

La Nacre épineuse (*Pinna rudis*, Linné 1758) dans l'aire marine protégée du Parc national de Port-Cros.

The rough pen shell *Pinna rudis* (Linnaeus, 1758) in the marine protected area of Port-Cros National Park.

Noé Dadoun¹, Lola Roda^{1,2}, Patrice Guerry¹, Stéphane Anger¹, Alexandre Sapanel²,
Anne-Laure Buffet², Fabrice Roda².

¹Sun plongée, île de Port-Cros, 83400 Hyères, France

²SIS Faune, Société d'Intérêt Scientifique pour la Faune sauvage, 757 chemin du Collet Redon, 83136 Rocbaron, France

Auteur correspondance :
roda_fabrice@yahoo.fr

Contribution des auteurs

ND : investigations de terrain (participation majeure), Photographie (participation majeure), support logistique plongée (participation majeure), écriture et révision du manuscrit (participation majeure). LR : investigations de terrain (participation majeure), support logistique plongée (participation majeure), analyse des données (participation mineure), écriture et révision du manuscrit (participation majeure). PG : support logistique plongée (participation majeure), investigations de terrain (participation mineure). SA : mise à disposition des ressources du Sun Plongée (participation majeure), support logistique plongée (participation majeure), investigations de terrain (participation mineure), écriture et révision du manuscrit (participation mineure). AS : investigations de terrain (participation mineure), écriture et révision du manuscrit (participation mineure). ALB : conceptualisation (participation mineure), analyse des données (participation mineure), écriture et révision du manuscrit (participation mineure). FR : conceptualisation (participation majeure), analyse des données (participation majeure), investigations de terrain (participation mineure), Méthodologie (participation majeure), écriture et révision du manuscrit (participation majeure).

Déclaration éthique

Tous les auteurs approuvent le contenu du manuscrit et sa soumission dans la revue MarineLife.fr. Ni le manuscrit, ni aucune partie ne sont actuellement publiés ou soumis dans une autre revue. Aucun des auteurs n'a de conflit d'intérêt avec des personnes ou des organismes qui pourraient influencer de façon inappropriée leur travail. En raison du statut des grandes nacres et des nacres épineuses comme espèces protégées, l'échantillonnage de *P. nobilis* et *P. rudis* a été effectué dans le respect de la législation en vigueur, de façon totalement non invasive ; aucun prélèvement n'a été effectué. Les plongées ont été réalisées en respectant strictement le règlement de plongée et la charte de plongée (zones, périodes autorisées, règles de bonne conduite) du Parc national de Port-Cros.

Abstract

The rough pen shell *Pinna rudis* (Linnaeus, 1758) in the marine protected area of Port-Cros National Park, 2025.

Since 2017, a mass mortality event (MME) has decimated the populations of fan-pen shells *Pinna nobilis* in the Mediterranean and on the French coasts. This MME affected the island of Port-Cros and its marine protected area between 2017 and 2020. In parallel with the almost complete disappearance of *P. nobilis*, observations of *Pinna rudis* in the Mediterranean are increasing and this species of Atlantic origin seems to be colonizing the spaces left by its congeneric *P. nobilis*. Since this EMM, no recent census of the nacre populations had been carried out in the coastal waters of the island of Port-Cros. We used citizen science to find out the distribution of *P. nobilis* and *P. rudis* in the marine protected area of Port-Cros Island. We found dead *Pinna nobilis* in 89% (24 out of 27) sites surveyed during summer 2024. Live pen shells with a *P. nobilis* phenotype were found in one site. Our results indicate that the MME of fan-pen shells affected just over 95% of the sites of population presence in Port-Cros. Live pen shells with a phenotype of *P. rudis* have been found in 17% of sites where dead pen shells with a phenotype of *P. nobilis* are found. This study has filled a gap in the knowledge of the pen shells stands at port-Cros. Taking into account the citizen science of local actors can thus contribute to scientific knowledge, environmental protection and ultimately, a more efficient management of the marine protected area of the Port-Cros National Park.

KEY WORDS:

Molluscan bivalve, Mediterranean, phenotype, sampling.

Résumé

La Nacre épineuse (*Pinna rudis*, Linné 1758) dans l'aire marine protégée du Parc national de Port-Cros, 2025.

