

Conseil de gestion du 1^{er} décembre 2025

Délibération n°2025-CG-15

Bastia, le 04 décembre 2025

Approbation de la proposition d'établissement d'une nouvelle zone de jachère destinée à la protection et à la restauration des populations d'oursins violets (*Paracentrotus lividus*) sur la commune de Luri (Santa Severa) dans le périmètre du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate.

- VU** le code de l'environnement, notamment ses articles L.334-3, L.334-4, L.334-5 et R.334-33,
- VU** le décret n°2016-963 du 15 juillet 2016 portant création du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** le décret n°2022-1422 du 10 novembre 2022 modifiant le décret n°2016-963 du 15 juillet 2016 portant création du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** l'arrêté inter préfectoral n°2B-2023-03-20-00005 du 20 mars 2023 portant nomination au conseil de gestion du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** l'arrêté inter préfectoral n°2B-2025-08-01-00004 du 1^{er} août 2025 portant modification de l'arrêté n°2B-2023-03-20-00005 du 20 mars 2023 portant nomination au conseil de gestion du parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** l'arrêté inter préfectoral n°2B-2025-11-19-00006 du 19 novembre 2025 portant modification de l'arrêté n°2B-2023-03-20-00005 du 20 mars 2023 portant nomination au conseil de gestion du parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** l'arrêté préfectoral n°2A-2025-09-19-00001 du 19/09/2025 portant interdiction temporaire du prélèvement de l'oursin violet (*Paracentrotus lividus*) à titre expérimental dans certaines zones du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** la délibération du conseil de gestion du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate du 8 juillet 2019 adoptant le projet de plan de gestion du parc naturel marin,

- VU** la délibération du conseil d'administration de l'AFB n°2019-53 du 24 septembre 2019 portant approbation du plan de gestion du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** la délibération PNMCCA-CG-2021-20 du conseil de gestion du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate du 1^{er} décembre 2021 approuvant la proposition de la commission halieutique du 03 novembre 2021 concernant le projet de création de zones de jachères pour les populations d'oursins comestibles,
- VU** la délibération du Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Corse n°09/2025 en date du 30 juillet 2025,
- VU** le rapport final du programme scientifique SPINA du mois de janvier 2024 sur le suivi des populations et la restauration de l'oursin violet dans le périmètre du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate,
- VU** le règlement intérieur du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate adopté le 3 avril 2023,
- VU** les propositions formulées par les organes délibérants des collectivités territoriales ou groupements de collectivités et par les personnes morales composant le conseil de gestion du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate, suite aux modifications intervenues dans la composition de leur représentation,

Considérant que les populations d'oursin violet (*Paracentrotus lividus*) connaissent, à l'échelle méditerranéenne comme sur le périmètre du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate (PNMCCA), une régression inquiétante en raison de la combinaison de facteurs anthropiques et écologiques (surpêche, dégradation des habitats, pollution, changement climatique, apparition de pathologies) rendant nécessaire la mise en place de mesures de gestion renforcées pour assurer la durabilité de la ressource,

Considérant que les zones de jachère, définies comme des « périmètres définis où le prélèvement de l'oursin violet (*Paracentrotus lividus*) par la pêche professionnelle et la pêche de loisir est interdit, sur une période limitée », constituent un outil de gestion efficace permettant la reconstitution naturelle des populations par la réduction de la pression de pêche, l'amélioration du succès reproducteur et la restauration des habitats littoraux,

Considérant que les résultats issus des suivis scientifiques menés dans le cadre des programmes SPINA et SPINA II réalisés par l'Université de Corse (UAR 3514 Stella Mare) mettent en évidence, sur plusieurs sites du parc dont Santa Severa (commune de Luri), des densités d'oursins adultes et subadultes très faibles, une absence de recrutement significatif et, dans certains cas, un risque d'effet Allee rendant la recolonisation naturelle incertaine, justifiant la création ou l'extension de zones de jachère,

Considérant que les échanges et propositions formulés lors de la commission halieutique du 15 avril 2025 ont confirmé la nécessité de reconduire les zones de jachère existantes et de créer une nouvelle zone à Santa Severa, les représentants de la profession ayant exprimé leur soutien à une stratégie de gestion croisée combinant jachères et restauration active,

Considérant que le site de Santa Severa présente une combinaison de caractéristiques écologiques favorables à l'établissement d'une jachère (habitats propices, faible densité d'adultes, absence de juvéniles, hydrodynamisme modéré), et qu'il constitue un secteur prioritaire pour la restauration de la ressource conformément aux données issues des suivis des programmes SPINA et SPINA II,

Considérant que le renouvellement des quatre zones de jachère existantes et la création d'une nouvelle zone sur la commune de Luri s'inscrivent pleinement dans les objectifs du plan de gestion du PNMCCA (notamment l'enjeu 3 relatif à une bonne gestion des ressources halieutiques pour assurer le renouvellement des stocks et permettre la pérennisation des activités) et permettent d'assurer la continuité scientifique et réglementaire après l'expiration de l'arrêté préfectoral du 9 novembre 2022,

Considérant que le quorum est atteint et que le conseil de gestion peut valablement délibérer,

Après en avoir délibéré, le conseil de gestion adopte la décision suivante :

Article 1 :

Le conseil de gestion du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate approuve à la majorité la proposition d'établissement d'une nouvelle zone de jachère destinée à la protection et à la restauration écologique des populations d'oursins violets sur la commune de Luri, secteur de Santa Severa, telle que définie dans la note technique présentée en séance.

Cette zone de jachère est instituée pour une durée expérimentale de cinq ans, durée nécessaire à l'évaluation pluriannuelle de la dynamique de recolonisation et des effets des actions de restauration.

Article 2 :

Le conseil de gestion approuve à la majorité la mise en œuvre, au sein de cette zone de jachère, d'une stratégie de gestion croisée fondée sur la combinaison :

- d'une interdiction totale de prélèvement de *Paracentrotus lividus* (stratégie de gestion passive),
- de relâchers expérimentaux contrôlés de juvéniles issus d'élevages selon les protocoles validés par l'Université de Corse – Stella Mare (stratégie de gestion active),
- d'un suivi scientifique continu et approfondi permettant l'évaluation des effets de la gestion passive et active.

Les relâchers, le suivi scientifique et les analyses seront réalisés selon les protocoles décrits dans les projets SPINA et SPINA 2, garantissant la continuité méthodologique et la fiabilité des résultats.

Article 3 :

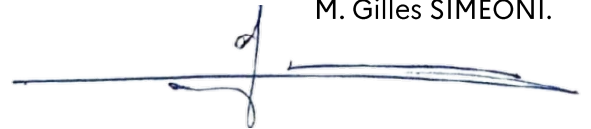
Le conseil de gestion recommande que :

- deux campagnes de terrain par an soient conduites selon les méthodes décrites dans la note technique (transects, mesures de densité, suivi des juvéniles, analyses statistiques),
- les résultats soient présentés annuellement à la commission halieutique puis au conseil de gestion,
- un bilan scientifique consolidé soit produit à l'issue de la période de cinq ans afin d'évaluer l'efficacité du dispositif et de proposer, le cas échéant, son renouvellement, son extension ou son adaptation.

Article 4 :

Le directeur de l'Office Français de la Biodiversité est chargé de l'application de la présente délibération qui fera l'objet des mesures de publicité prévues par l'article R. 334-15 du code de l'environnement et notamment de la publication au recueil des actes administratifs de l'Office.

U Presidente di u Parcu naturale marinu
di u Capicorsu è di l'Agriate
M. Gilles SIMEONI.



Note technique sur la gestion de l'Oursin violet (*Paracentrotus lividus*) au sein du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate / Parcu naturale marinu di u Capicorsu è di l'Agriate (PNMCCA)

Rédaction	Nicolas Tomasi
Validation Directrice déléguée	Maddy Cancemi
Date	25/11/2025

Sommaire

1.	Introduction.....	2
1.1.	Contexte général sur l'Oursin violet et sa gestion	2
1.2.	La gestion de la ressource halieutique au sein du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate	3
1.3.	Objectifs de gestion.....	4
2.	Cadre scientifique et méthodologique pour la création d'une zone de gestion à stratégie croisée	5
2.1.	Rôle écologique des oursins en milieu marin.....	5
2.2.	Pressions anthropiques et déclin des populations d'oursins.....	5
2.3.	Intérêt d'une zone de non-prélèvement.....	6
2.4.	Intérêt des expérimentations de gestion et de restauration d'oursins	6
2.4.1.	Méthodologie expérimentale.....	7
2.4.2.	Suivi et évaluation des résultats.....	7
2.5.	Proposition du site d'expérimentation de gestion à stratégie croisée : Santa Severa	8
3.	Conclusion et perspectives.....	10
	Références bibliographiques	11

1. Introduction

1.1. Contexte général sur l'Oursin violet et sa gestion

Les écosystèmes marins jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement global de la biosphère. Ils participent activement à la régulation du climat en absorbant environ 30 % du dioxyde de carbone atmosphérique (Pörtner et al., 2019) et en produisant plus de 50 % de l'oxygène terrestre grâce aux organismes photosynthétiques marins, notamment le phytoplancton (Field et al., 1998). En outre, ils soutiennent une production de biomasse essentielle, tant pour les chaînes alimentaires marines que pour les activités humaines, notamment la pêche et l'aquaculture. Leur biodiversité exceptionnelle garantit le bon équilibre des interactions écologiques, favorisant la résilience des océans face aux perturbations naturelles et anthropiques (Duarte et al., 2020).

Cependant, ces milieux sont soumis à des pressions croissantes dues aux activités humaines. La surpêche déstabilise les chaînes trophiques et réduit les stocks halieutiques (Pauly et al., 1998). La pollution, qu'elle soit d'origine terrestre (rejets agricoles, plastiques, éléments traces) ou maritime (déchets, hydrocarbures), altère la qualité des eaux et menace la faune et la flore marines (Jambeck et al., 2015). Le changement climatique, en provoquant l'élévation des températures et l'acidification des océans, perturbe la reproduction des espèces et modifie les équilibres écologiques (Hoegh-Guldberg et al., 2007). De plus, la destruction des habitats liée à l'urbanisation côtière réduit les zones de reproduction de la faune marine (Lotze et al., 2006).

Face à ces menaces, la mise en place d'Aires Marines Protégées (AMP) s'avère une solution efficace pour préserver ces milieux fragiles. En régulant certaines activités humaines et en favorisant la restauration des habitats, elles contribuent à la conservation des espèces, à la régénération des ressources halieutiques et à la résilience des écosystèmes (Edgar et al., 2014).

Une approche complémentaire consiste à instaurer des Zones de Protection Renforcée (ZPR) comme les jachères, où les activités humaines sont strictement limitées ou interdites. Ces zones offrent aux écosystèmes marins un espace de régénération naturelle, permettant la restauration des populations marines et le retour à un équilibre écologique stable (Lester and Halpern, 2008). Ces zones jouent également un rôle de réservoir biologique, favorisant la dispersion des espèces vers les zones avoisinantes et contribuant ainsi à la reconstitution des stocks exploités (Roberts et al., 2017). Ces initiatives sont cruciales pour la conservation de la biodiversité marine et la durabilité des ressources maritimes.

