14/02/2019
	11862	N: 43,08779	E: 6,34005	15/02/2019
	11866	N: 43,08748	E: 6,34986	14/02/2019
	12188	N: 43,08614	E: 6,33504	15/02/2019
	12191	N: 43,08591	E: 6,34240	15/02/2019

La méthode d'échantillonnage des populations de grandes nacres choisie pour cette étude est l'observation visuelle en plongée sous-marine et suit les recommandations du protocole d'étude et de surveillance des populations de *Pinna nobilis* dans des aires marines protégées (García-March *et al.*, 2006). Pour chaque point, les comptages de grandes nacres ont été réalisés sur 3 transects de 50 m de long pour 2 m de large. La localisation GPS de chaque point d'échantillonnage est utilisée comme point de départ du premier transect. Les transects sont



distants les uns des autres d'environ 10 m et sont placés parallèlement à la côte, sauf lorsqu'une contrainte topographique particulière est rencontrée. La profondeur moyenne et le taux de recouvrement approximatif en herbier de posidonie sont aussi indiqués pour chaque transect.

Chaque individu de *P. nobilis* est caractérisé par sa taille, son état (vivante, morte avec coquille intacte ou morte avec coquille cassée), ainsi qu'une indication sur sa localisation (distance de l'individu par rapport au point de départ du transect). La taille indiquée correspond à la longueur maximale antéropostérieure de la coquille (Ht) estimée indirectement à partir de la mesure de la plus grande largeur (Wc) et l'utilisation de l'équation empirique de García-March (2006) :  $Lt = 1,29Wc^{1,24}$  (Figure 4).

Les missions ont été réalisées après les premières tempêtes hivernales, lorsque les herbiers de posidonie sont les plus ras, pour maximiser l'observation des nacres et être le plus exhaustif possible. Toutefois, cette méthode d'échantillonnage reste non exhaustive car l'observation des très jeunes individus est difficile dans l'herbier de posidonie et leur nombre peut donc être sous-estimé.

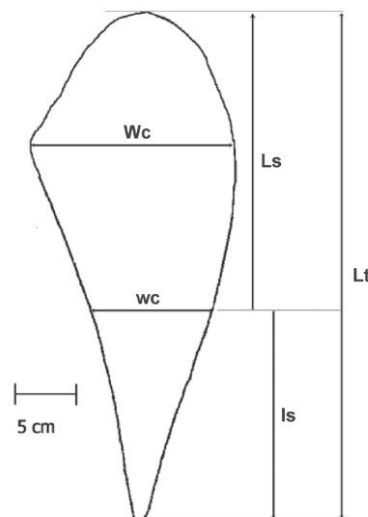


Figure 4 : Paramètre biométrique de *Pinna nobilis* : Wc largeur maximale de la coquille, wc largeur de la coquille au niveau du sédiment, Ls hauteur de la coquille hors du sédiment, ls hauteur de la coquille dans le sédiment, Lt longueur totale de la coquille.

Pour chaque mission, trois plongeurs professionnels de l'IOPR sont intervenus et ont réalisé les plongées lorsque les conditions météo étaient favorables (vent faible, mer calme, ciel bleu). A chaque plongée, les comptages sont réalisés par deux plongeurs, le troisième assure la sécurité surface. Un roulement entre les trois personnes s'opère entre chaque point d'échantillonnage. En plongée, les deux intervenant ont chacun leur rôle : le premier a en charge le positionnement et la récupération (après comptage) des 3 pentamètres matérialisant les transects. Son déplacement est facilité par l'utilisation d'un scooter sous-marin (Figure 5). Le deuxième plongeur inventorie et mesure les grandes nacres. Ce dernier est équipé d'une barre de 2 m matérialisant la largeur du transect, d'un mètre ruban pour

mesurer les grandes nacres et d'une plaquette pour noter les données. Les scooters sous-marins sont utilisés dans ce protocole pour permettre aux plongeurs de parcourir de grandes distances en peu de temps tout en limitant les efforts et par conséquent la fatigue et la saturation en azote.



Figure 5 : Equipement des plongeurs.

### Traitement des données

Les données brutes sont consignées dans un fichier Excel®. Les analyses statistiques et graphiques sont réalisées grâce au logiciel XLStat® et GraphPad®. Ces analyses permettront de constituer une base de données standardisée et comparable avec celles autres sites.

### Résultats

Pour l'ensemble des 5 sites, 261 grandes nacres ont été inventoriées sur les 12300 m<sup>2</sup> prospectés des 41 points d'échantillonnage. Parmi ces individus, 214 nacres étaient vivantes et 47 mortes. La densité moyenne de *P. nobilis* vivantes de l'ensemble des sites d'étude est de 1,74 ind.100m<sup>-2</sup>. Ces inventaires ont été réalisés essentiellement dans des herbiers de posidonie mais avec une forte hétérogénéité spatiale de cet habitat (taux moyen de recouvrement = 79,3 ± 27,2 %) et à des profondeurs comprises entre 3 et 20 m (profondeur moyenne = 10,5 m).

Sur tous les sites confondus, la présence de grandes nacres est significativement corrélée au taux de recouvrement de l'herbier de posidonie (corrélation de Spearman ;  $p < 0,0001$ ) mais la présence d'un herbier n'est pas le seul paramètre explicatif de la répartition des individus ( $r^2 = 0,14$ ) (Figure 6). Il n'existe par contre aucun lien entre la profondeur et la répartition des grandes nacres.

Le nombre moyen de nacres par transect de 100 m<sup>2</sup> et tout particulièrement de nacres cassées étant très faible, il n'est pas possible d'exploiter rigoureusement cette donnée pour discuter de l'impact potentiel de l'ancrage sur les populations de grandes nacres.

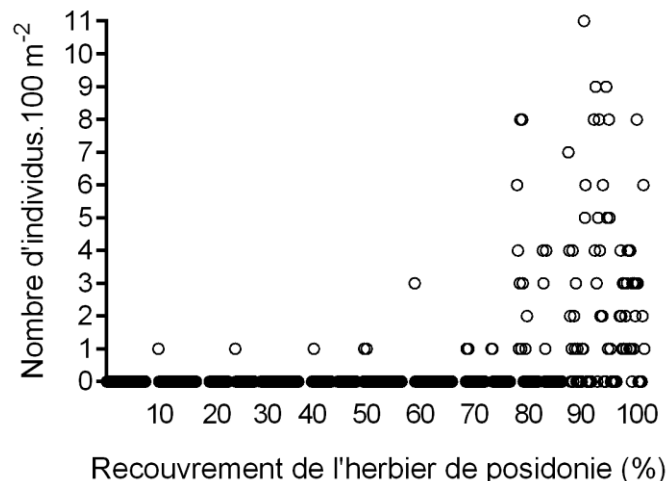


Figure 6 : Corrélation entre la présence de naces et le taux de recouvrement de l'herbier de posidonie.

### Rade de Port-Cros

Bien que localisés de façon aléatoire, les points d'échantillonnage se trouvent relativement proche des côtes et aucun n'est présent au milieu de la rade à cause de la limite de profondeur fixée à 25 m (Figure 7). La profondeur moyenne des points est de  $13,3 \pm 3,8$  m et le taux de recouvrement de l'herbier de posidonie est de  $92,4 \pm 12,9\%$ . Sur les 2700 m<sup>2</sup> prospectés, 83 grandes naces vivantes et en bonne santé ainsi que 19 naces mortes dont 10 avec la coquille cassée ont été observées. La densité moyenne de la population de la rade de Port-Cros était de  $3,1 \pm 2,4$  ind.100m<sup>-2</sup>.

Des naces vivantes ont été observées sur chacun des 9 points. La plus forte densité était de  $6,0 \pm 1,7$  ind.100m<sup>-2</sup> et a été observée au point P8 (Tableau 2, Figure 7 et Figure 8). Ce point est situé au sud de la passe, la profondeur moyenne y est de 14,3 m et le taux moyen de recouvrement de l'herbier de posidonie de 90 %. A l'inverse, la plus faible densité de  $0,7 \pm 0,6$  ind.100m<sup>-2</sup> et a été observée au point P4. La profondeur moyenne en ce point est de 18,7 m et le taux de recouvrement moyen de l'herbier est de 70 %. Au niveau de P4 l'herbier est plus clairsemé que sur le reste des points échantillonnés (en fonction des transect le recouvrement varie de 40 à 90 %). Au-delà du taux de recouvrement, il est à noter que c'est le seul point échantillonné où l'herbier est envasé et par endroit dégradé.