Depuis 2017, un événement de mortalité massive (EMM) a décimé les populations de grandes nacres *Pinna nobilis* sur les côtes françaises et l'ensemble de la Méditerranée. Cet EMM a touché l'île de Port-Cros et son aire marine protégée entre 2017 et 2020. Parallèlement à la disparition quasi complète de *P. nobilis*, les observations de *Pinna rudis* en Méditerranée sont en augmentation et cette espèce d'origine Atlantique semble en voie de colonisation des espaces laissés libres par sa congénère *P. nobilis*. Depuis cet EMM, aucun recensement récent des populations de nacres n'avait été réalisé dans les eaux côtières de l'île de Port-Cros. Nous avons au cours de cette étude utilisé les sciences citoyennes pour renseigner la distribution de *P. nobilis* et *P. rudis* dans l'aire marine protégée de l'île de Port-Cros. Nous avons trouvé des *P. nobilis* mortes dans 89% (24 sur 27) des sites prospectés durant l'été 2024. Des nacres vivantes avec un phénotype de *P. nobilis* ont été trouvées dans un seul site. Nos résultats indiquent que l'EMM qui a touché les grandes nacres a affecté un peu plus de 95% des sites de présence de populations à Port-Cros. Des nacres vivantes avec un phénotype de *P. rudis* ont été trouvées dans 17% des sites où l'on trouve des nacres mortes ayant un phénotype de *P. nobilis*. Cette étude est venue combler une lacune dans les connaissances des peuplements de nacres à Port-Cros. La prise en compte des compétences scientifiques citoyennes des acteurs locaux peut ainsi contribuer à la connaissance scientifique, la protection de l'environnement et in fine, à un management plus efficient de l'aire marine protégée du Parc national de Port-Cros.

MOTS CLÉS:

mollusque bivalve, Méditerranée, phénotype, échantillonnage.

Introduction

La famille des Pinnidae est composée de mollusques bivalves marins filtreurs, qui ont une forme triangulaire longue et sont fragiles, avec l'extrémité pointue ancrée dans le substrat à l'aide d'un byssus. Il s'agit d'une des rares familles de bivalves dont tous les membres sont de grande taille, exceptionnellement jusqu'à 120 cm chez *P. nobilis* (Vicente & Moreteau, 1991 ; Vicente, 2020). Dans la mer Méditerranée, on trouve deux espèces du genre *Pinna* : *P. nobilis* Linnaeus, 1758 (endémique à la Méditerranée) ; et *P. rudis* Linnaeus, 1758 (Vicente, 2020, 2021).

Récemment, sur les côtes espagnoles la population de *P. nobilis* a chuté, ce qui a suscité des inquiétudes et un changement de statut : la grande nacre est passée du statut d'espèce « vulnérable » à celui de « gravement menacé » avec un risque grave d'extinction (Orden TEC/1078/2018) ; et ce mollusque a été inscrit sur la liste rouge de l'UICN comme « menacée d'extinction » (Kersting *et al.*, 2019). Cela est dû à un événement de mortalité massive (EMM) qui a touché les populations de *P. nobilis* à partir du début de l'automne 2016 avec des niveaux de mortalité extrêmement élevés, atteignant jusqu'à 100 % dans les populations surveillées (Vasquez-Luiz *et al.*, 2017 ; Kersting *et al.*, 2019). L'EMM est principalement dû à un parasite, *Haplosporidium pinnae* (Catanese *et al.*, 2018, Boudouresque *et al.* 2020) mais aussi plus probablement à la co-occurrence de plusieurs pathogènes et de facteurs environnementaux (Carella *et al.*, 2024). Dans le même temps, l'espèce congénérique *P. rudis* ne semble pas touchée par cette EMM (Catanese *et al.*, 2018 ; Rubino *et al.*, 2024) et présente une répartition « en taches » dans la mer Méditerranée et l'océan Atlantique (Pope & Goto, 1993 ; Vicente, 2021). *Pinna rudis* est inscrite à l'annexe II de la Convention de Berne en tant qu'espèce marine strictement protégée et à la Convention de Barcelone en tant qu'espèce marine menacée ou en voie de disparition. Bien que les habitats prioritaires soient différents pour les deux espèces, ils coexistent dans certains endroits et circonstances puisque les deux espèces partagent un large chevauchement bathymétrique (Vasquez-Luiz *et al.*, 2014 ; Nebot-Colomer *et al.*, 2016 ; Kersting & García-March, 2017) et sont étroitement liées dans la phylogénie des Pinnidae (Lemer *et al.*, 2014 ; Vasquez-Luiz *et al.*, 2021).