Les populations d'oursins, notamment *Paracentrotus lividus*, connaissent un déclin préoccupant en raison de la combinaison de facteurs anthropiques et écologiques (e.g. Bouiba Yahiaoui et al., 2024 ; Elmasry et al., 2023; Nikolaou et al., 2023; Ruberti et al., 2023; Yeruham et al., 2015). La surpêche, qui affecte directement les populations d'oursins, en particulier en Méditerranée, est un facteur majeur contribuant à la diminution de ces organismes marins. La dégradation des habitats, liée à la pollution ou à la destruction des fonds marins aggrave cette situation. Ces changements entraînent des déséquilibres écologiques importants.

L'introduction de zones de jachères, où la pêche et d'autres activités humaines sont limitées, pourrait permettre de restaurer les populations d'oursins en offrant un refuge pour leur croissance et leur reproduction. Toutefois, la colonisation naturelle des zones protégées peut être lente ou altérée,

limitant l'efficacité de ces mesures. Pour faire face à cette situation, des relâchers expérimentaux d'oursins dans ces zones ont été envisagés comme une approche complémentaire potentielle. Cependant, cette démarche nécessite une validation scientifique rigoureuse pour garantir qu'elle soit bénéfique à long terme et ne perturbe pas davantage les écosystèmes locaux.

1.2. La gestion de la ressource halieutique au sein du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate

Le Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate / Parcu naturale marinu di u Capicorsu è di l'Agriate possède son plan de gestion depuis septembre 2019. Ce document a pour objectif de définir les différentes actions que va mener le parc au cours des 15 prochaines années, afin de répondre aux objectifs fixés. L'enjeu 3 du plan de gestion prévoit notamment « une bonne gestion des ressources halieutiques pour assurer le renouvellement des stocks et permettre la pérennisation des activités ».

Parmi les nombreuses actions prévues, l'organisation d'une commission halieutique a été largement souhaitée et donc proposée comme commission permanente pour gérer les actions liées à la pêche auprès des membres du conseil de gestion. Le but principal de cette commission est de réunir l'ensemble des acteurs et forces vives du territoire en lien avec la gestion des ressources halieutiques : pêcheurs professionnels, pêcheurs de loisir, scientifiques, services de l'État et autres membres du conseil de gestion afin d'aborder les différentes problématiques concernant l'halieutique identifiées sur le territoire du parc et proposer des actions concrètes (information et sensibilisation de la population, éventuelles mesures de gestion adaptées au territoire). Ces propositions sont évidemment discutées et validées dans un premier temps par la commission halieutique, puis votées en conseil de gestion.

Au total, 10 commissions halieutiques ont été organisées depuis la mise en place de cette instance, en 2019.

Une réflexion concernant la mise en place de zones de jachère a été initiée et proposée par les pêcheurs professionnels lors de la première commission halieutique du 19/11/2019, notamment suite au constat fait par ceux-ci d'une diminution des stocks d'oursins. Plus largement, cette tendance a également été observée par l'ensemble des membres de la commission.

Une zone de jachère est définie comme suit : « *périmètre défini, où le prélèvement de l'oursin violet (Paracentrotus lividus) par la pêche professionnelle et la pêche de loisir est interdit, sur une période limitée* ».

Depuis, cette proposition a été discutée lors de plusieurs séances, puis votée lors du conseil de gestion du 01/12/2021 (délibération n°2021-CG-20).

Dans ce cadre, un arrêté préfectoral a été pris le 09 novembre 2022 pour une durée de 3 ans : AP n°2B-2022-11-09-00001 portant interdiction de prélèvement exceptionnels de l'oursin violet (*Paracentrotus lividus*) à titre expérimental dans certaines zones protégées du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate. Quatre périmètres (Figure 1) ont été établis au niveau des zones suivantes : *Malfalcu, Olzu, Albu et Barcaghju*.

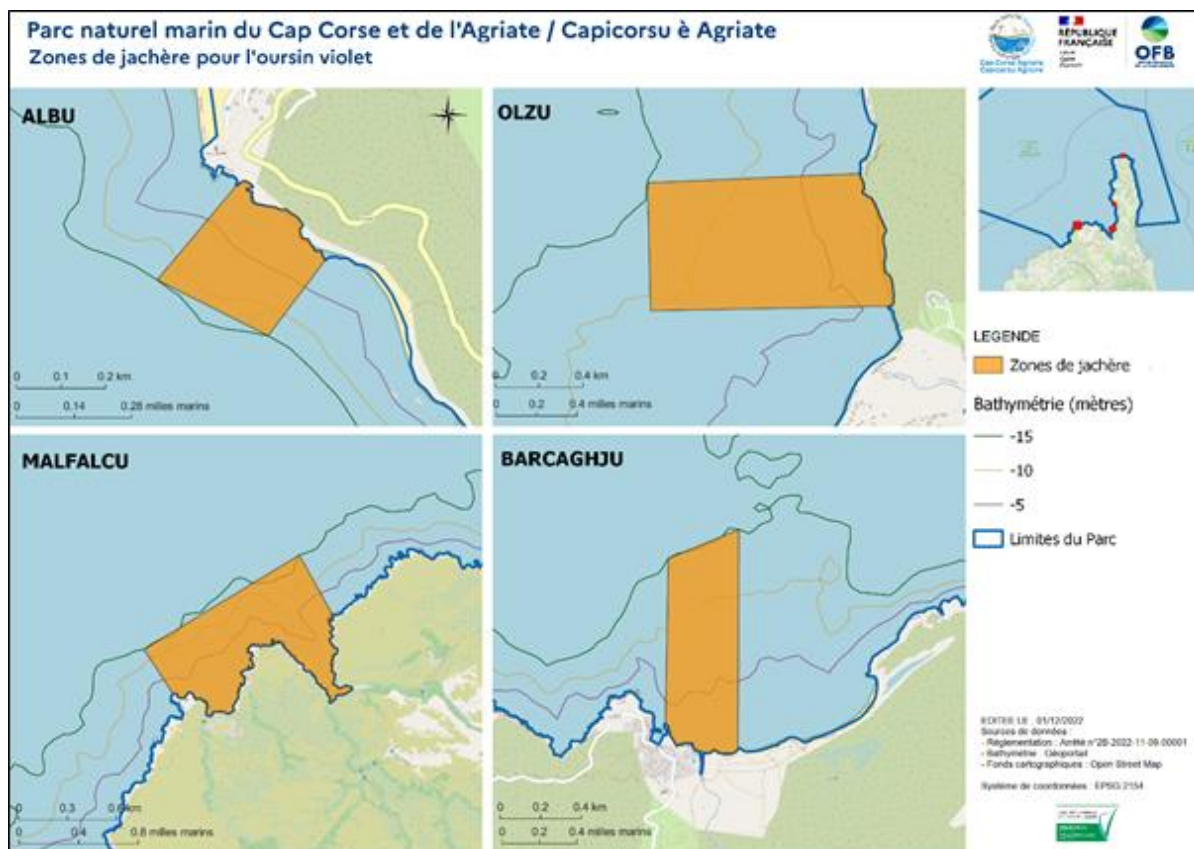


Figure 1 : Zones de non prélèvement à l'Oursin violet (*Paracentrotus lividus*) - AP n°2B-2022-11-09-00001

1.3. Objectifs de gestion

L'objectif de cette note est de proposer un argumentaire visant à :

- Poursuivre, à titre expérimental et pour une durée de 3 ans à compter de la fin de l'AP n°2B-2022-11-09-00001, les 4 zones de jachère à l'Oursin violet définies au sein du parc. Cette proposition a été discutée avec la profession lors de la dernière commission halieutique du parc du 15 avril 2025, permettant de concilier les impératifs économiques de la filière et la préservation de l'espèce.
- Proposer, dans le cadre du nouvel arrêté, la mise en place d'une zone de jachère à Santa Severa au sein de laquelle seraient réalisées des expérimentations combinant des stratégies de gestion passive (zone de non prélèvement) et active (restauration écologique) afin de maximiser les bénéfices écologiques de cette zone de jachère. Ce projet s'appuie sur les travaux antérieurs, menés par l'université de Corse et sa plateforme UAR 3514 Stella mare, concernant la restauration écologique et la gestion des écosystèmes côtiers, notamment des populations d'oursins.

L'AP n°2B-2022-11-09-00001 se conforme aux recommandations du gestionnaire et du Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM) de Corse, en fixant notamment les conditions d'interdictions de prélèvement. Cette approche s'inscrit dans le cadre des directives européennes sur la gestion durable des ressources marines.

Sur ces secteurs, conformément à l'article 2 du présent arrêté, des suivis spécifiques ont été menés par la plateforme Stella Mare dans le cadre des projets SPINA et SPINA 2. Ces relevés biologiques réalisés

depuis la mise en application de l'arrêté mettent en évidence une diminution significative des densités de *Paracentrotus lividus* dans les zones concernées.

Ainsi, à l'approche de l'échéance de l'arrêté, assurer la continuité de ce cadre juridique est indispensable afin de prévenir toute vacance réglementaire. Le renouvellement de l'arrêté permettra de consolider les bonnes pratiques de pêche et de garantir la protection continue de l'habitat littoral. Il est préconisé de poursuivre les campagnes de suivi scientifique et les opérations de contrôle, afin d'ajuster les paramètres de gestion en fonction des évolutions du stock. Cette prorogation assurera une transition fluide pour les gestionnaires, les services de contrôle et les professionnels de la mer.

Plus précisément, les objectifs sont (i) **Evaluer et comparer l'efficacité des approches de gestion** avec des zones de jachères "simples" et des zones témoins non gérées afin de déterminer les impacts spécifiques de chaque méthode ; (ii) **Evaluer les effets combinés de la gestion passive et active** sur la restauration écologique des populations d'oursins et la biodiversité associée sur la zone de *Santa Severa*.

2. Cadre scientifique et méthodologique pour la création d'une zone de gestion à stratégie croisée

2.1. Rôle écologique des oursins en milieu marin

Les oursins jouent un rôle fondamental dans les écosystèmes marins en tant qu'herbivores régulateurs des populations d'algues. En consommant activement les macroalgues, notamment dans les herbiers et sur les fonds rocheux, ils contribuent à maintenir l'équilibre trophique des habitats marins (Steneck, 2013). Les oursins interagissent également avec plusieurs niveaux trophiques : ils sont une ressource alimentaire pour de nombreux prédateurs, tels que les poissons (ex. labres, sparidés) et les étoiles de mer, qui influencent à leur tour la dynamique des populations d'oursins (Guidetti, 2006). Par conséquent, la diminution des populations d'oursins entraîne des modifications dans la structure des habitats et une réduction de la diversité des espèces benthiques (Sala et al., 1998). Ainsi, la présence et l'abondance des oursins sont des facteurs clés dans le maintien de la santé et de la stabilité des écosystèmes marins.

2.2. Pressions anthropiques et déclin des populations d'oursins

Les populations d'oursins sont soumises à de nombreuses pressions anthropiques qui compromettent leur pérennité. L'une des principales menaces est la surexploitation pour la consommation humaine, en particulier pour des espèces prisées comme *Paracentrotus lividus*. La forte demande pour leurs gonades a conduit à une forte exploitation réduisant drastiquement certaines populations locales (e.g. Bouiba Yahiaoui et al., 2024; Elmasry et al., 2023; Nikolaou et al., 2023; Ruberti et al., 2023; Yeruham et al., 2015).