Aucun signe de mortalité suspecte n'a été observé sur ce site. Cependant, ces observations datent de décembre 2017 et sont antérieures aux autres données.

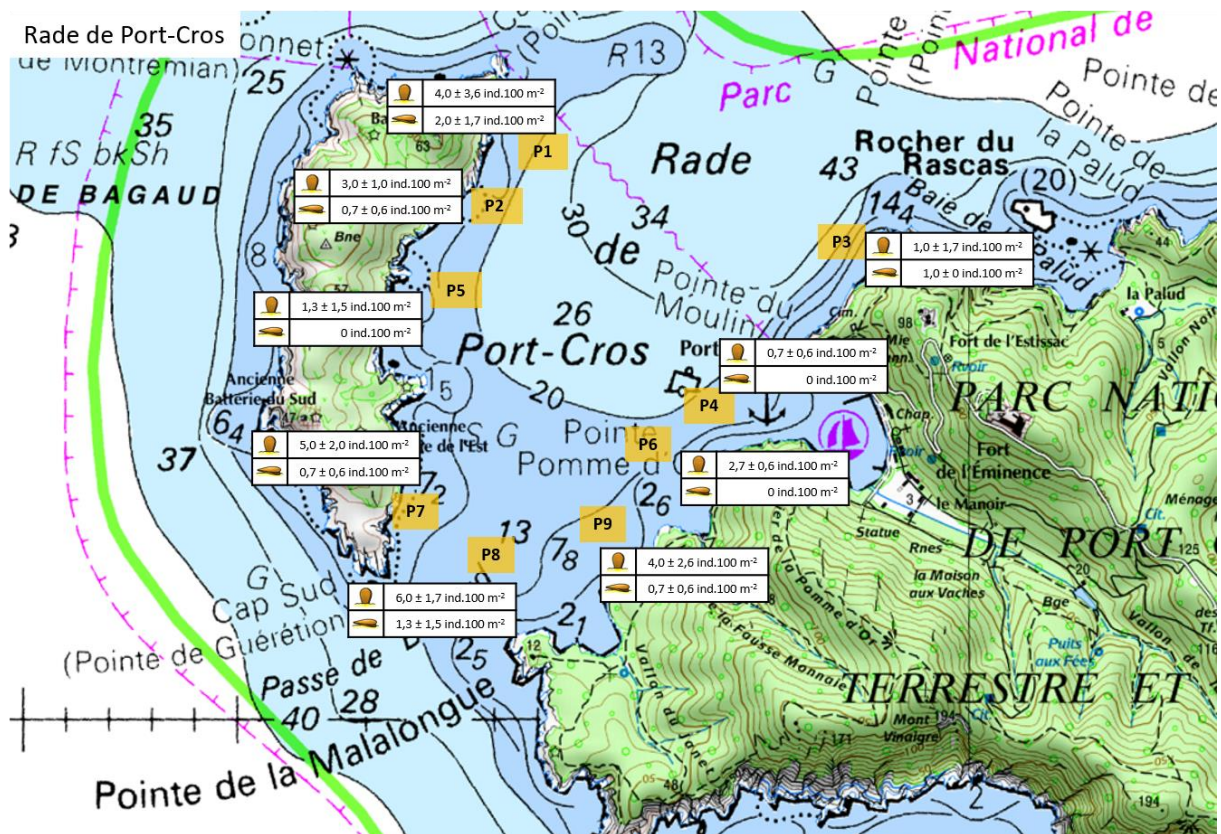


Figure 7 : Localisation des points d'échantillonnage et densités de *P.nobilis* vivantes et mortes pour chaque point d'échantillonnage dans la rade de Port-Cros.

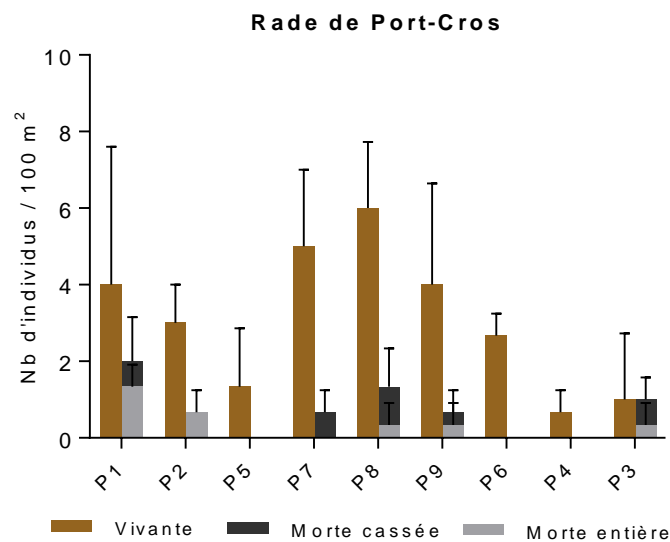


Figure 8 : Densités de *P. nobilis* vivantes, mortes cassées et mortes entières des 9 points d'échantillonnage de la Rade de Port-Cros.

Tableau 2 : Densité de *Pinna nobilis*, recouvrement de l'herbier de posidonie et profondeur pour chaque point d'échantillonnage de la Rade de Port-Cros.

Passe de Bagaud	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9	
	Moy.	± SD	Moy.	± SD	Moy.	± SD	Moy.	± SD	Moy.	± SD	Moy.	± SD	Moy.	± SD	Moy.	± SD	Moy.	± SD
Nacre vivante (ind.100 m <sup>-2</sup> )	4,0	3,6	3,0	1,0	1,0	1,7	0,7	0,6	1,3	1,5	2,7	0,6	5,0	2,0	6,0	1,7	4,0	2,6
Nacre morte total (ind.100 m <sup>-2</sup> )	2,0	1,7	0,7	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,6	1,3	1,5	0,7	0,6
Nacre morte et cassée (ind.100 m <sup>-2</sup> )	1,3	0,6	0,7	0,6	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,6
Nacre morte intacte (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,7	1,2	0,0	0,0	0,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,6	1,0	1,0	0,3	0,6
Recouvrement herbiers de posidonie (%)	91,7	10,4	100,0	0,0	100,0	0,0	70,0	26,5	100,0	0,0	100,0	0,0	93,3	7,6	90,0	0,0	86,7	11,5
Profondeur (m)	11,3	3,1	15,3	1,5	15,3	1,5	18,7	1,5	16,7	1,2	12,3	1,2	8,0	0,0	14,3	1,2	8,0	0,0

La taille moyenne des individus rencontrés dans la Rade de Port-Cros était de  $53 \pm 11$  cm (Figure 9) Le plus petit individu observé mesurait 23 cm et le plus grand mesurait 85 cm.

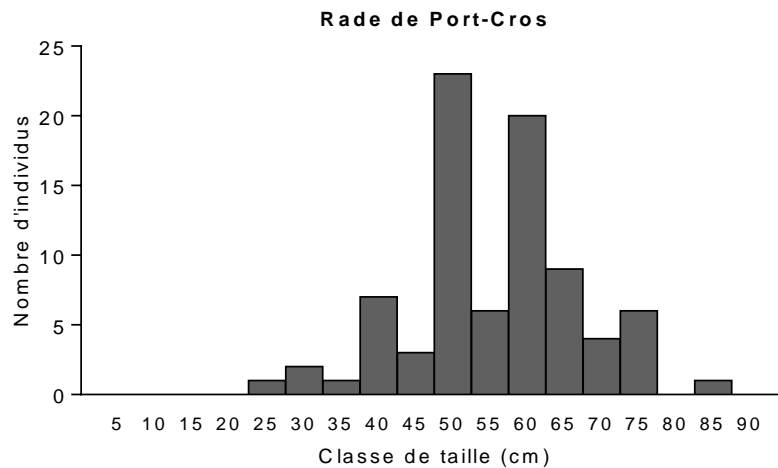


Figure 9 : Répartition des classes de taille des *P. nobilis* vivantes mesurées dans la Rade de Port-Cros.