Parallèlement à la disparition quasi complète de *P. nobilis*, les observations de *P. rudis* en Méditerranée sont en augmentation. On trouve des mentions de *P. rudis* dans la littérature scientifique (Donato *et al.*, 2021 ; Zotou *et al.*, 2023 ; Oprandi *et al.*, 2024) mais également sur les médias sociaux, suggérant que cette espèce pourrait bénéficier de la disparition de sa congénère, s'installant plutôt sur des substrats durs, mais également dans des habitats qui étaient à l'origine exclusifs de *P. nobilis* comme l'herbier à Posidonie sur sable grossier ou cailloutis. Contrairement à sa congénère *P. nobilis*, *P. rudis* n'est pas affectée par l'épizootie, et l'espèce ne connaît pas pour l'instant d'EMM. Dans une étude récente de Vázquez-Luiz *et al.* (2021), il est apparu que l'hybridation naturelle entre *P. nobilis* et *P. rudis* était possible. En outre, il semblerait que les hybrides soient également résistants à *H. pinnae*, comme le sont les individus de *P. rudis*. Cette découverte souligne l'importance de suivre la répartition actuelle

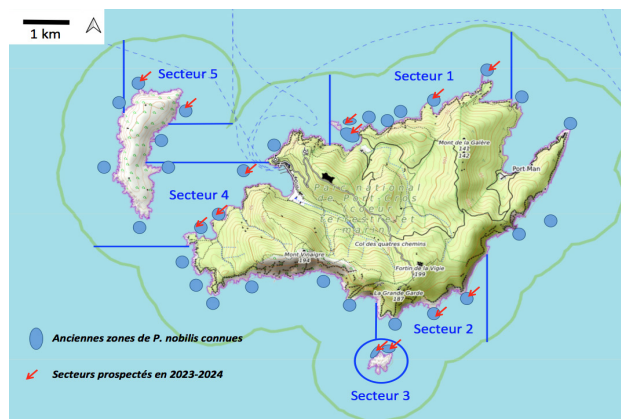


Fig. 1

Les anciens secteurs connus avec présence de *P. nobilis* sont représentés par des ellipses bleues. Ces secteurs ont fait l'objet par le passé d'études précises (Vicente, 2020) avant l'évènement de mortalité massive qui a affecté Port-Cros entre 2017 et 2020. Les flèches rouges indiquent les secteurs qui ont été prospectés en 2023-2024 par le biais des sciences participatives en faisant appel au club Sun Plongée de Port-Cros et l'association SIS Faune. Les barres bleues délimitent les 5 secteurs d'inventaire.

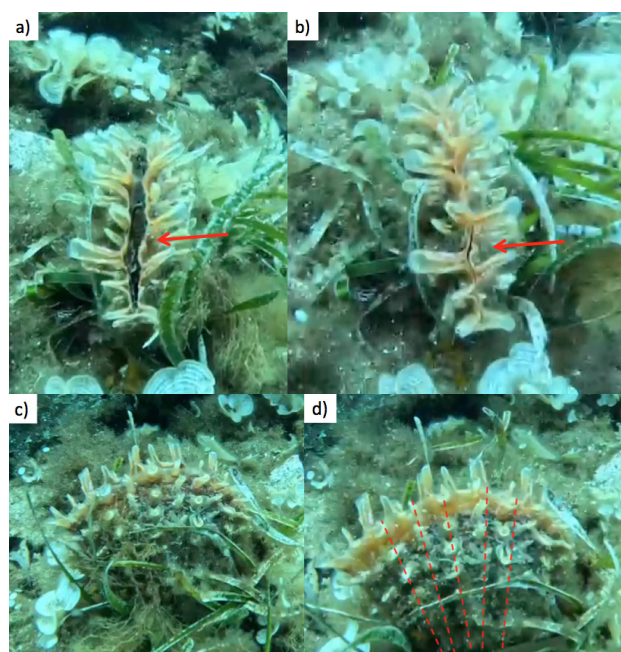


Fig. 2

Photographies de nacres épineuses *P. rudis* et critères d'identification. a) et b) les flèches rouges indiquent la bordure ondulée de l'ouverture des valves, caractéristique de *P. rudis*. c) et d) Les épines sont bien visibles. Les pointillés rouges sur la figure d) indiquent les nervures radiales très marquées. Notez sur les 4 photos les épines transparentes proches de l'ouverture des valves, qui indiquent un individu relativement jeune ou en croissance.