En parallèle, la destruction des habitats constitue un facteur aggravant : l'urbanisation côtière, l'aménagement portuaire et l'augmentation des pollutions (chimiques et organiques) dégradent les écosystèmes où les oursins se développent. La pollution par les éléments traces et les hydrocarbures peut également affecter leur reproduction et leur survie (Holloway and Connell, 2002). Les changements climatiques ajoutent une pression supplémentaire en modifiant les conditions environnementales cruciales pour le cycle de vie des oursins. L'augmentation des températures

océaniques impacte notamment le développement larvaire, réduisant le succès du recrutement et la survie des juvéniles. De plus, l'acidification des océans, conséquence directe des émissions anthropiques de CO₂, altère la calcification des tests des oursins, les rendant plus vulnérables à la prédation et aux conditions environnementales défavorables (Dupont et al., 2010).

Enfin, l'émergence de pathologies constitue une menace croissante pour ces invertébrés. Des épisodes de mortalité massive ont été observés dans différentes régions du monde, causés par des infections bactériennes et virales qui se propagent rapidement dans des populations affaiblies par d'autres stress environnementaux. Ces épidémies, souvent favorisées par le réchauffement des eaux, compromettent le rétablissement naturel des populations et soulignent la nécessité de mesures de gestion adaptées pour assurer la conservation des oursins dans les écosystèmes marins.

2.3. Intérêt d'une zone de non-prélèvement

La mise en place d'une zone de jachère constitue une stratégie efficace pour la conservation et la restauration des populations d'oursins et de leurs habitats. En réduisant la pression de pêche et en préservant les écosystèmes benthiques, une jachère favorise la recolonisation naturelle des oursins.

En l'absence de prélèvements excessifs, les populations d'oursins peuvent se reconstituer progressivement, grâce à une augmentation du taux de survie des juvéniles et à l'amélioration des conditions de reproduction (Guidetti, 2006). De plus, en protégeant les habitats côtiers, notamment les herbiers et les substrats rocheux où les oursins s'alimentent et se développent, une zone de jachère permet de restaurer les conditions nécessaires à leur cycle de vie.

Enfin, elle génère un effet réserve, un phénomène écologique où les populations protégées au sein de la zone contribuent au repeuplement des zones avoisinantes par dispersion des larves et migration des juvéniles et adultes. Cet effet de "spillover" peut bénéficier aux pêcheries locales en augmentant la densité d'oursins exploitables en dehors de la zone de jachère, créant ainsi une situation où la protection des écosystèmes marins et les intérêts socio-économiques des pêcheurs peuvent être conciliés (Goñi et al., 2010). Pour maximiser ces bénéfices, une gestion adaptative et un suivi scientifique régulier sont nécessaires afin d'évaluer l'évolution des populations et l'efficacité des mesures de protection mises en place.

2.4. Intérêt des expérimentations de gestion et de restauration d'oursins

Dans certaines zones où les populations d'oursins ont fortement décliné, leur capacité de reproduction devient limitée en raison de l'effet Allee, un phénomène écologique où la densité trop faible d'individus réduit les chances de fécondation et compromet le renouvellement naturel des populations (Courchamp et al., 2008). Chez *Paracentrotus lividus*, espèce clé des écosystèmes méditerranéens, la reproduction est externe : les gamètes sont libérés dans la colonne d'eau et leur rencontre dépend de la proximité des individus. Ainsi, lorsqu'une population est trop clairsemée, le recrutement naturel est entravé, ralentissant considérablement la recolonisation des habitats dégradés (Levitan, 1991).

Pour pallier ce problème, le relâcher d'oursins issus d'élevage constitue une stratégie prometteuse visant à accélérer le rétablissement des populations (Bell et al., 2006; Blankenship and Leber, 1995). L'élevage en captivité permet d'obtenir des juvéniles dans un environnement contrôlé, garantissant un

taux de survie plus élevé avant leur introduction en milieu naturel à condition de respecter des critères écologiques stricts pour éviter les déséquilibres (Bell et al., 2008).

Des expérimentations de relâchers de *Paracentrotus lividus* ont été menées en Méditerranée et ont montré des résultats encourageants (e.g. Brundu et al., 2020; Correia et al., 2023; Couvray et al., 2015; de la Uz et al., 2018; Ternengo and Piacentini, 2024, 2023). Ces expériences soulignent l'intérêt des relâchers comme outil de gestion écologique, bien qu'un suivi rigoureux soit nécessaire pour évaluer leur efficacité et éviter d'éventuels effets indésirables sur les écosystèmes locaux.

2.4.1. Méthodologie expérimentale

La mise en place d'un programme de relâcher d'oursins nécessite une approche méthodologique rigoureuse pour maximiser le succès de la recolonisation et limiter les risques écologiques. La première étape consiste à choisir des sites pilotes au sein de la zone de jachère, en tenant compte des types d'habitats. Une fois les sites sélectionnés, il convient de déterminer la densité optimale d'oursins à relâcher afin de limiter la compétition et favoriser la reproduction (Guidetti, 2006; Hereu et al., 2005). Le moment du relâcher est également crucial, de préférence avant la période de reproduction, au printemps ou en automne.

Deux méthodes de transplantation sont possibles : fixer les oursins sur des structures artificielles, comme des cages, pour limiter leur dispersion immédiate, ou les relâcher en milieu ouvert, favorisant une dispersion naturelle mais augmentant les risques de prédation. Pour protéger les oursins après le relâcher, des enclos temporaires peuvent être utilisés afin de réduire la prédation pendant les premières semaines (Tuya et al., 2004). Ces structures doivent être retirées progressivement pour ne pas perturber leur comportement naturel.

2.4.2. Suivi et évaluation des résultats

Les différents résultats et analyses des suivis de population d'oursins violet, y compris dans les zones de jachère, sont mentionnés dans le rapport SPINA, annexé à la présente note, afin de détailler les méthodes de suivis effectués depuis 2020, les résultats consolidés, ainsi que les perspectives futures en matière de gestion de l'espèce.

Concernant les suivis scientifiques au sein des zones de jachères pour les trois prochaines années, ceux-ci seront issus des principales méthodes de suivi *in situ* décrites dans le rapport SPINA afin d'assurer une continuité. A savoir :

- Réalisation de transects non permanents de 20 m à 3, 6 et 9 m de profondeur, subdivisés en quatre segments de 5 m, avec comptage et mesure de tous les oursins présents dans une bande de 1 m (trois classes de taille adultes : 2–3 cm, 3–5 cm, ≥ 5 cm) .
- Deux campagnes de terrain par an (printemps et automne) pour évaluer la variabilité saisonnière des densités d'adultes .
- Quantification du recrutement en dénombrant les juvéniles (< 2 cm) sur des quadrats de 0,25 m² placés dans chaque segment de transect

- Analyse statistique des données sous R : tests non paramétriques (Shapiro-Wilk, Kruskal-Wallis, Wilcoxon) et analyses multivariées (ACP, nMDS, permANOVA, CCA) pour évaluer les effets spatiaux, saisonniers et liés aux habitats

Concernant l'évaluation du succès des relâchers d'oursins sur la zone de Santa Severa, celui-ci repose sur un suivi méthodique de leur survie, de leur dispersion et de leur impact écologique. Pour quantifier ces paramètres, plusieurs méthodes de suivi peuvent être utilisées. Des dénombrements et un suivi photographique, réalisés à l'aide de transects sous-marins, permettent d'estimer la densité des oursins et leur distribution spatiale. Le marquage individuel des oursins à l'aide de colorants biologiquement inertes pourrait permettre d'identifier les individus relâchés et de suivre leur croissance et leur taux de survie sur le long terme. (Tuya et al., 2004). Ces approches permettent d'évaluer si les oursins relâchés restent sur le site ou s'ils migrent vers d'autres habitats, influençant ainsi leur efficacité écologique.

Au-delà du suivi des populations d'oursins, il est essentiel d'évaluer les effets écologiques des relâchers. Un indicateur clé est l'évolution de la biomasse algale, qui peut être mesurée à l'aide de relevés quantitatifs sur la couverture algale avant et après le relâcher. Une diminution de la biomasse algale dans les zones réensemencées témoignerait d'une pression de broutage accrue.

Un autre facteur à analyser est l'effet des oursins sur la biodiversité benthique. Une présence accrue d'oursins peut favoriser certaines espèces associées aux substrats rocheux (Guidetti, 2006). Des relevés de biodiversité, incluant l'identification des espèces de poissons et des macroalgues présents dans les zones réensemencées, permettent d'évaluer ces changements.

Enfin, une comparaison entre les zones avec et sans relâchers est indispensable pour distinguer les effets des oursins introduits des autres facteurs environnementaux. En mettant en place des zones témoins non impactées par les relâchers, il est possible d'isoler les effets spécifiques du réensemencement sur la dynamique des écosystèmes (Hereu et al., 2005). Cette approche expérimentale permet d'adapter les stratégies de gestion en fonction des résultats obtenus et d'optimiser les futures opérations de restauration écologique.

2.5. Proposition du site d'expérimentation de gestion à stratégie croisée : Santa Severa

La sélection du site constitue une étape déterminante pour assurer l'efficacité de la jachère et la réussite des relâchers d'oursins. Le site retenu est celui de *Santa Severa* (Figure 2).

Il a été choisi sur la base de plusieurs critères clés. Le site choisi correspond à une zone géographique restreinte et relativement isolée, ce qui facilite les suivis scientifiques en limitant les influences extérieures. Cette configuration permet d'observer l'évolution de la population d'oursins sur un laps de temps réduit avant que celle-ci ne colonise éventuellement d'autres sites.

Il présente des habitats propices au développement des oursins et une très faible densité actuelle, tout en étant historiquement connu pour avoir abrité d'importantes populations.

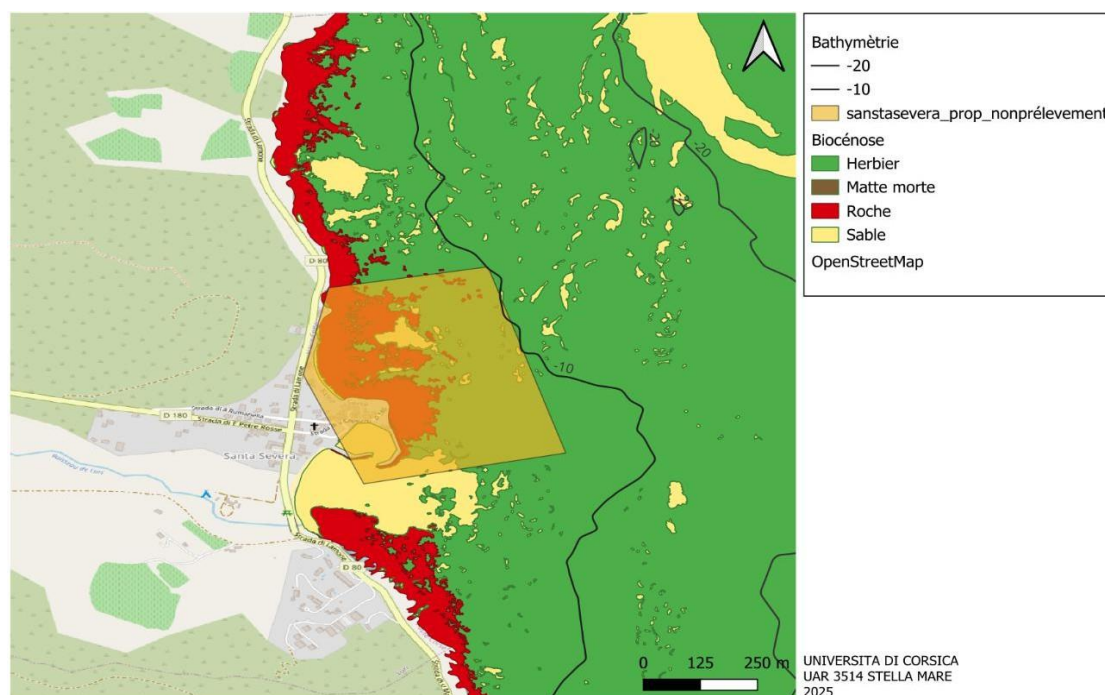


Figure 2 : Cartographie de la zone de non-prélèvement proposée à Santa Severa

Les études menées par l'université de Corse dans le cadre des programmes SPINA et SPINA II, au sein du parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate, permettent de suivre régulièrement l'évolution des densités d'oursins sur plusieurs sites, dont celui de *Santa Severa* (Figure 3). Les observations révèlent que les densités d'oursins adultes et sub-adultes y sont plus faibles que sur les autres sites étudiés (Figure 2). La densité moyenne sur le site durant la période de suivi était de $0,02 (\pm 0,01)$ ind.m².