## Le Pradet

Sur les 2400m<sup>2</sup> prospectés, nous avons observé 10 grandes nacres vivantes ainsi que 2 mortes dont une cassée. La densité moyenne de nacres vivantes pour ce site était de  $0,42 \pm 0,56$  ind.100 m<sup>-2</sup>, il s'agit des plus faibles densités rencontrées dans la zone d'étude. C'est aussi le site qui comporte le plus faible taux de recouvrement en herbier de posidonie ( $59,4 \pm 33,2$  %). La profondeur moyenne des points prospectés est de  $12,1 \pm 3,6$  m (Tableau 3, Figure 10 et Figure 11). Aucun individu n'a été observé pour 3 points d'échantillonnages (11066, 11397 et 12385). Le point 11066 se trouve à une profondeur de  $13 \pm 0$  m sur un fond sableux dépourvu d'herbier de Posidonie. Le point 11397 se situe à une profondeur moyenne  $11 \pm 1$  m et comporte un herbier de posidonie éparse avec un taux de recouvrement moyen de  $41,7 \pm 10,4$  %. Le point 12385 se trouve à une profondeur de  $16 \pm 0$  m et comporte un herbier de posidonie dont le taux de recouvrement est de 90 %.

Aucun signe de mortalité suspecte n'a été observé sur ce site lors des comptages effectués le 5 décembre 2018.

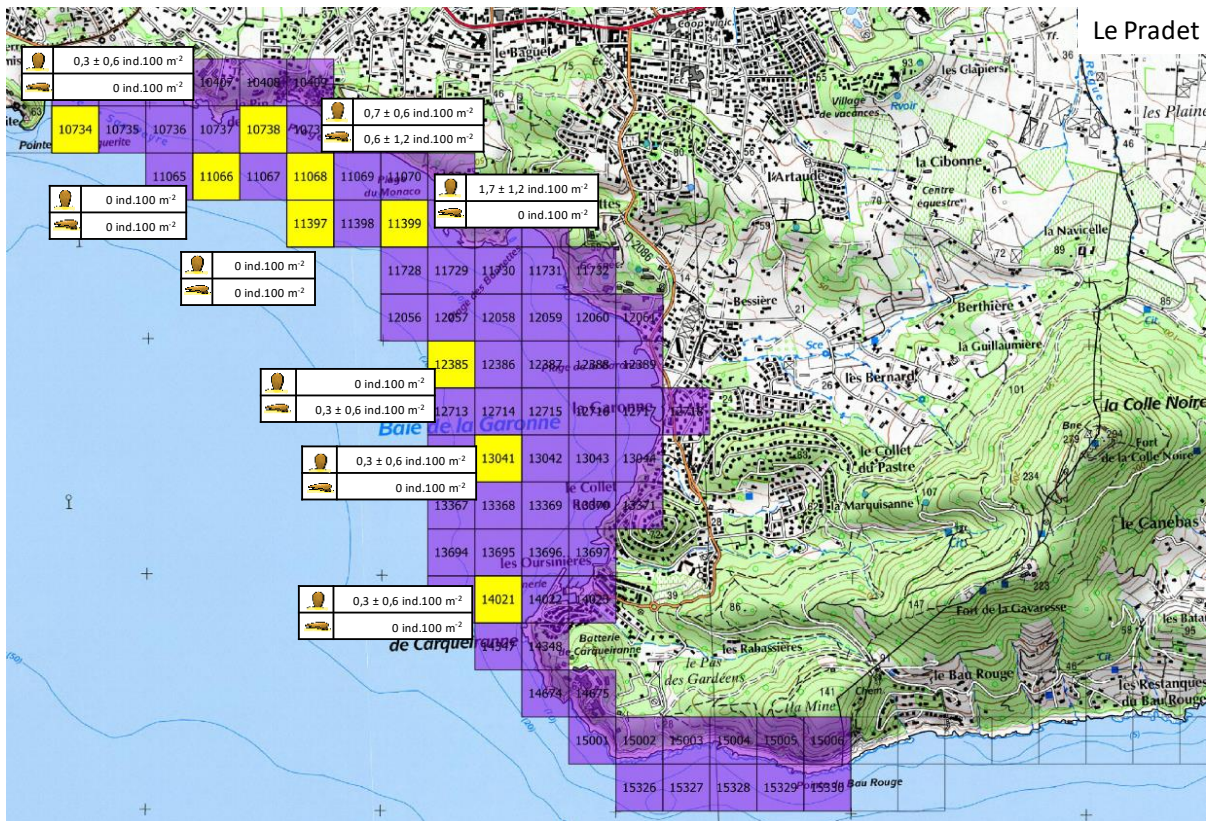


Figure 10 : Localisation des points d'échantillonnage et densités de *P.nobilis* vivantes et mortes pour chaque point d'échantillonnage du Pradet.

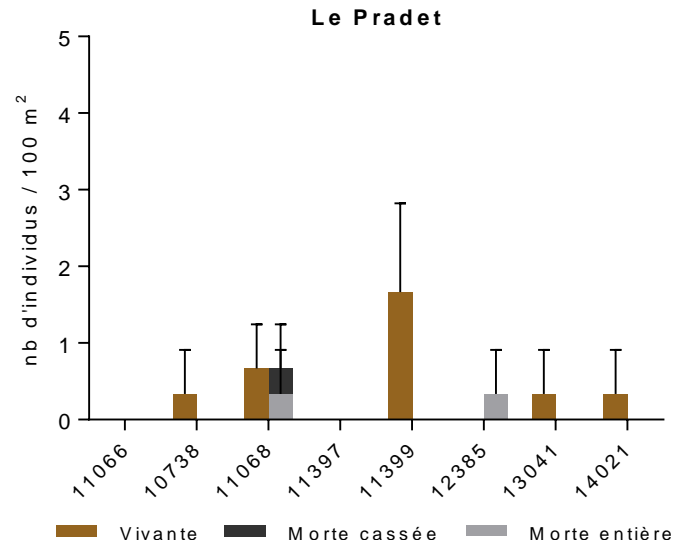


Figure 11 : Densités de *P. nobilis* vivantes, mortes cassées et mortes entières des 8 points d'échantillonnage du Pradet.

Tableau 3 : Densité de *P. nobilis*, recouvrement de l'herbier de posidonie et profondeur pour chaque point d'échantillonnage du Pradet.

Le Pradet	11066		10738		11068		11397		11399		12385		13041		14021	
	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD
Nacre vivante (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,0	0,0	0,3	0,6	0,7	0,6	0,0	0,0	1,7	1,2	0,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,6
Nacre morte total (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nacre morte et cassée (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Nacre morte intacte (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Recouvrement herbiers de posidonie (%)	0,0	0,0	25,0	0,0	75,0	5,0	41,7	10,4	60,0	10,0	90,0	0,0	90,0	5,0	93,3	2,9
Profondeur (m)	13,0	0,0	7,7	0,6	6,7	0,6	11,0	1,0	10,7	0,6	16,0	0,0	17,0	0,0	14,7	0,6

La taille moyenne des nacres au Pradet est de  $52 \pm 9$  cm (Figure 12). Le plus petit individu rencontré mesurait 39 cm et le plus grand 74 cm.

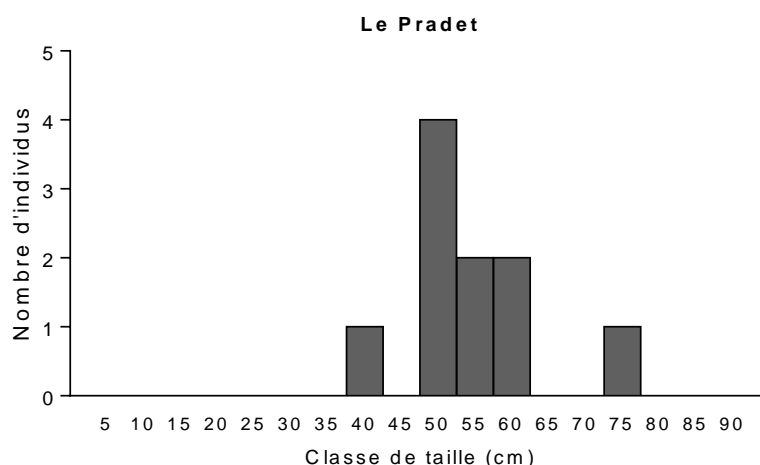


Figure 12 : Répartition des classes de taille des *P. nobilis* vivantes mesurées sur le site du Pradet.