des deux espèces et d'identifier les zones de sympatrie, la coexistence sur un même substrat pouvant rendre l'hybridation plus probable. En France, la survivance d'individus de *Pinna nobilis* a été reportée en quelques endroits et en particulier dans les lagunes littorales (Simide *et al.*, 2019 ; Foulquié *et al.*, 2020 ; Vicente, 2022, Foulquié *et al.*, 2024). L'EMM a pleinement touché l'île de Port-Cros en 2017-2020. À Port-Cros, quelques individus survivants à phénotype de *P. nobilis* ont été trouvés au même endroit que des *P. rudis* (Ruitton et Lefebvre, 2021), mais en l'absence d'études génétiques, on ignore si ces individus survivants sont bien des *P. nobilis* ou s'il s'agit d'hybrides. Cette découverte a été réalisée grâce au signalement de plongeurs citoyens, et scientifiques qui avaient rapporté aux agents du Parc national avoir observé des individus vivants de *P. nobilis*, et les plongées de vérification par les agents du Parc réalisées par la suite ont permis de confirmer cette observation sur ce site précis, situé au nord de l'îlot de la Gabinière, sur la côte sud de l'île de Port-Cros. Cependant à l'heure actuelle, en dehors de ce site trouvé par des plongeurs citoyens scientifiques, aucune étude récente n'a été réalisée dans l'aire marine protégée de Port-Cros pour recenser et préciser l'état des populations de *P. nobilis* ou celles de *P. rudis*. Les seules études scientifiques fiables et rigoureuses de l'état des populations de *P. nobilis* et de leur répartition datent de recensements assez anciens couvrant une période allant de 1969 à 2014 (date de la disparition de la dernière grande nacre du champ de la Palud), et réalisés successivement par les campagnes Poséidon organisées par le commandant Taillez avec le professeur Vicente et d'autres scientifiques de la Station Marine d'Endoume à Marseille (Harmelin, *et al.*, 2013 ; Vicente, 2020). À ce jour, aucun recensement n'a été effectué concernant l'état de colonisation par *P. rudis* des eaux de l'aire marine protégée du Parc national de Port-Cros.

La science citoyenne est un outil d'acquisition de données qui peut aussi représenter l'une des méthodes de surveillance les plus efficaces pour ces deux espèces importantes au niveau écologique. En effet, de

nombreuses études ont démontré comment la science citoyenne ou science participative peut produire un ensemble de données de haute qualité exploitable par les scientifiques (Kosmala *et al.*, 2016 ; McKinley *et al.*, 2017 ; Krželj *et al.*, 2020 ; Deidun *et al.*, 2022 ; Dedet *et al.*, 2024). L'acquisition de données n'est pas la seule contribution que les programmes de science citoyenne peuvent apporter : en effet, la réalisation de tels programmes favorise également la mise en œuvre de l'éducation environnementale, et la protection de l'environnement marin grâce à une surveillance attentive. Ainsi, les plongeurs citoyens scientifiques représentent autant de paires d'yeux supplémentaires, à la disposition des gestionnaires d'aires marines protégées. La science citoyenne est un processus de participation et d'intégration impliquant à la fois des scientifiques professionnels et des citoyens (Kelly *et al.*, 2021), la science citoyenne ou science participative étant considérée comme un tremplin dans l'éducation d'une nouvelle génération de citoyens ayant une culture méditerranéenne et pleinement engagés dans la protection de la mer (Mokos *et al.*, 2020).

Ce travail est la première tentative récente de collecte d'informations sur la distribution et la co-occurrence potentielle de *P. nobilis* et *P. rudis* dans les eaux littorales de l'île de Port-Cros depuis l'EMM de l'espèce *P. nobilis*. Cette étude de science participative a pour objectif de combler une lacune dans les données récentes dans le Parc national de Port-Cros et de faire un état des lieux de la dynamique des populations, de mettre en évidence les tendances entre les derniers recensements anciens et 2024. L'objectif de cet article est également de mettre en valeur le très haut niveau d'implication des plongeurs citoyens scientifiques et habitants basés à Port-Cros dans la conservation et la surveillance de l'environnement marin de Port-Cros.

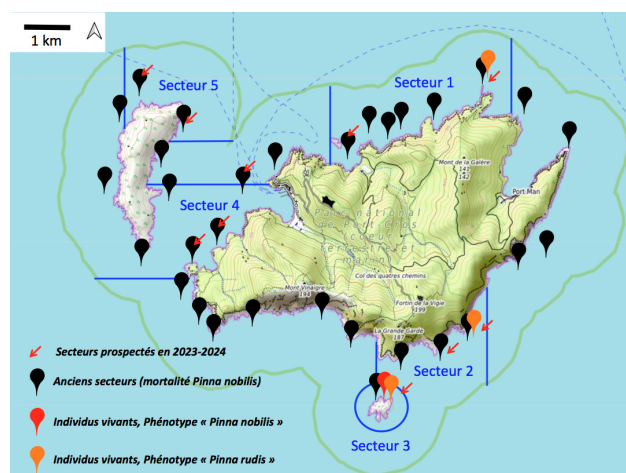


Fig. 3

Répartition des anciens secteurs de présence connue de *P. nobilis* (d'après Vicente, 2020). Les *P. nobilis* représentées en noir indiquent les zones où se sont produits des épisodes de mortalité massive (données non publiées). En rouge le seul secteur où subsistent des nacres vivantes ayant un phénotype « *Pinna nobilis* ». En orange les secteurs où se trouvent des *P. rudis* vivantes, nouvellement recrutées. Les flèches rouges indiquent les sites qui ont été inventoriés au cours de la présente étude.