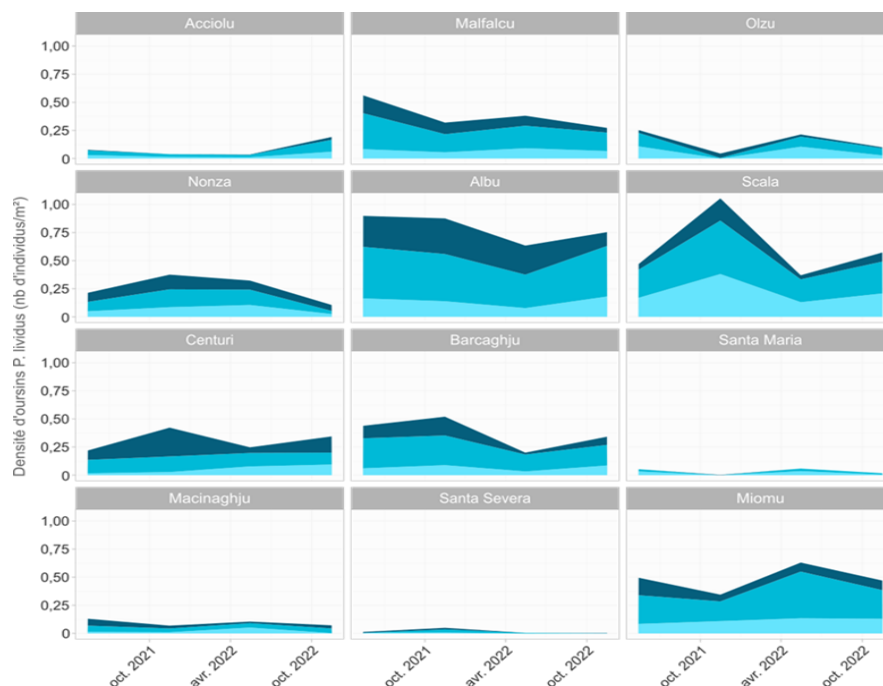


Figure 3 : Suivi des densités moyennes (nombre d'individus/m²) et structures démographiques de *P. lividus*, sur chacun des 12 sites du PNMCCA, pour les saisons printemps et automne des années 2021 et 2022, sur l'ensemble des profondeurs suivies (3, 6 et 9 m)

Ce constat est accentué par une très faible abondance de jeunes individus (oursins de moins de 2 cm ; Figure 3). Ces recrues, issues de la reproduction et du développement larvaire, qui ont survécu aux premières étapes de leur cycle de vie et se sont installées dans l'habitat, sont absentes sur le site de *Santa Severa* ces dernières années, aucune recrue n'ayant été observée durant la période de suivi.

La population, sans doute trop clairsemée, ne parvient pas à assurer une reproduction efficace ni un recrutement suffisant, ce qui ralentit considérablement la recolonisation naturelle de cette zone dégradée.



Figure 4 : Suivi des densités moyennes (nombre d'individus/m²) et structures démographiques de *P. lividus*, sur chacun des 12 sites du PNMCCA, pour les saisons printemps et automne des années 2021 et 2022, sur l'ensemble des profondeurs suivies (3, 6)

De plus, son hydrodynamisme modéré limite les risques de dispersion excessive des individus relâchés tout en évitant une accumulation excessive de sédiments. Enfin, son accessibilité facilite la mise en place des suivis scientifiques, incluant les plongées d'observation et l'installation éventuelle de dispositifs de marquage.

En répondant à ces exigences, *Santa Severa* apparaît comme un site optimal pour garantir la rigueur scientifique des expérimentations de restauration des populations d'oursins et maximiser les bénéfices écologiques d'une zone de non-prélèvement. Il est donc proposé d'intégrer une zone de jachère sur le site de Santa Severa pour une période de cinq années afin d'estimer, dans les conditions de relâchés, l'impact successif de plusieurs périodes de pontes d'oursins sur ce site.

3. Conclusion et perspectives

La gestion durable d'une zone de jachère nécessite un plan de gestion adaptatif reposant sur un suivi scientifique continu. Ce cadre flexible doit permettre d'ajuster les mesures de protection en fonction des résultats obtenus, notamment en ce qui concerne la dynamique des populations d'oursins, l'évolution de la couverture algale et les interactions trophiques.

Si ces expérimentations s'avèrent concluantes, elles pourraient être répliquées dans d'autres zones sensibles présentant des caractéristiques similaires, tout en tenant compte des spécificités locales pour adapter les protocoles de gestion.

L'intégration de ces initiatives dans les politiques publiques de conservation marine, notamment dans les plans nationaux et régionaux de gestion des ressources marines, renforcerait leur impact à long terme.

La création d'une **zone de jachère** est une approche fonctionnelle pour restaurer les populations d'oursins et rétablir l'équilibre écologique marin. En limitant la pression de pêche et en préservant les habitats, elle favorise la recolonisation naturelle et la régulation des proliférations algales, contribuant ainsi à la biodiversité benthique.

Toutefois, dans les zones où les effectifs d'oursins sont trop faibles, la recolonisation naturelle peut être insuffisante ou inopérante. Dans ce contexte, les **relâchers expérimentaux** constituent une solution pertinente, déjà testée avec succès en Méditerranée. Cette technique permet la restauration des populations et s'appuie sur un encadrement rigoureux visant à préserver les dynamiques écologiques.

Pour s'assurer de l'efficacité de la jachère et des relâchers, un **suivi scientifique approfondi** est indispensable. Il doit évaluer la survie et dispersion des oursins, l'évolution de la biomasse algale et les effets sur la biodiversité. Une gestion adaptative basée sur ces données permettra d'optimiser les mesures de gestion et d'envisager une extension ou une réplication du projet dans d'autres zones sensibles.

Le succès de cette initiative repose sur une **collaboration active avec les acteurs locaux**, une intégration aux politiques publiques de conservation marine et une approche adaptative fondée sur des données scientifiques solides. Ces efforts collectifs sont essentiels pour assurer la **résilience des écosystèmes marins** face aux pressions anthropiques et aux changements climatiques.

Suite à la commission halieutique du 15/04/2025, le Parc naturel marin sollicite la DMLC, conformément à l'article 2 de l'arrêté préfectoral n° 2B-2022-11-09-00001 du 9 novembre 2022, pour une reconduction à l'identique des 4 zones de jachères. Il sollicite également, à *Santa Severa*, la création d'une nouvelle zone de jachère à vocation de restauration à stratégie croisée afin de poursuivre les expérimentations de réensemencement de l'espèce. Enfin, les suivis scientifiques seront poursuivis sur la base méthodologique des projets SPINA et SPINA 2 afin de permettre une continuité scientifique.

Références bibliographiques

Bell, J.D., Bartley, D.M., Lorenzen, K., Loneragan, N.R., 2006. Restocking and stock enhancement of coastal fisheries: Potential, problems and progress. Fish. Res. 80, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.03.008>

Bell, J. D., Leber, K. M., Blankenship, H. L., Loneragan, N. R., & Masuda, R. (2008). A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. Reviews in Fisheries Science, 16, 1–9.

Blankenship, H.L., Leber, K.M., 1995. A responsible approach to marine stock... - Google Scholar. Presented at the American Fisheries Society Symposium, pp. 167–175.

Bouiba Yahiaoui, S., El Amine Bendimerad, M., Richir, J., 2024. Morphological and physiological characterization of the regular sea urchin *Paracentrotus lividus* in Algeria, with recommendations for the sustainable fishing of the resource. Reg. Stud. Mar. Sci. 74, 103490. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103490>

- Brundu, G., Farina, S., Domenici, P., 2020. Going back into the wild: the behavioural effects of raising sea urchins in captivity. *Conserv. Physiol.* 8, coaa015.
- Correia, M.J., Lopes, P.M., Santos, P.M., Jacinto, D., Mateus, D., Maresca, F., Quintella, B.R., Cruz, T., Lourenço, S., Pombo, A., Costa, J.L., 2023. Pilot studies for stock enhancement of purple sea urchins (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816): usefulness of refuges and calcein marking for the monitoring of juveniles released into the natural environment. *Aquat. Living Resour.* 36, 12. <https://doi.org/10.1051/alr/2023009>
- Courchamp, F., Berec, L., Gascoigne, J., 2008. *Allee Effects in Ecology and Conservation*. Oxford University Press.
- Couvray, S., Miard, T., Bunet, R., Martin, Y., Grillasca, J.-P., Bonnefont, J.-L., Coupé, S., 2015. Experimental release of juvenile sea urchins (*Paracentrotus lividus*) in exploited sites along the French Mediterranean coast. *J. Shellfish Res.* 34, 555–563.
- de la Uz, S., Carrasco, J.F., Rodríguez, C., López, J., 2018. Evaluation of tagging and substrate refuges in release of juvenile sea urchins. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 23, 8–11.
- Duarte, C.M., Agusti, S., Barbier, E., Britten, G.L., Castilla, J.C., Gattuso, J.P., Worm, B., 2020. Rebuilding marine life. *Nature* 580, 39–51.
- Dupont, S., Ortega-Martínez, O., Thorndyke, M., 2010. Impact of near-future ocean acidification on echinoderms. *Ecotoxicology* 19, 449–462.
- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., Banks, S., Thomson, R.J., 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506, 216–220.
- Elmasry, E., Abdelrazek, F.A., El-Sayed, A.-F.M., 2023. Growth pattern and population status of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) on the Mediterranean coast of Egypt. *Egypt. J. Aquat. Res.* 49, 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2023.07.001>
- Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T., Falkowski, P., 1998. Primary Production of the Biosphere : Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science* 281, 237–240. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>
- Goñi, R., Hilborn, R., Díaz, D., Mallol, S., Adlerstein, S., 2010. Net contribution of spillover from a marine reserve to fishery catches. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 400, 233–243.
- Guidetti, P., 2006. Marine reserves re-establish lost predatory interactions and cause community changes in rocky reefs. *Ecol. Appl.* 16, 963–976.
- Hereu, B., Zabala, M., Linares, C., Sala, E., 2005. Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the NW Mediterranean. *Mar. Biol.* 148, 729–740.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Hatziolos, M.E., 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, 1737–1742.
- Holloway, M.G., Connell, S.D., 2002. Why do floating structures create novel habitats for subtidal epibiota? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 235, 43–52.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Law, K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768–771.
- Lester, S.E., Halpern, B.S., 2008. Biological responses in marine no-take reserves versus partially protected areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 367, 49–56.
- Levitan, D.R., 1991. Influence of body size and population density on fertilization success and reproductive output in a free-spawning marine invertebrate. *Biol. Bull.* 181, 261–268.
- Lotze, H.K., Lenihan, H.S., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R.G., Kay, M.C., Jackson, J.B., 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312, 1806–1809.