### Presqu'île de Giens

Sur les 8 points échantillonnés, 32 grandes nacres vivantes ont été observées ainsi que 3 individus morts dont aucun avec la coquille cassée. La densité moyenne de ce site est de  $1,33 \pm 1,0$  ind.100m<sup>-2</sup> (Tableau 4, Figure 13 Figure 14). Les points d'échantillonnage sont compris entre  $3,6 \pm 1,7$  m de profondeur. Le taux de recouvrement de l'herbier de posidonie varie entre  $3,7 \pm 5,5\%$  et  $98,3 \pm 2,9\%$ . Des nacres vivantes ont été observées sur tous les points d'échantillonnage. Les densités fluctuent entre  $0,3 \pm 0,6$  ind.100m<sup>-2</sup> (point 20938, 20946 et 21835) et  $3,0 \pm 1,7$  ind.100m<sup>-2</sup> (point 23504).

Aucun signe de mortalité suspecte n'a été observé sur ce site lors des comptages effectués entre le 15 janvier et le 6 février 2019. Il est à noter que pour les points 21830 et 21835 au Nord-Est de la presqu'île, des petits patches de *Caulerpa taxifolia* et de *Caulerpa Cylindracea* ont été observés.

## Giens

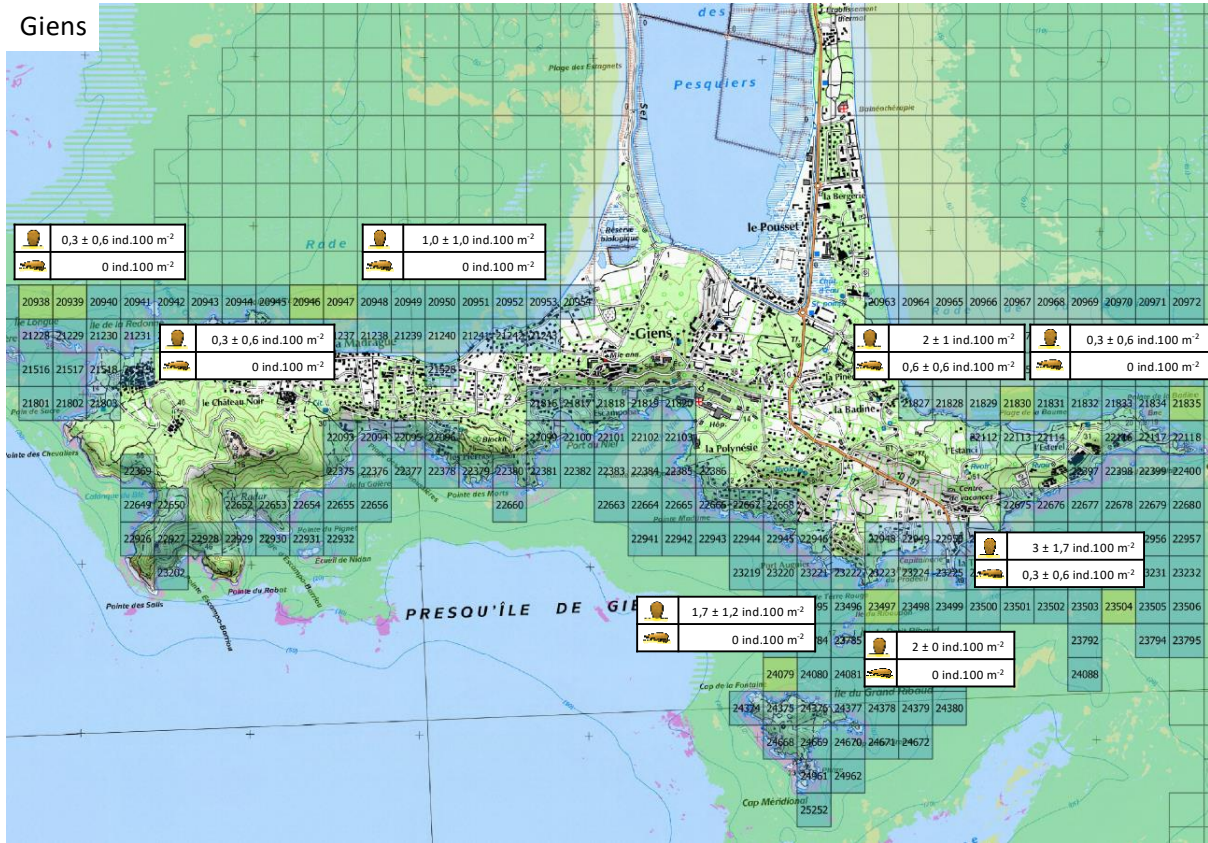


Figure 13 : Localisation des points d'échantillonnage et densités de *P. nobilis* vivantes et mortes pour chaque point d'échantillonnage à Giens.

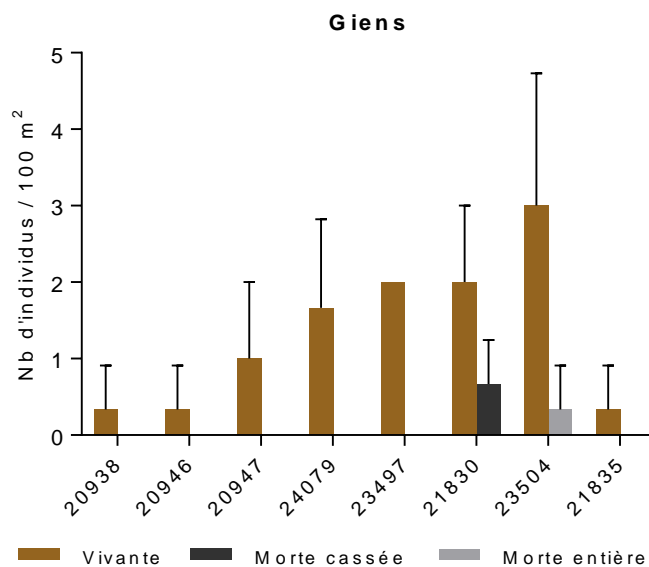


Figure 14 : Densités de *P. nobilis* vivantes, mortes cassées et mortes entières des 8 points d'échantillonnage à Giens.



Tableau 4 : Densité de *P. nobilis*, recouvrement de l'herbier de posidonie et profondeur pour chaque point d'échantillonnage à Giens.

Giens	20938		20947		20946		24079		23497		21830		23504		21835	
	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD
Nacre vivante (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,3	0,6	1	1	0,3	0,6	1,7	1,2	2	0	2	1	3	1,7	0,3	0,6
Nacre morte total (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,6	0,3	0,6	0	0
Nacre morte et cassée (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nacre morte intacte (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,6	0	0	0	0
Recouvrement herbiers de posidonie (%)	70	18	90	0	90	0	80	10	95	0	98,3	2,9	97,7	2,5	3,7	5,5
Profondeur (m)	14,7	0,6	4,3	0,6	4,7	0,3	12,2	0,8	5,9	0,1	3,7	0,6	16,3	0,6	12,3	0,6

La taille moyenne des individus de ce site est de 55 ±15 cm (Figure 15). Le plus petit individu observé mesurait 10 cm. Il s'agit d'un juvénile de l'année, ce qui montre qu'il y a eu récemment un épisode de recrutement dans ce site. Le plus gros individu mesurait 89 cm.