Matériel et Méthodes

Méthodologie de prospection

Une étude de terrain a été réalisée en 2023-2024 en utilisant les données citoyennes produites par les plongeurs citoyens scientifiques et habitants de Port-Cros. Les études ont été réalisées dans le respect de la réglementation en vigueur dans l'aire marine protégée de Port-Cros, et un effort particulier a été exercé pour prospecter les zones connues pour leurs populations historiques de *P. nobilis*. Les secteurs prospectés et zones d'études sont représentés sur la Figure 1. La localisation exacte des stations de prospection a été choisie en fonction des critères suivants : l'occurrence de prairies étendues à posidonies, et les connaissances antérieures recueillies par les plongeurs citoyens scientifiques de Port-Cros concernant la présence de *Pinna sp.* dans la zone.

Examen macroscopique

Pour identifier les grandes nacres ou les nacres épineuses, nous avons effectué des examens morphologiques selon la procédure décrite par Vicente (2021). Ainsi, *P. nobilis* et *P. rudis* peuvent difficilement être confondues. La taille maximale de *P. rudis* ne dépasse pas 40 cm, contre plus d'un mètre pour *P. nobilis* ; cependant pour les individus dont la taille est inférieure à 40 cm, ce critère ne permet pas de différenciation entre les deux espèces. La coquille de *P. rudis* est triangulaire en forme d'éventail allongé, et est plus épaisse que celle de *P. nobilis* adulte. La *P. rudis* présente de 5 à 10 nervures radiales très marquées, avec de grandes épines écailleuses en forme de tuiles dans la région postérieure. Les adultes de *P. nobilis* ne présentent pas d'épines marquées, mais de petites rugosités. L'ouverture des valves chez *P. rudis* est ondulée, tandis que chez *P. nobilis* l'ouverture est lisse et rectiligne. Des hybrides de *P. nobilis* et *P. rudis* ont été observés sur les côtes méditerranéennes espagnoles (Vásquez-Luiz *et al.*, 2021). Les individus hybrides peuvent présenter des caractéristiques morphologiques intermédiaires entre *P. rudis* et *P. nobilis*. Une attention toute particulière a donc été portée sur la possibilité d'apparition de phénotypes hybrides.

Résultats et discussion

Nous avons prospecté 27 sites d'observations, répartis dans 5 secteurs d'intérêt (Fig. 1). Nous avons trouvé des *P. nobilis* mortes dans 24 des 27 sites prospectés, soit 89% des sites étudiés. Des nacres vivantes avec un phénotype de *P. nobilis* ont été trouvées dans un seul site, au sud de l'île, au lieu-dit « la Gabinière » ; cela représente 3,7% des sites prospectés. Des nacres vivantes avec un phénotype de *P. rudis* (Fig. 2) ont été trouvées dans 4 sites de prospection, soit un peu moins de 15% des sites prospectés. Les *P. rudis* découvertes sont réactives (elles se referment à notre approche), sauf une, qui restait ouverte à notre approche ; un déplacement d'eau dans sa direction ne provoquait pas sa fermeture. Aucune nacre vivante avec un phénotype « hybride » n'a été découverte. La présence de nacres vivantes avec un phénotype de *P. nobilis* dans

un peu moins de 4% des sites prospectés, est à mettre en relation avec la présence de grandes nacres mortes dans 89% des sites prospectés, et indique (si notre inventaire est représentatif, ce qui pourrait être confirmé ou infirmé par d'autres sessions d'observations dans les années à venir) que l'événement de mortalité massive qui a touché les grandes nacres a affecté un peu plus de 95% (23/24) des sites de présence de populations de nacres à Port-Cros.

Un autre résultat important de notre étude est que l'espèce *P. rudis* est aujourd'hui présente dans 17% des sites où l'on trouve des nacres mortes ayant un phénotype de *P. nobilis* ; un résultat à mettre en relation avec le fait qu'aucune *P. rudis* n'avait jamais été repérée dans les eaux de l'île de Port-Cros avant l'EMM qui a affecté les populations de *P. nobilis* à Port-Cros. Cette dynamique de colonisation des anciens sites à *P. nobilis* par sa congénère *P. rudis* semble confirmée par le fait que *P. rudis* est présente dans 4 fois plus de sites que les quelques *P. nobilis* vivantes qui subsistent. Aucune *P. rudis* morte n'a été trouvée au cours des prospections, ce qui semble indiquer que le recrutement des *P. rudis* dans les eaux de l'île de Port-Cros est relativement récent. La taille relativement homogène des spécimens rencontrés (hauteur au-dessus du substrat : 23 à 25 cm, plus grande largeur 17,5 à 18 cm), tout comme la transparence de leurs épines situées près de l'ouverture des valves, semblent indiquer des individus relativement jeunes et issus d'un même recrutement. Cela conforte l'hypothèse selon laquelle le recrutement de *P. rudis* est relativement récent dans les eaux de Port-Cros, et probablement concomitant à l'EMM de *P. nobilis*. En l'absence de modèle de croissance, il est cependant difficile d'estimer avec précision l'âge de ces nacres. La cartographie de la Figure 3 synthétise l'état des connaissances actuel concernant la distribution des *P. nobilis* et *P. rudis* dans les eaux côtières de Port-Cros. Cette distribution devrait probablement évoluer dans les années qui viennent ; de nombreux sites restent encore à inventorier.