- Nikolaou, A., Tsirintanis, K., Rilov, G., Katsanevakis, S., 2023. Invasive Fish and Sea Urchins Drive the Status of Canopy Forming Macroalgae in the Eastern Mediterranean. *Biology* 12, 763. <https://doi.org/10.3390/biology12060763>
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., Torres, F., 1998. Fishing Down Marine Food Webs. *Science* 279, 860–863. <https://doi.org/10.1126/science.279.5352.860>
- Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Weyer, N.M., 2019. The ocean and cryosphere in a changing climate. IPCC Spec. Rep. Ocean Cryosphere Chang. Clim. 1155, 10– 1017.
- Roberts, C.M., O’Leary, B.C., McCauley, D.J., Cury, P.M., Duarte, C.M., Lubchenco, J., Castilla, J.C., 2017. Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 6167–6175.
- Ruberti, N., Brundu, G., Ceccherelli, G., Grech, D., Guala, I., Loi, B., Farina, S., 2023. Intensive sea urchin harvest rescues *Paracentrotus lividus* population structure and threatens self-sustenance. *PeerJ* 11, e16220. <https://doi.org/10.7717/peerj.16220>
- Sala, E., Boudouresque, C.F., Harmelin-Vivien, M., 1998. Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos* 82, 425–439.
- Steneck, R.S., 2013. Chapter Sea Urchins as Drivers of Shallow Benthic Marine Community Structure, in: Lawrence, J.M. (Ed.), *Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Sea Urchins: Biology and Ecology*. Elsevier, pp. 195–212. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396491-5.00014-9>
- Ternengo, S., Piacentini, L., 2024. Programme SPINA. Office français de la Biodiversité/Parc naturel marin du Cap corse et de l’Agriate, Université de corse_ UAR 3514 Stella mare.
- Ternengo, S., Piacentini, L., 2023. Programme PARARESTOR : Restauration des populations d’oursins violets *Paracentrotus lividus* en Corse. Université de Corse.
- Tuya, F., Boyra, A., Sánchez-Jerez, P., Barbera, C., Haroun, R., 2004. Relationships between rocky-reef fish assemblages, the sea urchin *Paracentrotus lividus*, and macroalgae throughout the Canarian Archipelago. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 278, 157–169.
- Yeruham, E., Rilov, G., Shpigel, M., Abelson, A., 2015. Collapse of the echinoid *Paracentrotus lividus* populations in the Eastern Mediterranean—result of climate change? *Sci. Rep.* 5, 13479. <https://doi.org/10.1038/srep13479>



Unité d'Appui et de Recherche

CNRS 3514 STELLA MARE

Università di Corsica / CNRS

NOTE SCIENTIFIQUE

PROPOSITION DE ZONE DE GESTION A STRATEGIE CROISEE :

**Mise en place de jachères et expérimentations de restauration
écologique de populations d'oursins *Paracentrotus lividus*
dans le Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate**



Table des matières

1. Introduction	2
1.1. Contexte général	2
1.2. Problématique	2
1.3. Objectifs.....	3
2. Cadre scientifique et méthodologique pour la création d'une zone de gestion à stratégie croisée.....	3
2.1. Rôle écologique des oursins en milieu marin	4
2.2. Pressions anthropiques et déclin des populations d'oursins	4
2.3. Intérêt d'une zone de non-prélèvement	4
2.4. Intérêt des expérimentations de relâchers d'oursins.....	5
2.4.1. Méthodologie expérimentale	6
2.4.2. Suivi et évaluation des résultats	6
2.5. Proposition du site d'expérimentation de gestion à stratégie croisée : Santa Severa ..	7
2.5.1. Caractéristiques proposées pour la zone de jachère de Santa Severa	9
2.5.2. Relâchers expérimentaux d'oursins juvéniles dans la zone de jachère de Santa Severa - perspective d'une gestion active	10
3. Conclusion et Perspectives.....	11



1. Introduction

1.1. Contexte général

Les écosystèmes marins jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement global de la biosphère. Ils participent activement à la régulation du climat en absorbant environ 30 % du dioxyde de carbone atmosphérique (Pörtner et al., 2019) et en produisant plus de 50 % de l'oxygène terrestre grâce aux organismes photosynthétiques marins, notamment le phytoplancton (Field et al., 1998). En outre, ils soutiennent une production de biomasse essentielle, tant pour les chaînes alimentaires marines que pour les activités humaines, notamment la pêche et l'aquaculture. Leur biodiversité exceptionnelle garantit le bon équilibre des interactions écologiques, favorisant la résilience des océans face aux perturbations naturelles et anthropiques (Duarte et al., 2020).

Cependant, ces milieux sont soumis à des pressions croissantes dues aux activités humaines. La surpêche déstabilise les chaînes trophiques et réduit les stocks halieutiques (Pauly et al., 1998). La pollution, qu'elle soit d'origine terrestre (rejets agricoles, plastiques, éléments traces) ou maritime (déchets, hydrocarbures), altère la qualité des eaux et menace la faune et la flore marines (Jambeck et al., 2015). Le changement climatique, en provoquant l'élévation des températures et l'acidification des océans, perturbe la reproduction des espèces et modifie les équilibres écologiques (Hoegh-Guldberg et al., 2007). De plus, la destruction des habitats liée à l'urbanisation côtière réduit les zones de reproduction de la faune marine (Lotze et al., 2006).

Face à ces menaces, la mise en place d'Aires Marines Protégées (AMP) s'avère une solution efficace pour préserver ces milieux fragiles. En régulant certaines activités humaines et en favorisant la restauration des habitats, elles contribuent à la conservation des espèces, à la régénération des ressources halieutiques et à la résilience des écosystèmes (Edgar et al., 2014).

Une approche complémentaire consiste à instaurer des Zones de Protection Renforcée (ZPR) comme les jachères, où les activités humaines sont strictement limitées ou interdites. Ces zones offrent aux écosystèmes marins un espace de régénération naturelle, permettant la restauration des populations marines et le retour à un équilibre écologique stable (Lester and Halpern, 2008). Ces zones jouent également un rôle de réservoir biologique, favorisant la dispersion des espèces vers les zones avoisinantes et contribuant ainsi à la reconstitution des stocks exploités (Roberts et al., 2017). Ces initiatives sont cruciales pour la conservation de la biodiversité marine et la durabilité des ressources maritimes.

1.2. Problématique

Les populations d'oursins, notamment *Paracentrotus lividus*, connaissent un déclin préoccupant en raison de la combinaison de facteurs anthropiques et écologiques (e.g. Bouiba Yahiaoui et al., 2024 ; Elmasry et al., 2023 ; Nikolaou et al., 2023 ; Ruberti et al., 2023 ; Yeruham et al., 2015). La surpêche, qui affecte directement les populations d'oursins, en particulier en Méditerranée, est un facteur majeur contribuant à la diminution de ces organismes marins. La dégradation des habitats, liée à la pollution ou à la destruction des fonds marins aggrave cette



situation. Ces changements entraînent des déséquilibres écologiques importants. En effet, plusieurs études récentes confirment un déclin marqué des populations d'oursins violets (*Paracentrotus lividus*) sur l'ensemble du bassin méditerranéen, lié à la surpêche, au réchauffement des eaux et à des événements climatiques extrêmes (Hereu et al., 2012 ; Rilov, 2016 ; Toso et al., 2025 ; Piacentini et al., 2025). De plus, des épisodes de mortalité massive ont été documentés dans différentes zones, notamment après une tempête ayant entraîné la disparition d'environ 80 % des oursins adultes dans les îles Medes en 2008 (Hereu et al., 2012), ou encore dans certaines régions d'Italie et de Sicile où les densités sont désormais proches de l'effondrement (Toso et al., 2025), tout comme en Sardaigne (Farina et al., 2020). La Corse ne fait pas exception avec des populations d'oursins ayant connu des diminutions de stock allant jusqu'à 100% en dix ans sur certains sites suivis (Piacentini et al., 2025). Ces déclins soulignent également le rôle de la pêche comme facteur aggravant, justifiant l'instauration de mesures de protection ciblées.

L'introduction d'AMP, où la pêche à l'oursin est strictement interdite, pourrait permettre de restaurer les populations d'oursins en offrant un refuge pour leur croissance et leur reproduction. Toutefois, la colonisation naturelle des zones protégées peut être lente ou altérée, limitant l'efficacité de ces mesures. Pour faire face à cette situation, des relâchers expérimentaux d'oursins dans ces zones ont été envisagés comme une approche complémentaire potentielle. Cependant, cette démarche nécessite une validation scientifique rigoureuse afin de déterminer le protocole de relâché le plus efficace tout en garantissant qu'elle soit bénéfique à long terme et ne perturbe pas davantage les écosystèmes locaux.

1.3. Objectifs

L'objectif principal est de proposer des expérimentations combinant des stratégies de gestion passive (jachères) et active (restauration écologique) afin de maximiser les bénéfices écologiques des zones de jachères. Ce projet s'appuie sur les travaux antérieurs, menés par l'université de Corse et sa plateforme UAR 3514 Stella mare, concernant la restauration écologique et la gestion des écosystèmes côtiers, notamment des populations d'oursins.

Plus précisément, les objectifs sont (i) **Évaluer les effets combinés de la gestion passive et active** sur la restauration écologique des populations d'oursins et la biodiversité associée ; (ii) **Comparer l'efficacité des approches de gestion** avec des zones de jachères "simples" et des zones témoins non gérées afin de déterminer les impacts spécifiques de chaque méthode ; (iii) **Identifier les pratiques optimales** pour favoriser la résilience et la restauration durable des populations d'oursins dans les zones littorales.

La finalité de ces expérimentations est d'**élaborer des recommandations pratiques** pour la gestion et la restauration des écosystèmes côtiers, applicables à d'autres projets similaires.

2. Cadre scientifique et méthodologique pour la création d'une zone de gestion à stratégie croisée



2.1. Rôle écologique des oursins en milieu marin

Les oursins jouent un rôle fondamental dans les écosystèmes marins en tant qu'herbivores régulateurs des populations d'algues. En consommant activement les macroalgues, notamment dans les herbiers et sur les fonds rocheux, ils contribuent à maintenir l'équilibre trophique des habitats marins (Steneck, 2013). Les oursins interagissent également avec plusieurs niveaux trophiques : ils sont une ressource alimentaire pour de nombreux prédateurs, tels que les poissons (ex. labres, sparidés) et les étoiles de mer, qui influencent à leur tour la dynamique des populations d'oursins (Guidetti, 2006). Par conséquent, la diminution des populations d'oursins entraîne des modifications dans la structure des habitats et une réduction de la diversité des espèces benthiques (Sala et al., 1998). Ainsi, la présence et l'abondance des oursins sont des facteurs clés dans le maintien de la santé et de la stabilité des écosystèmes marins.

2.2. Pressions anthropiques et déclin des populations d'oursins

Les populations d'oursins sont soumises à de nombreuses pressions anthropiques qui compromettent leur pérennité. L'une des principales menaces est la surexploitation pour la consommation humaine, en particulier pour des espèces prisées comme *P. lividus*. La forte demande pour leurs gonades a conduit à une forte exploitation réduisant drastiquement certaines populations locales (e.g. Bouiba Yahiaoui et al., 2024 ; Elmasry et al., 2023 ; Nikolaou et al., 2023 ; Ruberti et al., 2023).