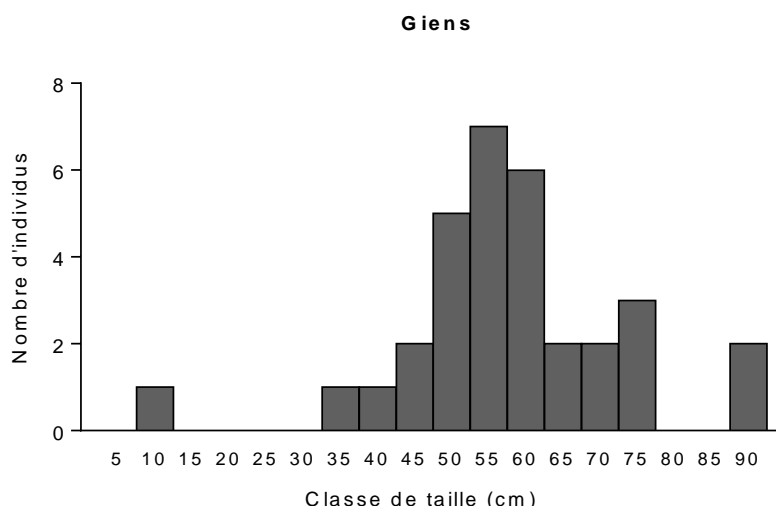


Figure 15 : Répartition des classes de taille des *P. nobilis* vivantes mesurées à Giens.

## Porquerolles

Les 8 points échantillonnés autour de Porquerolles sont à des profondeurs comprises entre 3 m et 18 m (profondeur moyenne = 9,2 ± 5,0 m) avec des taux de recouvrement d'herbier de posidonie variant entre 10 % et 100 % (taux de recouvrement moyen = 79,0 ± 28,3 %). Sur l'ensemble des points, 24 *P. nobilis* vivantes ont été observées ainsi que 4 individus morts dont une cassée. La densité moyenne de *P. nobilis* vivantes de ce site était de 1,0 ± 2,2 ind.100m<sup>-2</sup> (Tableau 5, Figure 16 Figure 17).

Les plus fortes densités (4,7 ± 3,5 ind.100m<sup>-2</sup>) ont été observées au point 25004, situé au niveau de la pointe du Gros-Baou, à l'Est de l'île. Ce site comporte un herbier de posidonie sur roche avec un taux de recouvrement de 95 %. Pour les points 29205, 26703, 24405, 24994 et 24413, aucune grande nacre vivante n'a été observée sur les transects de comptage. Seul 3 individus morts y ont été observés. Les points 26703, 24405, 24494 et 244013 sont situés

entre le port de Porquerolles et le Cap des Mèdes à des profondeurs comprises entre 3,0 et 14,0 m, sur des fonds sableux recouverts d'un herbier de posidonie dont le taux de recouvrement varie entre 36,7 % et 100 %.

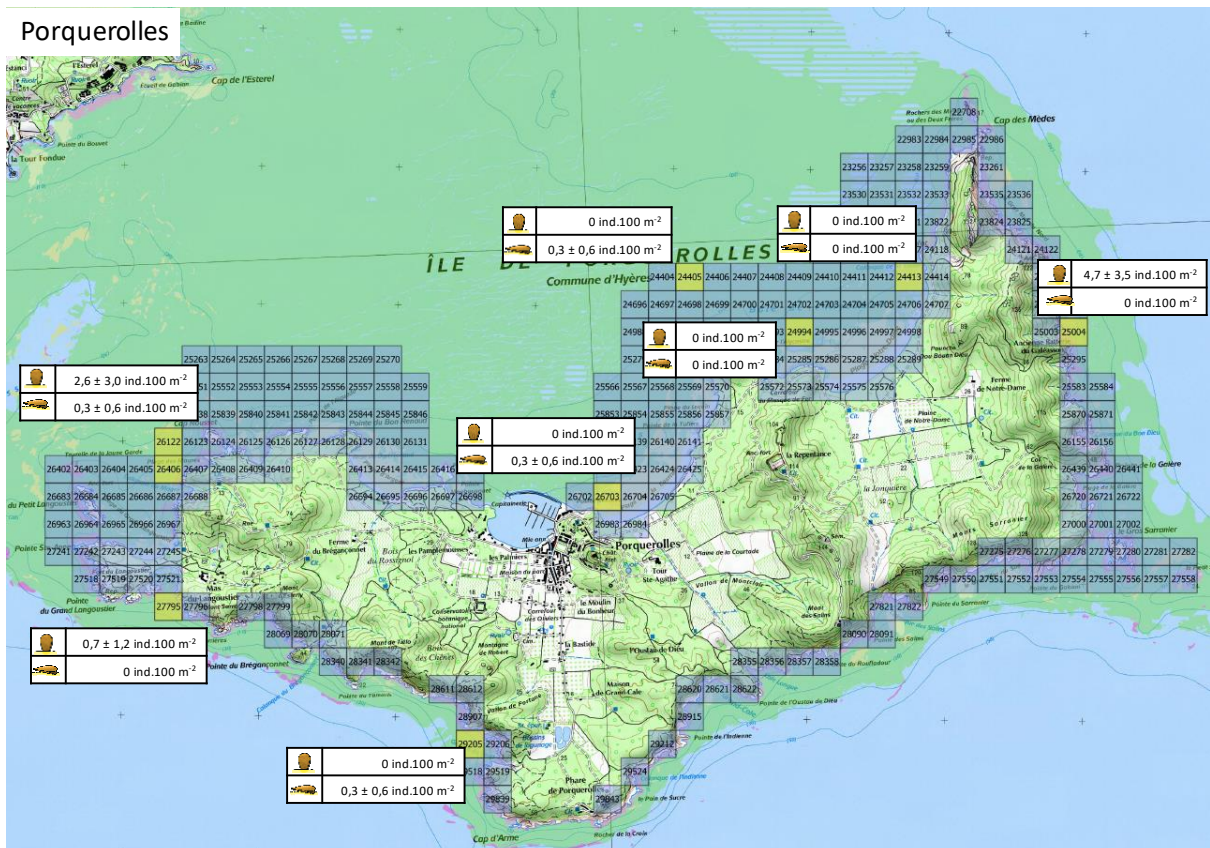


Figure 16 : Localisation des points d'échantillonnage et densités de *P. nobilis* vivantes et mortes pour chaque point d'échantillonnage à Porquerolles.

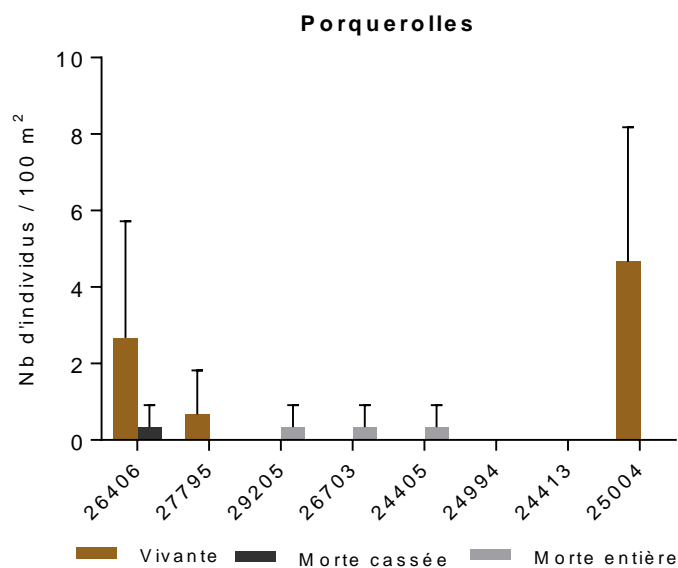


Figure 17 : Densités de *P. nobilis* vivantes, mortes cassées et mortes entières des 8 points d'échantillonnage à Porquerolles.

Le point 29205 est proche de la Gorge du Loup au Sud de l'île. Les fonds explorés sont à une profondeur moyenne de  $17,3 \pm 0,6$  m sur un herbier de Posidonie sur roches avec un taux de recouvrement moyen de  $91,7 \pm 10,4\%$ . Ce site est particulièrement exposé au vague, surtout venant de l'ouest et du sud. Aucun signe de mortalité suspecte n'a été observé sur ce site lors des comptages réalisés le 16 janvier 2019.