La présence conjointe de nacres vivantes ayant des phénotypes de *P. rudis* et *P. nobilis* dans le même secteur d'inventaire (au nord de l'îlot de la Gabinière) peut permettre de suspecter la présence potentielle d'hybrides dans la population actuelle, ou dans un avenir proche. L'extraction non invasive d'ADN environnemental, ou l'extraction d'ADN par écouvillonnage permettraient sans doute de déterminer si les individus présentant des phénotypes *P. nobilis* sont génétiquement des spécimens de *P. nobilis* ou bien des hybrides. Un recensement par ADN environnemental dans les eaux côtières de Port-Cros serait sans doute un complément intéressant à la présente étude (mais les marqueurs de différenciation restent à développer). Il conviendra d'étudier l'évolution de la distribution dans les eaux de Port-Cros des nacres des deux espèces, et de porter une attention toute particulière à l'apparition de nacres présentant un phénotype hybride.

Conclusion

À l'heure où l'utilisation par les scientifiques des données issues des sciences citoyennes est en plein essor, cette étude montre que les citoyens scientifiques et acteurs locaux sont en mesure de combler des lacunes dans la récolte de données lorsque les autorités compétentes localement n'ont ni le temps ni les moyens d'investiguer correctement l'état des populations de *P. nobilis* et *P. rudis*. La prise en compte des compétences scientifiques citoyennes des acteurs locaux peut ainsi contribuer à la connaissance scientifique, la protection de l'environnement et *in fine*, à un management plus efficient de l'aire marine protégée du Parc national de Port-Cros. La Science Participative est de nos jours en plein essor, en particulier dans le domaine des Sciences Environnementales.

Remerciements

Nous tenons à remercier le professeur N. Vicente, qui nous a fait découvrir en DEUG la grande nacre et les merveilles de la biologie marine. Nous remercions également les deux arbitres anonymes qui nous ont permis d'améliorer le manuscrit. Nous remercions tout particulièrement le club Sun Plongée, sans qui ces prospections n'auraient pu avoir lieu. Les prospections ont eu lieu à partir du bateau de plongée le « Jean-Yann ». Nous remercions les habitants de Port-Cros qui ont partagé librement avec nous leurs connaissances du milieu et de l'île. Nous remercions Joëlle pour son excellente cuisine et son accueil, Cyrielle pour le partage de sa connaissance intime de l'île, de son historique et de ses fonds marins, Yann et Roxane pour leur accueil toujours bienveillant, Lisa et Stéphanie, Capucine, Olympe, Laura, Paul, Fanny pour les plongées partagées avec nous, Philippe et Stéphane pour le partage de connaissances concernant les fonds marins et tous les trésors qu'ils souhaitent encore nous faire découvrir, Jeanne et Danny pour toutes les anecdotes et les connaissances partagées, Pierre Buffet pour nous avoir fait découvrir « l'esprit de l'île », tous les plongeurs citoyens scientifiques qui nous ont fait remonter des informations, et d'une manière plus générale toutes les personnes et habitants de l'île de Port-Cros qui nous ont encouragés dans cette démarche de science participative à Port-Cros. Enfin nous souhaitons rendre hommage à Jean-Claude Ferri, disparu en mer.