En parallèle, la destruction des habitats constitue un facteur aggravant : l'urbanisation côtière, l'aménagement portuaire et l'augmentation des pollutions (chimiques et organiques) dégradent les écosystèmes où les oursins se développent. La pollution par les éléments traces et les hydrocarbures peut également affecter leur reproduction et leur survie (Holloway and Connell, 2002). Les changements climatiques ajoutent une pression supplémentaire en modifiant les conditions environnementales cruciales pour le cycle de vie des oursins. L'augmentation des températures océaniques impacte notamment le développement larvaire, réduisant le succès du recrutement et la survie des juvéniles. De plus, l'acidification des océans, conséquence directe des émissions anthropiques de CO₂, altère la calcification des tests des oursins, les rendant plus vulnérables à la prédation et aux conditions environnementales défavorables (Dupont et al., 2010). Enfin, l'émergence de pathologies constitue une menace croissante pour ces invertébrés. Des épisodes de mortalité massive ont été observés dans différentes régions du monde, causés par des infections bactériennes et virales qui se propagent rapidement dans des populations affaiblies par d'autres stress environnementaux. Ces épidémies, souvent favorisées par le réchauffement des eaux, compromettent le rétablissement naturel des populations et soulignent la nécessité de mesures de gestion adaptées pour assurer la conservation des oursins dans les écosystèmes marins.

2.3. Intérêt d'une zone de non-prélèvement

La mise en place d'une zone de jachère constitue une stratégie efficace pour la conservation et la restauration des populations d'oursins et de leurs habitats. En réduisant la pression de pêche



et en préservant les écosystèmes benthiques, une jachère favorise la recolonisation naturelle des oursins.

En l'absence de prélèvements excessifs, les populations d'oursins peuvent se reconstituer progressivement, grâce à une augmentation du taux de survie des juvéniles et à l'amélioration des conditions de reproduction (Guidetti, 2006). De plus, en protégeant les habitats côtiers, notamment les herbiers et les substrats rocheux où les oursins s'alimentent et se développent, une zone de jachère permet de restaurer les conditions nécessaires à leur cycle de vie.

Enfin, elle génère un effet réserve, un phénomène écologique où les populations protégées au sein de la zone contribuent au repeuplement des zones avoisinantes par dispersion des larves et migration des juvéniles et adultes. Cet effet de "spillover" peut bénéficier aux pêcheries locales en augmentant la densité d'oursins exploitables en dehors de la zone de jachère, créant ainsi une situation où la protection des écosystèmes marins et les intérêts socio-économiques des pêcheurs peuvent être conciliés (Goñi et al., 2010). Pour maximiser ces bénéfices, une gestion adaptative et un suivi scientifique régulier sont nécessaires afin d'évaluer l'évolution des populations et l'efficacité des mesures de protection mises en place.

2.4. Intérêt des expérimentations de relâchers d'oursins

Dans certaines zones où les populations d'oursins ont fortement décliné, leur capacité de reproduction devient limitée en raison de l'effet Allee, un phénomène écologique où la densité trop faible d'individus réduit les chances de fécondation et compromet le renouvellement naturel des populations (Courchamp et al., 2008). Chez *P. lividus*, espèce clé des écosystèmes méditerranéens, la reproduction est externe : les gamètes sont libérés dans la colonne d'eau et leur rencontre dépend de la proximité des individus. Ainsi, lorsqu'une population est trop clairsemée, le recrutement naturel est entravé, ralentissant considérablement la recolonisation des habitats dégradés (Levitan, 1991).

Pour pallier ce problème, le relâcher d'oursins issus d'élevage constitue une stratégie prometteuse visant à accélérer le rétablissement des populations (Bell et al., 2006 ; Blankenship and Leber, 1995). L'élevage en captivité permet d'obtenir des juvéniles dans un environnement contrôlé, garantissant un taux de survie plus élevé avant leur introduction en milieu naturel à condition de respecter des critères écologiques stricts pour éviter les déséquilibres (Bell et al., 2008).

Des expérimentations de relâchers de *P. lividus* ont été menées en Méditerranée et ont montré des résultats encourageants (e.g. Giglioli et al., 2021 ; Correia et al., 2023 ; Couvray et al., 2015 ; de la Uz et al., 2018 ; Ternengo and Piacentini, 2024, 2023) : Couvray et al. (2015) ont réalisé des relâchers expérimentaux de juvéniles dans plusieurs sites exploités de la côte méditerranéenne française, en collaboration avec les pêcheurs professionnels, en suivant leur survie, leur distribution spatiale et leur intégration dans les populations locales. De la Uz et al. (2018) ont évalué l'efficacité de dispositifs de marquage interne et de refuges constitués de substrats artificiels pour optimiser la survie et l'intégration des juvéniles. Giglioli et al. (2021) ont conduit les premières évaluations *in situ* de l'efficacité du repeuplement de populations déplétées dans deux sites méditerranéens contrastés. Correia et al. (2023) ont combiné l'utilisation de refuges artificiels et un marquage à la calcéine afin de suivre la survie et la croissance post-relâché.



Dans le cadre des projets PARARESTOR et SPINA I plusieurs milliers de juvéniles élevés à la plateforme Stella Mare, issus de géniteurs prélevés localement en Corse au sein du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate, ont été relâchés sur des sites sélectionnés. Plusieurs modalités de relâchers ont été testées (de jour, de nuit, sur récifs artificiels et sur substrat naturel, selon différentes densités) et sont en cours d'analyse. Les résultats préliminaires de ces expérimentations soulignent l'intérêt des relâchers comme outil de gestion écologique, couplé à un suivi rigoureux nécessaire pour évaluer leur efficacité tout en prenant en compte les limites de leur application liées notamment aux conditions environnementales locales, à la survie post-relâché et aux coûts de mise en œuvre, afin d'éviter d'éventuels effets indésirables sur les écosystèmes locaux.

2.4.1. Méthodologie expérimentale

La mise en place d'un programme de relâcher d'oursins nécessite une approche méthodologique rigoureuse pour maximiser le succès de la recolonisation et limiter les risques écologiques. La première étape consiste à choisir des sites pilotes au sein de la zone de jachère, en tenant compte des types d'habitats. Une fois les sites sélectionnés, il convient de déterminer la densité optimale d'oursins à relâcher afin de limiter la compétition et favoriser la reproduction (Guidetti, 2006 ; Hereu et al., 2005). Le moment du relâcher est également crucial, de préférence avant la période de reproduction, au printemps ou en automne.

Deux méthodes de transplantation sont possibles : fixer les oursins sur des structures artificielles, comme des cages, pour limiter leur dispersion immédiate, ou les relâcher en milieu ouvert, favorisant une dispersion naturelle mais augmentant les risques de prédation. Pour protéger les oursins après le relâcher, des enclos temporaires peuvent être utilisés afin de réduire la prédation pendant les premières semaines (Tuya et al., 2004). Ces structures doivent être retirées progressivement pour ne pas perturber leur comportement naturel.

2.4.2. Suivi et évaluation des résultats

L'évaluation du succès des relâchers d'oursins repose sur un suivi méthodique de leur survie, de leur dispersion et de leur impact écologique. Pour quantifier ces paramètres, plusieurs méthodes de suivi peuvent être utilisées. Des dénombrements et un suivi photographique, réalisés à l'aide de transects sous-marins, permettent d'estimer la densité des oursins et leur distribution spatiale. Le marquage individuel des oursins à l'aide de colorants biologiquement inertes pourrait permettre d'identifier les individus relâchés et de suivre leur croissance et leur taux de survie sur le long terme (Tuya et al., 2004). Ces approches permettent d'évaluer si les oursins relâchés restent sur le site ou s'ils migrent vers d'autres habitats, influençant ainsi leur efficacité écologique.

Au-delà du suivi des populations d'oursins, il est essentiel d'évaluer les effets écologiques des relâchers. Un indicateur clé est l'évolution de la biomasse algale, qui peut être mesurée à l'aide de relevés quantitatifs sur la couverture algale avant et après le relâcher. Une diminution de la biomasse algale dans les zones réensemencées témoignerait d'une pression de broutage accrue. Un autre facteur à analyser est l'effet des oursins sur la biodiversité benthique. Une présence accrue d'oursins peut favoriser certaines espèces associées aux substrats rocheux (Guidetti,

2006). Des relevés de biodiversité, incluant l'identification des espèces de poissons et des macroalgues présents dans les zones réensemencées, permettent d'évaluer ces changements. Enfin, une comparaison entre les zones avec et sans relâchers est indispensable pour distinguer les effets des oursins introduits des autres facteurs environnementaux. En mettant en place des zones témoins non impactées par les relâchers, il est possible d'isoler les effets spécifiques du réensemencement sur la dynamique des écosystèmes (Hereu et al., 2005). Cette approche expérimentale permet d'adapter les stratégies de gestion en fonction des résultats obtenus et d'optimiser les futures opérations de restauration écologique.

2.5. Proposition du site d'expérimentation de gestion à stratégie croisée : Santa Severa

La sélection du site constitue une étape déterminante pour assurer l'efficacité de la jachère et la réussite des relâchers d'oursins. Le site retenu est celui de Santa Severa (Figure 1).

Il a été choisi sur la base de plusieurs critères clés. Le site choisi correspond à une zone géographique restreinte et relativement isolée, ce qui facilite les suivis scientifiques en limitant les influences extérieures. Cette configuration permet d'observer l'évolution de la population d'oursins sur un laps de temps réduit avant que celle-ci ne colonise éventuellement d'autres sites.

Il présente des habitats propices au développement des oursins et une très faible densité actuelle, tout en étant historiquement connu pour avoir abrité d'importantes populations.



Figure 1 : Cartographie de la zone de non-prélèvement et des transects en place pour le suivi des populations de *P. lividus* dans le cadre des projets SPINA I et II

Les études menées par l'université de Corse dans le cadre des programmes SPINA I et II, au sein du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate, permettent de suivre régulièrement l'évolution des densités d'oursins sur plusieurs sites, dont celui de Santa Severa (Figure 1). Les observations révèlent que les densités d'oursins adultes et sub-adultes y sont plus faibles que sur les autres sites étudiés (Figure 3). La densité moyenne sur le site durant la période de suivi était de $0,02 (\pm 0,01)$ ind./m². Ce constat est accentué par une très faible abondance de jeunes individus (oursins de moins de 2 cm ; Figure 2). Ces recrues, issues de la reproduction et du développement larvaire, qui ont survécu aux premières étapes de leur cycle de vie et se sont installées dans l'habitat, sont absentes sur le site de Santa Severa ces dernières années, aucune recrue n'ayant été observée durant la période de suivi.

La population, sans doute trop clairsemée, ne parvient pas à assurer une reproduction efficace ni un recrutement suffisant, ce qui ralentit considérablement la recolonisation naturelle de cette zone dégradée.

De plus, son hydrodynamisme modéré limite les risques de dispersion excessive des individus relâchés tout en évitant une accumulation excessive de sédiments. Enfin, son accessibilité facilite la mise en place des suivis scientifiques, incluant les plongées d'observation et l'installation éventuelle de dispositifs de marquage.

En répondant à ces exigences, Santa Severa apparaît comme un site optimal pour garantir la rigueur scientifique des expérimentations de restauration des populations d'oursins et maximiser les bénéfices écologiques d'une zone de non-prélèvement.