Tableau 5 : Densité de *P. nobilis*, recouvrement de l'herbier de posidonie et profondeur pour chaque point d'échantillonnage à Porquerolles.

Porquerolles	26406		27795		29205		26703		24405		24994		24413		25004	
	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD
Nacre vivante (ind.100 m <sup>-2</sup> )	2,7	3,1	0,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	3,5
Nacre morte total (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,3	0,6	0,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nacre morte et cassée (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nacre morte intacte (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Recouvrement herbiers de posidonie (%)	100,0	0,0	83,3	5,8	36,7	5,8	36,7	37,9	91,7	10,4	100,0	0,0	88,3	10,4	95,0	0,0
Profondeur (m)	10,4	3,2	9,0	3,0	14,3	1,2	3,0	0,0	17,3	0,6	6,3	0,6	3,3	0,6	10,0	1,7

La taille moyenne des grandes nacres mesurées sur ce site est de  $51 \pm 11$  cm. Le plus petit individu mesurait 33 cm, et plus grand mesurait 74 cm. Aucun juvénile n'a été observé (Figure 18).

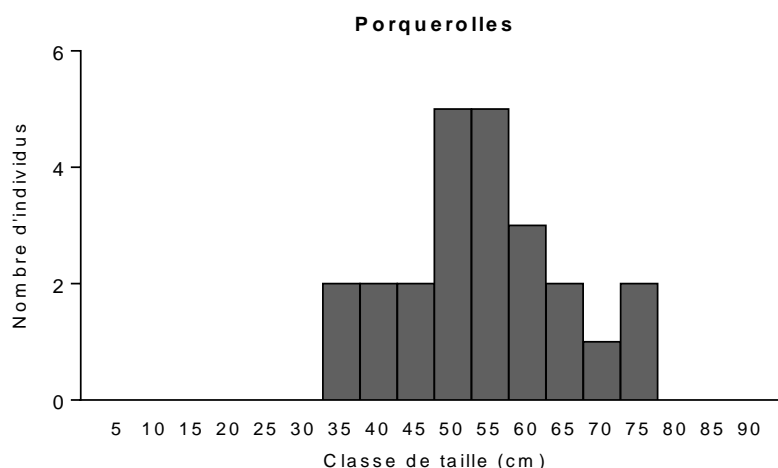


Figure 18 : Répartition des classes de taille des *P. nobilis* vivantes mesurées à Porquerolles.

### Cap Bénat

Les 8 points échantillonnés autour du Cap Bénat sont à des profondeurs comprises entre 3 m et 15 m (profondeur moyenne =  $9,0 \pm 4,3$  m) avec des taux de recouvrement d'herbier de posidonie variant entre 50 % et 100 % (taux de recouvrement moyen =  $87,1 \pm 13,7$  %). Sur l'ensemble des points, 65 *P. nobilis* vivantes ont été observées ainsi que 18 individus morts dont 3 cassés. La densité moyenne de nacres vivantes de ce site est de  $2,7 \pm 2,5$  ind.100m<sup>-2</sup> (Tableau 6 , Figure 20 et 21).

Les plus fortes densités ont été rencontrées au point 9235 (profondeur moyenne =  $10,0 \pm 2,0$  m ; taux de recouvrement de l’herbier de posidonie =  $90,0 \pm 5,0$  %) situé entre la Pointe de l’Esquilette et la pointe du Pinet (au Nord-Est du Cap Bénat). La densité moyenne observées sur ce site est de  $6,3 \pm 3,1$  ind.100m<sup>-2</sup>. Il s’agit des plus fortes densités de *P. nobilis* vivantes de toute la zone d’étude.

Le point 12188 (le plus à l’ouest du cap Bénat) semble avoir été atteint par une épizootie récente provoquant 100 % de mortalité (Figure 19). En ce site, les individus étaient tous morts depuis peu de temps (mois de 6 mois) car l’intérieurs de la coquille ne présentait pas de fouling. Les sites 11862, 12191, 11535, situés à moins d’un km ne montraient pas de signe de mortalité suspecte.



Figure 19 : *Pinna nobilis* morte au point 12188, Cap Bénat.

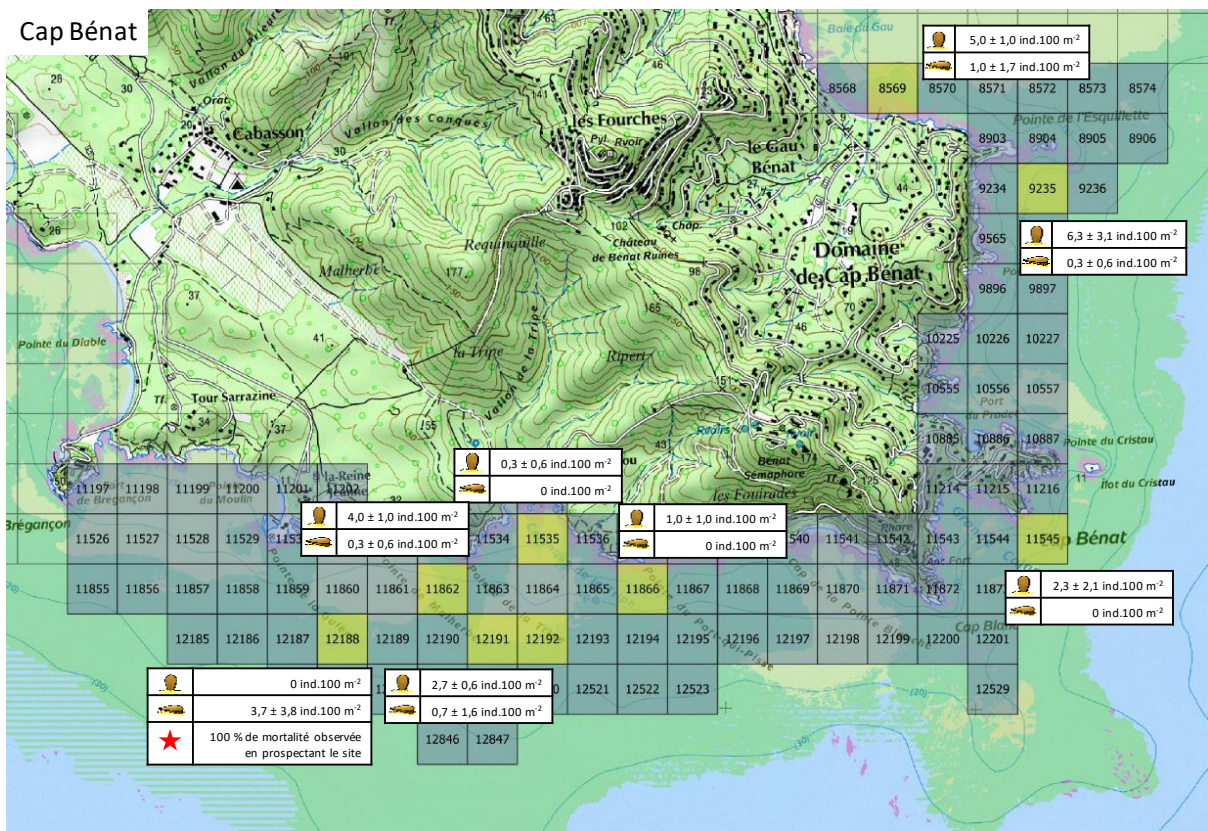


Figure 20 : Localisation des points d’échantillonnage et densités de *P. nobilis* vivantes et mortes pour chaque point d’échantillonnage au Cap Bénat.