Références

- Boudouresque, C-F., Blanfuné, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Perret-Boudouresque, M., Thibaut, T., 2020. Impacts of marine and lagoon aquaculture on macrophytes in Mediterranean benthic ecosystems. *Front.Mar.Sci.*, 7 (218): 1-19.
- Carella, A., Palić, D., Sarić, T., upan, I., Gorgoglione, B., Prado, P., Andree, K. B., Giantsis, I. A., Michaelidis, B., Lattos, A., Theodorou, J. A., Barja Perez, J. L., Rodriguez, S., Scarpa, F., Casu, M., Antuofermo, E., Sanna, D., Otranto, D., Panarese, R., Iaria, C., Marino, F., De Vico, G., 2024. Multipathogeninfections and multifactorial pathogenesis involved in noble pen shell (*Pinna nobilis*) mass mortality events: background and current pathologic approaches. *Vet. pathol.*, 60 (5). 560-577. <https://doi.org/10.1177/03009858231186>
- Catanese, G., Grau, A., Valencia, J.M., Garcia-March, J.R., Vasquez-Luiz, M., Alvarez, E., Deudero, S., Darriba, S., Carballal, M.J., Villalba, A., 2018. *Haplosporidium pinnae* sp.nov., an *haplosporidian* parasite associated with mass mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, In *the Western Mediterranean Sea. J. Invert. Pathol.*, 157. 9-24.
- Dedet, J., Lévy, G., Bottau, L., D'Antuoni, C., Fouilland, V., Fuser, J., Malachin, J.R., Roda, L., Sapanel, A., Sapanel, P., Sindou, P., Roda, F., 2024. La taille des groupes de cétacés varie en fonction de leur habitat : analyse des données d'observations opportunistes de Grands dauphins (*Tursiops truncatus*), Rorqual commun (*Balaenoptera physallus*) et Cachalot (*Physeter macrocephalus*) en Atlantique et Méditerranée française. *Faune PACA publication*, 123. 18 pp.
- Deidun, A., Prevati, O., Marrone, A., Gauci, A., Zammit, A., Tarasova, R., Galea, A., Galdies, J., Frascchetti, S., Drago, A., 2022. Ocean literacy and scientific data acquisition through citizen science campaigns : a mixed approach in the Maltese islands to collect information on *Pinna nobilis* and *Pinna rudis*. *Med. Mar. Sci.* 23 (2), 357-365.
- Donato, G., Vásquez-Luiz, M., Nebot-Colomer, E., Lunetta, A., Giacobbe, S., 2021. Noble fan-shell, *Pinna nobilis*, in Lake Faro (Sicily, Italy) : ineluctable decline or extreme opportunity ? *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 261.
- Foulquié, M., Dupuy de la Grandrive, R., Dalias, N., Vicente, N., 2020. Inventory and health status of the populations of *Pinna nobilis* (L.1758) in the Thau lagoon (Hérault, France). *Marinelife-revue.fr*.
- Foulquié, M., Coupé, S., Vicente, N., Bunet, R., 2024. Population status of the Critically Endangered fan mussel *Pinna nobilis* in Thau Lagoon (France). *Endang Species Res.* 55, 21-36.
- Harmelin, J.G., Vacelet, J., Vicente, N., 2013. Première évaluations du patrimoine sous-marin du Parc national de Port-Cros (France, Méditerranée) : les campagnes Poséidon, *Sci. Repts Port-Cros Natl Park*, 27, 119-128.
- Kelly, R., Fleming, A., Pecl, G.T., von Gönner, J., Bonn, A., 2020. Citizen science and marine conservation : a global review. *Philosophical transactions of the Royal Society B*, 375 (1814), 20190461.
- Kelly, R., Evans, K., Alexander, K., Bettiol, S., Corney, S., Cullen-Knox, C., Cvitanovic, C., de Salas, K., Emad, G.R.,