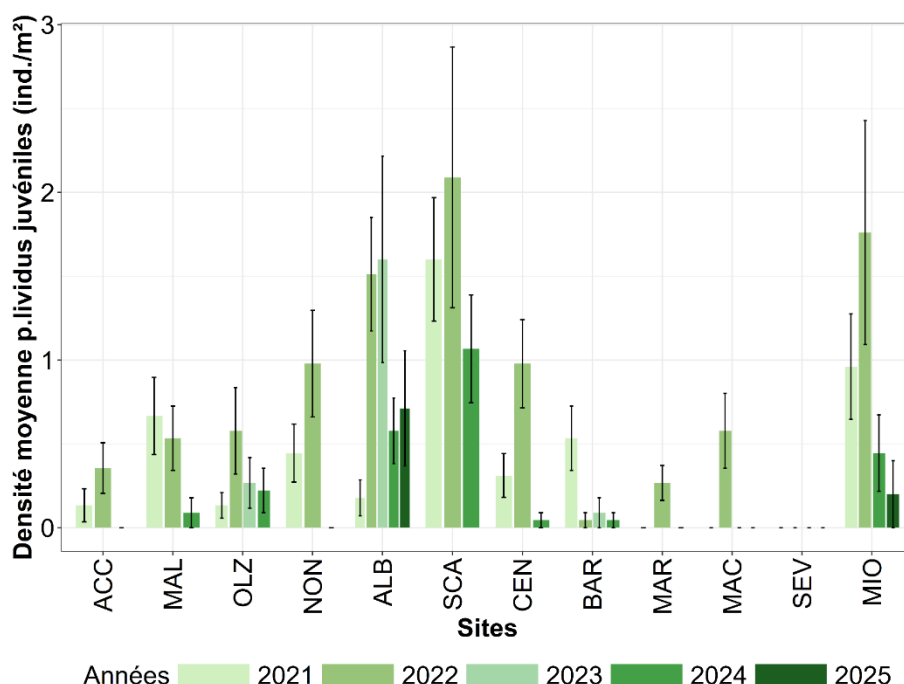


Figure 2 : Suivi des densités moyennes (nombre d'individus/m²) des juvéniles de *P. lividus* sur les 12 sites du PNMCCA entre 2021 et 2025 (ACC : Acciolu, MAL : Malfalcu, OLZ : Olzu, NON : Nonza, ALB : Albu, SCA :



Scala, CEN : Centuri, BAR : Barcaghju, MAR : Santa Maria, MAC : Macinaghju, SEV : Santa Severa, MIO : Miomu).

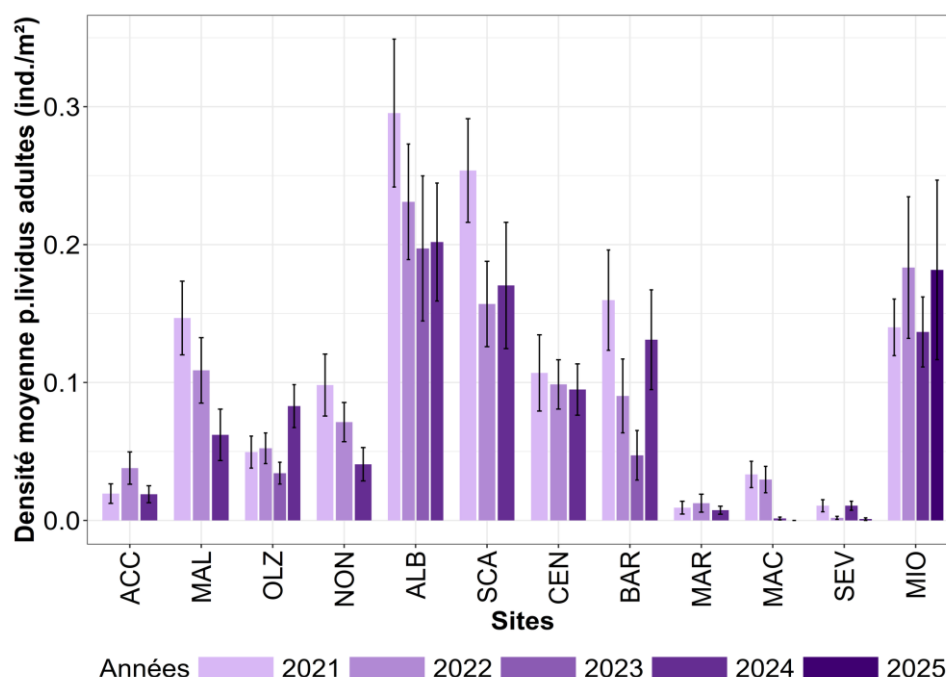


Figure 3 : Suivi des densités moyennes (nombre d'individus/m²) des *P. lividus* adultes sur les 12 sites du PNMCCA entre 2021 et 2025 (ACC : Acciolu, MAL : Malfalcu, OLZ : Olzu, NON : Nonza, ALB : Albu, SCA : Scala, CEN : Centuri, BAR : Barcaghju, MAR : Santa Maria, MAC : Macinaghju, SEV : Santa Severa, MIO : Miomu).

2.5.1. Caractéristiques proposées pour la zone de jachère de Santa Severa

La zone de jachère proposée s'étend sur environ **217 000 m²**, depuis le port de Santa Severa en longeant la D80, jusqu'à la courbe bathymétrique des **10 mètres** de profondeur, qui en constitue la limite externe. Elle présente une bathymétrie comprise entre 0 et 10 mètres, correspondant à une frange côtière favorable aux processus de recrutement et à la recolonisation naturelle. Les coordonnées géographiques définissant cette zone sont les suivantes : 42°53'34"N / 9°28'27"E, 42°53'35"N / 9°28'42"E, 42°53'17"N / 9°28'48"E, 42°53'14"N / 9°28'32"E.

Cette configuration permet d'intégrer un gradient écologique représentatif des habitats côtiers peu profonds, tout en assurant une cohérence spatiale avec les zones déjà instrumentées dans le cadre des projets SPINA. Le choix de ce périmètre repose également sur sa morphologie et sa faible accessibilité, qui limitent les intrusions et favorisent une régénération écologique mesurable.



2.5.2. Relâchers expérimentaux d'oursins juvéniles dans la zone de jachère de Santa Severa - perspective d'une gestion active

Dans le prolongement de cette démarche de jachère, nous souhaitons y intégrer une action de restauration active sous la forme de relâchers expérimentaux de juvéniles de *P. lividus*, dans un secteur identifié comme favorable au recrutement : la façade du port de Santa Severa, sur un plateau rocheux d'environ **9 700 m²** à une profondeur de 1,5 mètres (Figure 4). Ce site est historiquement connu pour abriter des populations d'oursins, aujourd'hui en fort déclin. L'opération consisterait à relâcher environ **100 000 juvéniles** (taille : environ 1 à 2 cm), produits en éclosure par Stella Mare. Les juvéniles destinés aux relâchers proviennent de géniteurs prélevés directement sur le site d'intérêt au sein du PNMCCA, ce qui permet de maintenir le lien avec le patrimoine génétique naturel des populations et d'assurer la pertinence écologique des interventions. Ces individus sont préalablement marqués à l'aide d'un fluorochrome, permettant leur identification *a posteriori*.

Un dispositif de suivi scientifique rigoureux est prévu : état initial, suivi à J0, J+1, J+15, J+30, J+90, J+180, J+360, puis à une fréquence annuelle. Une zone témoin située dans la jachère, sera également suivie pour comparer les dynamiques naturelles et induites. Des transects et quadrats fixes permettront de suivre l'évolution de la densité des oursins, du couvert végétal (photographie), des habitats benthiques et de la faune associée, notamment les poissons (possibles prédateurs).

Une analyse génétique préliminaire sera réalisée pour évaluer la diversité des individus issus de l'éclosure et éviter toute pollution génétique. Après un an, un suivi du marquage des individus permettra de quantifier la contribution de l'éclosure à la population locale. Par ailleurs, un réensemencement annuel pourrait être envisagé afin de maintenir des cohortes régulières. Son intensité serait ajustée en fonction des taux de survie observés, des résultats du suivi scientifique et de la capacité d'accueil du site, offrant ainsi une option flexible pour optimiser la restauration de la population.

Il est important de souligner que l'initiative portée par Stella Mare constitue un levier fondamental pour restaurer durablement les populations d'oursins, aujourd'hui fortement appauvries dans cette zone. Ce projet représente une opportunité unique de démontrer l'efficacité combinée d'une gestion passive (jachère) et active (relâché) dans un contexte de restauration écologique intégrée.

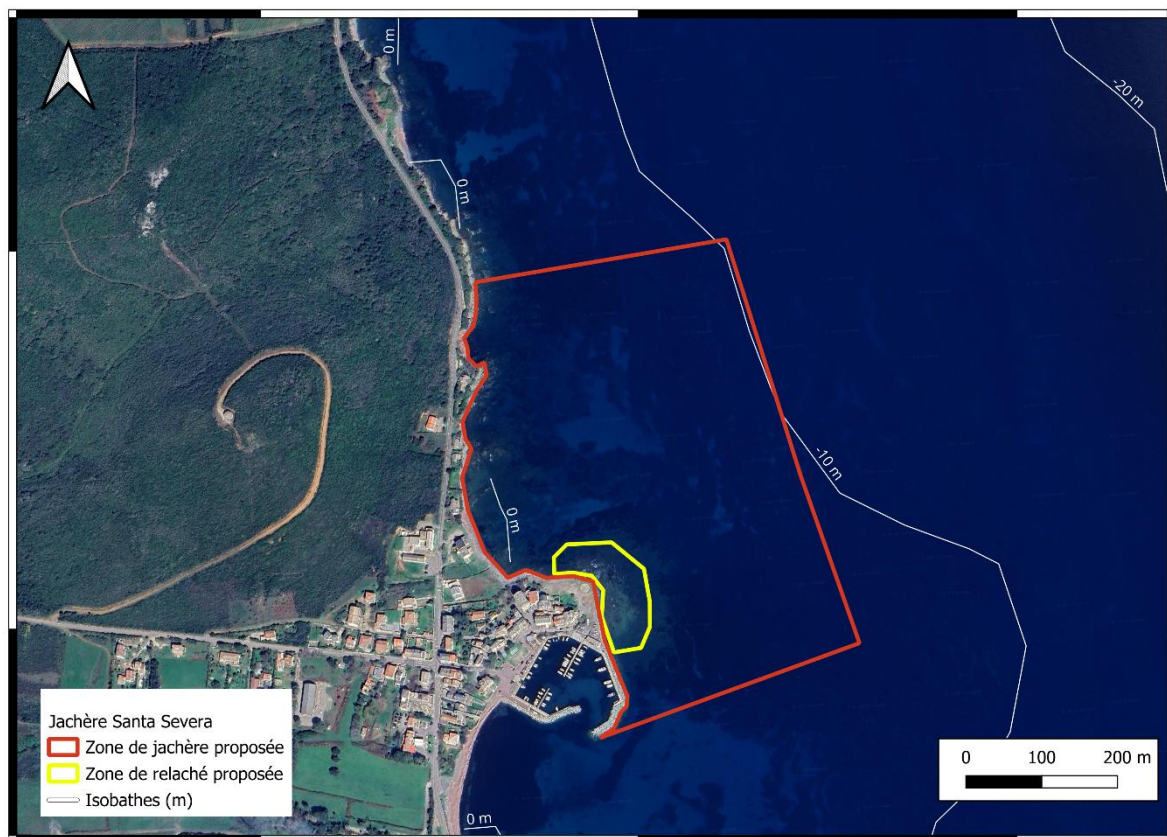


Figure 4 : Cartographie de la zone de non-prélèvement et de la zone de relâcher proposée

3. Conclusion et Perspectives

Les mesures prévues dans le cadre de la mise en place d'une zone de jachère visent à assurer une gestion durable du site. Le suivi scientifique continu constituera un élément central pour documenter la dynamique des populations d'oursins, l'évolution de la couverture algale et les interactions trophiques. Ces connaissances permettront d'améliorer la compréhension du fonctionnement écologique du site.