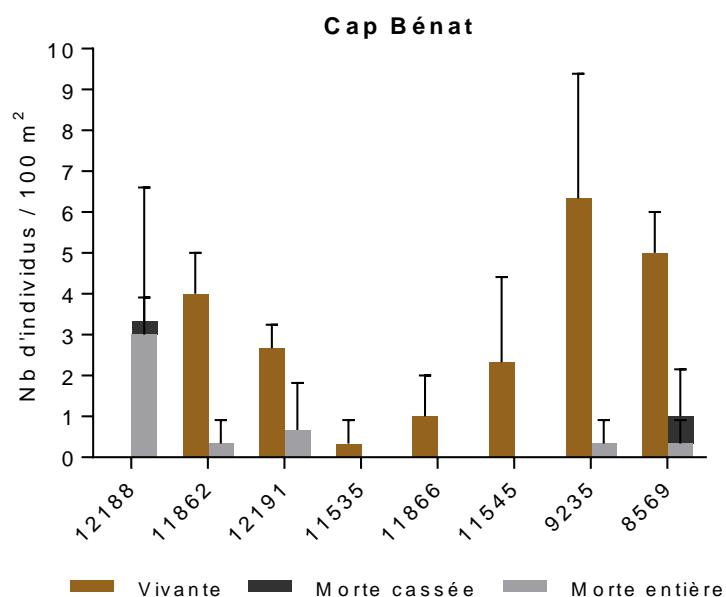


Figure 21 : Densités de *P. nobilis* vivantes, mortes cassées et mortes entières des 8 points d'échantillonnage au Cap Bénat.

Tableau 6 : Densité de *P. nobilis*, recouvrement de l'herbier de posidonie et profondeur pour chaque point d'échantillonnage au Cap Bénat.

Cap Bénat	12188		11862		12191		11535		11866		11545		9235		8569	
	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD	Moy.	±SD
Nacre vivante (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,0	0,0	4,0	1,0	2,7	0,6	0,3	0,6	1,0	1,0	2,3	2,1	6,3	3,1	5,0	1,0
Nacre morte total (ind.100 m <sup>-2</sup> )	3,7	3,8	0,3	0,6	0,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	1,0	1,7
Nacre morte et cassée (ind.100 m <sup>-2</sup> )	3,0	3,6	0,3	0,6	0,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,6
Nacre morte intacte (ind.100 m <sup>-2</sup> )	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,2
Recouvrement herbiers de posidonie (%)	98,3	2,9	95,0	5,0	91,7	7,6	56,7	11,5	90,0	0,0	90,0	8,7	90,0	5,0	90,0	8,7
Profondeur (m)	14,3	0,6	9,7	0,6	14,0	0,0	3,0	0,0	5,8	0,3	11,3	1,2	10,0	2,0	3,7	1,2

La taille moyenne des grandes nacres mesurées sur ce site est de 51 ±13 cm. Deux individus mesurant 10 cm ont été observés. Il s'agit de juvéniles issus d'un recrutement récent. Le plus grand individu observé sur ce site mesurait 74 cm (Figure 22).

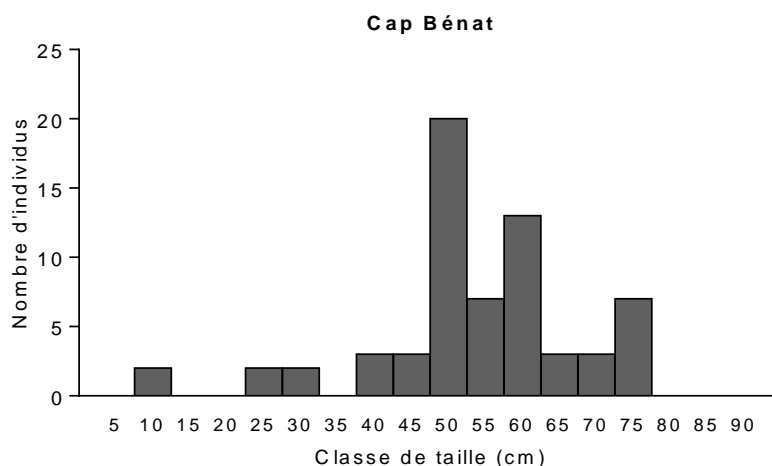


Figure 22 : Répartition des classes de taille des *P. nobilis* vivantes mesurées au Cap Bénat.

## Discussion

Les grandes nacres sont réparties de manière hétérogène sur le fond. Leur présence est en partie liée à celle de leur habitat de prédilection, l'herbier de posidonie. Sauf une exception (sur le site du Pradet), nous n'avons pas observé plus d'une nacre par transect de 100 m<sup>2</sup> lorsque le taux de recouvrement de l'herbier est inférieur à 80 % (Figure 6). Cependant, au sein d'un herbier de posidonie la densité de grandes nacres peut être très variable avec des densités allant de 0 à 11 individus par transect. De plus, sur un point d'échantillonnage présentant un habitat similaire entre les 3 transects, les densités peuvent être très variables (écarts-types élevés) et le nombre d'individus observés est parfois faible. Ainsi, le protocole d'échantillonnage mis en place permet d'obtenir des informations sur les densités de grandes nacres et l'état de santé des populations sur les différents points d'échantillonnages, mais il faut interpréter avec prudence ces données à l'échelle du site. Par exemple, autour de Porquerolles nous avons pu observer une densité assez faible de 1,0 ind.100m<sup>-2</sup> mais avec un écart type très important de 2,2 ind.100m<sup>-2</sup>. Ce résultat est fortement influencé par 5 points d'échantillonnages pour lesquels aucune nacre n'a été observée alors que sur les 3 autres, les densités sont comprises entre 0,7 ± 1,2 ind.100m<sup>-2</sup> et 4,7 ± 3,5 ind.100m<sup>-2</sup>. Nous recommandons donc de prendre avec prudence les extrapolations de données de densité à l'échelle du site.

Historiquement, les densités de *Pinna nobilis* rencontrées autour de Port-Cros se situent entre 1 et 8 ind.100m<sup>-2</sup> (Vicente et al., 1980 ; Moreteau et Vicente, 1982 ; Medioni et Vicente, 2001 ; Vicente 2009 ; Rouanet et al., 2015 ; Trigos et Vicente 2018). Dans la rade de Port-Cros, des densités comprises entre 0,15 ind.100m<sup>-2</sup> et 1,0 ind.100m<sup>-2</sup> avaient été observées en 2004 (Vicente, 2004), puis en 2009 des densités de 2,0 ind.100m<sup>-2</sup> ont été rapportées (Vicente, 2009). Dans la présente étude, les densités observées pour ce site sont du même ordre de grandeur, comprises entre 0,7±0,6 ind.100m<sup>-2</sup> et 6,0±1,7 ind.100m<sup>-2</sup>. À Porquerolles, autour du Langoustier en 2005-2006, des densités comprises entre 0,0 et 2,0 ind.100m<sup>-2</sup> ont été

observées (Vicente, 2006). En 2009, la densité était de 0,5 ind.100m<sup>-2</sup> (Vicente, 2009). Dans la présente étude, les densités de ce site sont similaires, comprises entre 0,7 ind.100m<sup>-2</sup> et 2,7 ind.100m<sup>-2</sup>. Côté Nord-Est de l'île de Poquerolles, proche de la Pointe du Gros Baou, la densité moyenne de nacres observé en 2019 est de 4,7 ± 3,5 ind.100m<sup>-2</sup>, plus importante que celles rapportées par Vicente (2006) en 2005-2006, comprises entre 0,0 et 2,5 ind.100m<sup>-2</sup>.

Globalement, les densités de *P.nobilis* relevées dans cette étude sont du même ordre de grandeur que celles observées entre 2005 et 2009 pour les sites où des données comparables sont disponibles. Les données antérieures n'ont pas vraiment été acquises avec le même protocole, ni exactement sur les mêmes points. La répartition très hétérogène des populations de nacres ne nous permet pas de comparer plus finement l'évolution des populations entre nos données et celle des études antérieures sur la zone.

Sur les 41 sites échantillonnés, seul un semble avoir été atteint par une épizootie récente provoquant 100 % de mortalité. Il s'agit du site n°12188, le plus à l'ouest du cap Bénat. En ce site, les individus étaient morts depuis peu de temps (mois de 6 mois) car l'intérieur de la coquille de présentait pas de fouling. Les sites prospectés à moins d'un km ne montraient pas de signe de mortalité suspecte. Il semblerait que la maladie se soit déclarée sur une petite zone comprenant ce site. Il est également possible que d'autres secteurs non prospectés soient touchés par le même phénomène.

Il nous semble donc important de mettre en place une veille écologique sur cette zone et les zones adjacentes afin de pouvoir déterminer précisément l'étendue de la surface concernée, surveiller l'évolution de la situation et acquérir des informations sur les conditions d'activation et de développement de probables épisodes de mortalité.