- Fullbrook, L., Garcia, C., Ison, S., Ling, S., Macleod, C., Meyer, A., Murray, L., Murunga, M., Nash, K.L., Norris, K., Oellermann, M., Scott, J., Stark, J.S., Wood, G., Pecl, G.T., 2021. Rev Fish Biol Fisheries. Doi :10.1007/s11160-020-09625-9
- Kersting, D.K., Garcíá-March, J.R., 2017. Long-term assesment of recruitment, early stages and population dynamics of the endangered Mediterranean fan mussel *Pinna nobilis* in the Columbretes Islands (NW Mediterranean). Marine Env. Res., 130. 282-292.
- Kersting, D., Benabdi, M., Čizmek, H., Grau, A., Jimenez, C., Katsanevakis, S., Ozturk, B., Tuncer, S., Tunesi, L., Vasquez-Luiz, M., Vicente, N., Otero Villanueva, M., 2019. *Pinna nobilis*. The IUCN red list of threatened species 2019 : <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3RLTS.T160075998A160081499.en>
- Kosmala, M., Wiggins, A., Swanson, A., Simmons, B., 2016. Assessing data quality in citizen science. Front. Ecol. Env, 14 (10). 551-560.
- Krželj, M., Cerrano, C., Di Camillo, C.G., 2020. Enhancing diversity knowledge through marine citizen science and social platforms : the case of *Hermodice carunculata* Annelida, Polychaeta). Diversity, 12, 311.
- Lemer, S., Buge, B., Bemis, A., Giribet, G., 2014. First molecular phylogeny of the circumtropical bivalve family Pinnidae (Molusca, Bivalvia) : evidence for high levels of cryptic species diversity. Mol Phylog and Evol 75 : 11-23.
- McKinley, D.C., Miller-Rushing, A.J., Ballard H.L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S.C., Evans, D.M., French, R.A., Parrish, J.K., Phillips, T.B., Ryan, S.F., Shanley, L.A., Shirk, J.L., Stepenuck, K.F., Weltzin, J.F., Wiggins, A., Boyle, O.D., Briggs, R.D., Chapin III, S.F., Hewitt, D.A., Preuss, P.W., Soukup, M.A., 2017. Citizen science can improve conservation science, natural ressource management, and environmental protection. Biol. Cons., 208. 15-28.
- Mokos, M., Cheimonopoulou, M.T.H., Koulouri, P., Previati, M., Realdon, G., Santoro, F., Mogias, A., Boubonari, T., Gazo, M., Satta, A., Ioakeimidis, C., Tojeiro, A., Chicote, C.A., Papathanassiou, M., Kevrekidis, T., 2020. Mediterranean sea literacy : when ocean literacy becomes region-specific. Med. Mar. Sci., 21 (3). 592-598.
- Nebot-Colomer, E., Vásquez-Luiz, M., Garcíá-March, J.R., Deudero, S., 2016. Population structure and growth of the threatened pen shell, *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in a western Western Mediterranean marine protected area. Med Mar Sci 17 (3) : 785-793.
- Opprandi, A., Aicardi, S., Azzola, A., Benelli, F., Bertolino, M., Bianchi, C.N., Chiantore, M., Ferranti, M.P., Mancini, L., Morri, C., Montefalcone, M., 2024. A tale of two sisters : the southerner *Pinna rudis* is getting north after the regional extinction of tje congeneric *P. nobilis* (Mollusca, Bivalvia). Diversity, 16, 120.
- Poppe, G.T., Goto, Y., 1993. European seashells, vol.2. Verlag Christma Hemmen, Wiesbaden, pp 55-72.
- Rubino, F., Fanelli, G., Denti, G., 2024. The queen is dead, long live the queen : the vanishing of *Pinna nobilis* and the onset of the congeneric *P. rudis* (Mollusca : bivalvia). Diversity, 16 (6). 341. <https://doi.org/10.3390/d16060341>
- Ruitton, S., Lefebvre, C., 2021. Toward a recovery of the pen shell *Pinna nobilis* in the French Mediterranean open sea ? Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park, 35. 429-434.
- Simide, R., Couvray, S., Vicente, N., 2019. Présence de *Pinna nobilis* (L. 1758) dans l'étang littoral de Diana (Corse). Marinelife-revue.fr.
- Vásquez-Luiz, M., March, D., Álvarez, E., Álvarez-Berastegui, D., Deudero, S., 2014. Spatial distribution modelling of the endangered bivalve *Pinna nobilis* in a marine protected area. Med Mar Sci : 626-634.
- Vásquez-Luiz, M., Alvarez, E., Barrajón, A., Garcíá-March, J.R., Grau, A., Hendriks, I.E., Jiménez, S., Kersting, D.K., Moreno, D., Pérez, M., Ruiz, J., 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.
- Vásquez-Luiz, M., Nebot-Colomer, E., Deudero, S., Planes, S., Boissin, E., 2021. Natural hybridization between pen shell species : *Pinna rudis* and the critically endangered *Pinna nobilis* may explain parasite resistance in *P. nobilis*. Molecular Biology reports, 48. 997-1004.
- Vicente, N., Moreteau, J.C., 1991. Statut de *Pinna nobilis* L. en Méditerranée (Mollusque Eulamellibranche). In : Boudouresque CF, Avon M, Gravez V (eds). Les espèces marines à protéger en Méditerranée, GIS Posidonie, Marseille. 159-168.
- Vicente, N., 2020. La grande nacre de Méditerranée. *Pinna nobilis*, un coquillage bivalve plein de noblesse. Sciences technologie santé. Presses universitaires de Provence. 152p.
- Vicente, N., 2021. Présence de *Pinna rudis* (Linné, 1758) sur les côtes méditerranéennes françaises. Marinelife-revue.fr. 1-10.
- Vicente, N., 2022. Observation d'une grande nacre *Pinna nobilis* dans la baie de Cassis. Marinelife-revue.fr.
- Zotou, M., Papadakis, O., Catanese, G., Stranga, Y., Ragkousis, M., Kampouris, T.E., Naasan Aga-Spyridopoulou, R., Papadimitriou, E., Koutsoubas, D., Katsanevakis, S., 2023. New kid in town : *Pinna rudis* spreads in the eastern Mediterranean. Med. Mar. Sci. 24. 709-721.