Si ces expérimentations s'avèrent concluantes, elles pourraient être répliquées dans d'autres zones sensibles présentant des caractéristiques similaires, tout en tenant compte des spécificités locales pour adapter les protocoles de gestion.

L'intégration de ces initiatives dans les politiques publiques de conservation marine, notamment dans les plans nationaux et régionaux de gestion des ressources marines, renforcerait leur impact à long terme.

La création d'une **zone de jachère** est une approche fonctionnelle pour restaurer les populations d'oursins et rétablir l'équilibre écologique marin. En limitant la pression de pêche et en



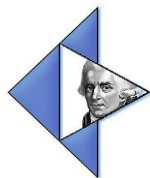
préservant les habitats, elle favorise la recolonisation naturelle et la régulation des proliférations algales, contribuant ainsi à la biodiversité benthique.

Toutefois, dans les zones où les effectifs d'oursins sont trop faibles, la recolonisation naturelle peut être insuffisante ou inopérante. Dans ce contexte, les **relâchers expérimentaux** constituent une solution pertinente, déjà testée avec succès en Méditerranée. Cette technique permet la restauration des populations et s'appuie sur un encadrement rigoureux visant à préserver les dynamiques écologiques.

Pour s'assurer de l'efficacité de la jachère et des relâchers, un **suivi scientifique approfondi** est indispensable. Il doit évaluer la survie et dispersion des oursins, l'évolution de la biomasse algale et les effets sur la biodiversité. Une gestion adaptative basée sur ces données permettra d'optimiser les mesures de gestion et d'envisager une extension ou une réplication du projet dans d'autres zones sensibles.

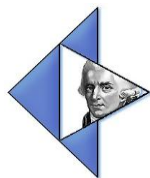
Dans un cadre optimal, la zone de jachère est envisagée sur une durée de cinq années, permettant un suivi scientifique complet des populations d'oursins relâchés. Cette période constitue une durée minimale recommandée pour assurer le suivi de la survie, de la croissance et de la reproduction des individus relâchés, incluant l'arrivée à maturité des individus et une génération reproductrice. Elle offre également la possibilité de prendre en compte la variabilité interannuelle et d'éviter que des conditions exceptionnelles sur une ou deux années ne biaisent les résultats. Ce suivi prolongé est essentiel pour évaluer de manière rigoureuse l'efficacité des relâchers et pour adapter la gestion de la jachère de manière scientifique.

Le succès de cette initiative repose sur une **collaboration active avec les acteurs locaux**, une intégration aux politiques publiques de conservation marine et une approche adaptative fondée sur des données scientifiques solides. Ces efforts collectifs sont essentiels pour assurer la **résilience des écosystèmes marins** face aux pressions anthropiques et aux changements climatiques.

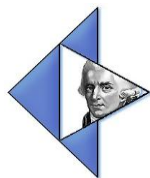


Références bibliographiques

- Bell, J.D., Bartley, D.M., Lorenzen, K., Loneragan, N.R., 2006. Restocking and stock enhancement of coastal fisheries: Potential, problems and progress. *Fish. Res.* 80, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.03.008>
- Bell, J. D., Leber, K. M., Blankenship, H. L., Loneragan, N. R., & Masuda, R. (2008). A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Reviews in Fisheries Science*, 16, 1–9.
- Blankenship, H.L., Leber, K.M., 1995. A responsible approach to marine stock... - Google Scholar. Presented at the American Fisheries Society Symposium, pp. 167–175.
- Bouiba Yahiaoui, S., El Amine Bendimerad, M., Richir, J., 2024. Morphological and physiological characterization of the regular sea urchin *Paracentrotus lividus* in Algeria, with recommendations for the sustainable fishing of the resource. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 74, 103490. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103490>
- Brundu, G., Farina, S., Domenici, P., 2020. Going back into the wild: the behavioural effects of raising sea urchins in captivity. *Conserv. Physiol.* 8, coaa015.
- Correia, M.J., Lopes, P.M., Santos, P.M., Jacinto, D., Mateus, D., Maresca, F., Quintella, B.R., Cruz, T., Lourenço, S., Pombo, A., Costa, J.L., 2023. Pilot studies for stock enhancement of purple sea urchins (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816): usefulness of refuges and calcein marking for the monitoring of juveniles released into the natural environment. *Aquat. Living Resour.* 36, 12. <https://doi.org/10.1051/alr/2023009>
- Courchamp, F., Berec, L., Gascoigne, J., 2008. *Allee Effects in Ecology and Conservation*. Oxford University Press.
- Couvray, S., Miard, T., Bunet, R., Martin, Y., Grillasca, J.-P., Bonnefont, J.-L., Coupé, S., 2015. Experimental release of juvenile sea urchins (*Paracentrotus lividus*) in exploited sites along the French Mediterranean coast. *J. Shellfish Res.* 34, 555–563.
- de la Uz, S., Carrasco, J.F., Rodríguez, C., López, J., 2018. Evaluation of tagging and substrate refuges in release of juvenile sea urchins. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 23, 8–11.
- Duarte, C.M., Agusti, S., Barbier, E., Britten, G.L., Castilla, J.C., Gattuso, J.P., Worm, B., 2020. Rebuilding marine life. *Nature* 580, 39–51.
- Dupont, S., Ortega-Martínez, O., Thorndyke, M., 2010. Impact of near-future ocean acidification on echinoderms. *Ecotoxicology* 19, 449–462.
- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., Banks, S., Thomson, R.J., 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506, 216–220.
- Elmasry, E., Abdelrazek, F.A., El-Sayed, A.-F.M., 2023. Growth pattern and population status of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) on the Mediterranean coast of Egypt. *Egypt. J. Aquat. Res.* 49, 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2023.07.001>
- Farina, S., Baroli, M., Brundu, R., Conforti, A., Cucco, A., De Falco, G., Guala, I., Guerzoni, S., Massaro, G., Quattrocchi, G., Romagnoni, G., & Brambilla, W. (2020). The challenge of managing the commercial harvesting of the sea urchin *Paracentrotus lividus*: Advanced approaches are required. *PeerJ*, 8, e10093. <https://doi.org/10.7717/peerj.10093>
- Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T., Falkowski, P., 1998. Primary Production of the Biosphere : Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science* 281, 237–240. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>
- Goñi, R., Hilborn, R., Díaz, D., Mallol, S., Adlerstein, S., 2010. Net contribution of spillover from a marine reserve to fishery catches. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 400, 233–243.
- Guidetti, P., 2006. Marine reserves re-establish lost predatory interactions and cause community changes in rocky reefs. *Ecol. Appl.* 16, 963–976.



- Hereu, B., Zabala, M., Linares, C., Sala, E., 2005. Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the NW Mediterranean. *Mar. Biol.* 148, 729–740.
- Hereu B., Linares C., Sala E., Garrabou J., Garcia-Rubies A., et al. (2012). Multiple Processes Regulate Long-Term Population Dynamics of Sea Urchins on Mediterranean Rocky Reefs. *PLoS ONE*, 7(5), e36901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036901>
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Hatziolos, M.E., 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, 1737–1742.
- Holloway, M.G., Connell, S.D., 2002. Why do floating structures create novel habitats for subtidal epibiota? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 235, 43–52.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Law, K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768–771.
- Lester, S.E., Halpern, B.S., 2008. Biological responses in marine no-take reserves versus partially protected areas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 367, 49–56.
- Levitán, D.R., 1991. Influence of body size and population density on fertilization success and reproductive output in a free-spawning marine invertebrate. *Biol. Bull.* 181, 261–268.
- Lotze, H.K., Lenihan, H.S., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R.G., Kay, M.C., Jackson, J.B., 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312, 1806–1809.
- Nikolaou, A., Tsirintanis, K., Rilov, G., Katsanevakis, S., 2023. Invasive Fish and Sea Urchins Drive the Status of Canopy Forming Macroalgae in the Eastern Mediterranean. *Biology* 12, 763. <https://doi.org/10.3390/biology12060763>
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., Torres, F., 1998. Fishing Down Marine Food Webs. *Science* 279, 860–863. <https://doi.org/10.1126/science.279.5352.860>
- Piacentini, L., El Idrissi, O., Monnier, B., Vela, A., Bastien, R., Aiello, A., Pasqualini, V., & Ternengo, S. (2025). Spatio-temporal monitoring and modeling approach for the sustainable management of *Paracentrotus lividus* populations in the Mediterranean Sea. *Global Ecology and Conservation*, 62, e03796. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03796>
- Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Weyer, N.M., 2019. The ocean and cryosphere in a changing climate. *IPCC Spec. Rep. Ocean Cryosphere Chang. Clim.* 1155, 10–1017.
- Rilov, G. (2016). Multi-species collapses at the warm edge of a warming sea. *Scientific Reports*, 6(1), 36897.
- Roberts, C.M., O’Leary, B.C., McCauley, D.J., Cury, P.M., Duarte, C.M., Lubchenco, J., Castilla, J.C., 2017. Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 6167–6175.
- Ruberti, N., Brundu, G., Ceccherelli, G., Grech, D., Guala, I., Loi, B., Farina, S., 2023. Intensive sea urchin harvest rescues *Paracentrotus lividus* population structure and threatens self-sustenance. *PeerJ* 11, e16220. <https://doi.org/10.7717/peerj.16220>
- Sala, E., Boudouresque, C.F., Harmelin-Vivien, M., 1998. Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos* 82, 425–439.
- Steneck, R.S., 2013. Chapter Sea Urchins as Drivers of Shallow Benthic Marine Community Structure, in: Lawrence, J.M. (Ed.), *Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Sea Urchins: Biology and Ecology*. Elsevier, pp. 195–212. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396491-5.00014-9>
- Ternengo, S., Piacentini, L., 2024. Programme SPINA. Office français de la Biodiversité/Parc naturel marin du Cap corse et de l’Agriate, Université de corse_ UAR 3514 Stella mare.
- Ternengo, S., Piacentini, L., 2023. Programme PARARESTOR : Restauration des populations d’oursins violets *Paracentrotus lividus* en Corse. Université de Corse.



Toso A., Necci F., Martines A., Lacorte R., Toso Y., Gianguzza P., Deidun A., Ungaro N., Costantino G., Caforio M., Giannuzzi C. G., D'Onghia F. M., Strippoli G., Barbone E., Milisenda G. & Piraino S. (2025). Overfishing and sea warming drive the collapse of *Paracentrotus lividus*. Scientific Reports, 15, 18733. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02642-3>

Tuya, F., Boyra, A., Sánchez-Jerez, P., Barbera, C., Haroun, R., 2004. Relationships between rocky-reef fish assemblages, the sea urchin *Paracentrotus lividus*, and macroalgae throughout the Canarian Archipelago. Mar. Ecol. Prog. Ser. 278, 157–169.