La température étant un paramètre déterminant dans l'évolution et la vitesse de propagation de l'épizootie, des suivis réguliers ou permanents de la température de l'eau sont à prévoir, idéalement à différentes profondeurs. La veille écologique particulièrement centrée sur une zone où l'on soupçonne fortement un foyer de maladie permettrait de mieux comprendre les conditions environnementales favorables à son activation et les mécanismes et la cinétique de sa propagation.

Il serait aussi important de réaliser des prélèvements de nacres vivantes (en bonne santé apparente ou moribondes s'il y en a) afin de procéder à des analyses permettant d'identifier les causes de cette mortalité (présence d'*Haplosporidium pinnae* et/ou d'autres agents pathogènes impliqués de type *Mycobacterium*).

## Conclusion

Cette étude a permis d'actualiser les données de suivis des populations de grandes nacres en certains points autour de Port-Cros et de Porquerolles et d'acquérir de nouvelles données au Pradet, autour de Giens et du Cap Bénat. Dans le contexte actuel de phénomène de mortalité

de masse qui affecte les populations de *P. nobilis*, ces données ont été acquises avant que le phénomène ne se répande dans l'aire du Parc national de Port-Cros et pourront servir de référence pour la surveillance de l'évolution potentielle de l'épizootie dans ce territoire.



## Bibliographie

- BASSO L., VÁSQUEZ-LUIS M., GARCÍA-MARCH J.R., DEUDERO S., ÁLVAREZ E., VICENTE N., DUARTE C.M., HENDRIKS I.E., 2015. - The pen shell, *Pinna nobilis*: a review of population status and recommended research priorities in the Mediterranean Sea. In Curry B.E. Ed, *Adv Mar Biol* 71. Oxford: Academic Press : 109-160.
- BUTLER A., VICENTE N., DE GAULEJAC B., 1993. - Ecology of the pteroid bivalves *Pinna bicolor* Gmelin and *Pinna nobilis* L. *Marine Life*, 3(1-2) : 37-45.
- CARELLA F., ACETO S., POLLARO F., MICCIO A., IARIA C., CARRASCON., PRADO P., DE VICO G., 2019. – A mycobacterial disease is associated with the silent mass mortality of the pen shell *Pinna nobilis* along the Tyrrhenian coastline of Italy. *Scientific Report* 9, Article number : 2725 (2019).
- CATANESE G., GRAU A., VALENCIA J.M., GARCÍA-MARCH J.R., ÁLVAREZ E., DEUDERO S., DARRIBA S., CARBALLAL M.J., VILLALBA A., 2018. - *Haplosporidium pinnae* sp. nov., a haplosporidan parasite associated with massive mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Invertebrate Pathology*, 157 : 9–24, <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.07.006>
- DE GAULJAC, B., VICENTE, N., 1990. Ecologie de *Pinna nobilis* (L.) mollusque bivalve sur les côtes de Corse. Essais de transplantation et expériences en milieu contrôlé. *Haliotis*, 10 : 83-100.
- GARCÍA MARCH J.R., TENA-MEDIALDEA J., HENANDIS-CABALLERO S., VÁSQUEZ-LUIS M., LÓPEZ D., TÉLLEZ C., PRADO P., NAVAS J.I., BERNAL J., CATANESE G., GRAU A., LÓPEZ-SANMARTÍN M., NEBOT-COLOMER E., ORTEGA A., PLANES S., KERSTING D., JIMENEZ S., HENDRIKS I., MORENO D., GIMÉNEZ-CASALDUERO F., PÉREZ M., IZQUIERDO A., SÁNCHEZ J., VICENTE N., SANMARTIN N., GUIMERANS M., CRESPO J.L., VALENCIA J.M., TORRES J., BARRAJON A., ÁLVAREZ E., PEYRAN C., MORAGE T., DEUDERO S., 2019. - Can we save a marine species affected by a highly-infective-highly-lethal-waterborne disease from extinction ? *Biological Conservation*. Soumis.
- GARCÍA MARCH J.R., RAFAEL J., VICENTE N., 2006. - Protocole d'étude et de surveillance des populations de *Pinna nobilis* dans les aires marines protégées. MEDPAN/Autorité Maltaise pour l'environnement et la planification (MEPA) publ. : 1-81.
- MORETEAU J.C., VICENTE N., 1982. - Evolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusca, Bivalvia). *Malacologia*, 22(1-2) : 341-345.
- KATSANEVAKIS S., TSIRINTANIS K., TSAPARIS D., DOUKAS D., SINI M., ATHANASSOPOULOU F., KOLYGAS M.N., TONTIS D., KOUTSOUBAS D., BAKOPOULOS V., 2019. - The cryptogenic parasite *Haplosporidium pinnae* invades the Aegean Sea and causes the collapse of *Pinna nobilis* populations. *Aquatic Invasions*, 14, <https://doi.org/10.3391/ai.2019.14.2.01>
- KATSANEVAKIS S., 2005. - Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. *Endanger. Species Res.*, 1 : 1-9.
- KERSTING D. K., GARCÍA-MARCH J. R., 2017. - Long-term assessment of recruitment, early stages and population dynamics of the endangered Mediterranean fan mussel *Pinna nobilis* in the Columbretes Islands (NW Mediterranean). *Mar. Environ. Res.*, 130 : 282-292.

MEDIONI E., VICENTE N., 2001. - Programme de recherches sur la grande nacre de Méditerranée *Pinna nobilis*. Rapport Contrat de recherches Total ELF Fina, Paris : 1-44.

ROUANET E., TRIGOS S., VICENTE N., 2015. - From youth to death of old age: the 50-year story of a *Pinna nobilis* fan mussel population at Port-Cros Island (Port-Cros National Park, Provence, Mediterranean Sea). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 29 : 209-222.

TRIGOS S., VICENTE N., 2018. – Population statut of *Pinna nobilis* in four protectareas of France and Monaco. *Vie et Milieu*, 68 (2-3) : 145-149.

VÁSQUEZ-LUIS M., ÁLVAREZ E., BARRAJÓN A., GARCÍA-MARCH J.R., GRAU A., HENDRIKS I.E., JIMENEZ S., KERSTING D., MORENO D., PEREZ M., RUIZ J.M., SÁNCHEZ J., VILLALBA A., DEUDERO S., 2017. - S.O.S. *Pinna nobilis*: a mass mortality event in western Mediterranean Sea. *Front. Mar. Sci.*, 4, 220. 10.3389/fmars.2017.00220

VICENTE N., 2009. - Poursuite de l'inventaire des populations de *Pinna nobilis* sur les sites de Port-Cros et de Porquerolles. Rapport Parc national de Port-Cros, Hyères : 1-35.

VICENTE N., 2006. - Les populations de *Pinna nobilis* sur les sites de Port-Cros et de Porquerolles. Rapport Parc national de Port-Cros, contrat n°05.007, Hyères : 14 pp.

VICENTE N., 2004. - Poursuite de l'étude des populations de *Pinna nobilis* dans les eaux de Port-Cros. Rapport Parc national de Port-Cros, contrat n°03-022, Hyères : 18 pp.

Vicente, N., Moreteau, J.C., 1991. - Statut de *Pinna nobilis* L. en Méditerranée (Mollusque Eulamelibranche). In : Boudouresque, C.F., Avon, M., Gravez, V. (Eds.), *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie, Marseille, pp. 159–168.

VICENTE N., 1990. - Estudio ecológico y protección del molusco lamelibranquio *Pinna nobilis* L. 1758 en la costa mediterránea. *Iberus*, 9(1-2) : 269-279.

VICENTE N., MORETEAU J.C., ESCOUBET P., 1980. - Étude de l'évolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusque Eulamelibranche) au large de l'anse de La Palud. *Trav Sci Parc Natl Port-Cros* 6 : 39-68.

ZAVODNIK D., HRS-BRENKO M., LEGAC M., 1991. - Synopsis on the fan shell *Pinna nobilis* L. in the eastern Adriatic Sea. In : *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V. (éd.), GIS Posidonie publ., Marseille : 169-178.