



Document stratégique pour la restauration écologique en Méditerranée



La Méditerranée est un trésor vivant à partager, préservons-la.





DATE

Janvier 2019

AUTEUR

Direction interrégionale de la Mer Méditerranée (Maria RUYSSSEN)

ÉQUIPE PROJET

Sous l'autorité des préfets coordonnateurs (Préfecture de région Provence-Alpes-Côte d'Azur et Préfecture maritime de Méditerranée) : Direction interrégionale de la Mer (DIRM) Méditerranée, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC), Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Provence-Alpes-Côte d'Azur, DREAL Occitanie, DREAL Corse, Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM) des Bouches-du-Rhône, DDTM du Var, Agence française pour la biodiversité (AFB), CEPRALMAR, Pôle Mer Méditerranée, Ifremer.

CITATION

Direction interrégionale de la mer Méditerranée. 2019. Document stratégique pour la restauration écologique en Méditerranée. PAMM Méditerranée Occidentale. 56 pages.

RÉSUMÉ

Le document stratégique pour la restauration écologique en Méditerranée s'inscrit dans la mise en œuvre du Plan d'action pour le milieu marin.

Les initiatives en faveur de la reconquête de la biodiversité en mer se sont multipliées à compter des années 2010. Les services de l'État et les agences, en charge du financement, de l'instruction et de l'accompagnement de ces projets, se sont accordés sur le besoin d'une vision commune de la restauration écologique en Méditerranée : ses objectifs, ses outils et territoires d'application, ses opportunités. Mais aussi ses enjeux de gestion en termes d'efficacité de l'action publique et de pertinence recherchée des opérations à venir.

Le présent document offre la synthèse, à la fois des travaux scientifiques d'importance menés au travers du programme DRIVER, et les conclusions de l'ensemble des projets de restauration réalisés depuis 2006. Il rappelle ainsi les conditions et objectifs de la restauration écologique et offre un état de l'art des techniques innovantes et de leurs degrés de maturité.

Le caractère expérimental de l'ensemble des opérations aujourd'hui déployées demande une intégration plus forte de la restauration écologique dans l'ensemble des politiques existantes de non dégradation et de gestion des usages en mer et sur le littoral. Le présent document institue ainsi la notion de Schéma territorial de restauration écologique (STERE). Cet outil de planification, à destination des territoires, offre une méthodologie intégrant de manière pluriannuelle des mesures de non dégradation, sur les rejets en mer notamment (STEP, ports), de gestion des usages (mouillages, plongée, pêche), de valorisation des zones artificielles existantes (ports, enrochements, récifs), d'expérimentation et d'innovation enfin sur la restauration d'habitats naturels, de connectivités et de fonctions écosystémiques complexes.

Cela se traduit par un atlas des zones jugées propices au développement d'un STERE à l'horizon 2021.

CRÉDITS PHOTOS

Couverture : ECOCEAN Rémy Dubas, Seaboost Julien Dalle, IOPR Sylvain Couvray - Thomas Miard. Pages intérieures : ECOCEAN Rémy Dubas (pages 3, 12, 14, 16, 19, 21, 22, 24, 26, 28, 44, 45) ; Seaboost Julien Dalle (pages 2, 15, 17, 21, 30) ; Franck Fredefon (page 6) ; IOPR Sylvain Couvray - Thomas Miard (pages 6, 7, 24, 29, 30) ; Sandrine Ruitton (pages 8, 9) ; Andromède Océanologie (pages 10,11) ; Yvan Chocloff (page 12) ; O. Dugornay (page 14) ; DIRM Méditerranée Marion Brichet (pages 18, 23, 27).



SOMMAIRE

	1 / OÙ RESTAURER AUJOURD'HUI ? CONDITIONS ET FINALITÉS	6
	1.1 / LES CONDITIONS PRÉALABLES À UNE OPÉRATION DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE	8
	1.2 / LES DÉGRADATIONS HISTORIQUES DU MILIEU À PRENDRE EN COMPTE	9
	1.2.1 / Sur les habitats prioritaires	9
	1.2.2 / Sur la fonction nurserie	11
	1.3 / ÉVALUER LA MAÎTRISE DES PRESSIONS	12
	2 / QUE RESTAURER, COMMENT ? OUTILS EXISTANTS ET PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT	14
	2.1 / RESTAURER LA FONCTION NURSERIE EN EXPLOITANT LES AMÉNAGEMENTS EXISTANTS	16
	2.1.1 / Les nurseries artificielles en zones portuaires	16
	2.1.2 / Utiliser les enrochements, épis, récifs existants	17
	2.2 / RESTAURER DES NURSERIES NATURELLES ET DES HABITATS DÉGRADÉS	19
	2.2.1 / Les transplantations d'habitats et repeuplement de poissons	19
	2.2.2 / Favoriser la résilience d'un milieu naturel soumis à des rejets	19
	2.3 / PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT	20
	2.3.1 / Développer les nurseries artificielles en zone portuaire en cohérence avec l'état de la zone naturelle adjacente au port	20
	2.3.2 / Consolider et soutenir les opérations expérimentales de restauration des habitats et nurseries naturelles	21
	3 / FAIRE DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE UNE DÉMARCHE INTÉGRÉE : LE SCHÉMA TERRITORIAL DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE (STERE)	22
	3.1 / ASSURER UNE COHÉRENCE TERRITORIALE ENTRE LES ACTIONS DE NON-DÉGRADATION ET LES ACTIONS DE RESTAURATION	24
	3.2 / IDENTIFIER L'ENSEMBLE DES BESOINS DU TERRITOIRE EN MATIÈRE DE RESTAURATION ET PROPOSER DES SOLUTIONS	25
	3.2.1 / Valoriser et poursuivre les actions de non-dégradation des biocénoses	25
	3.2.2 / Mettre en place une politique cohérente d'équipements portuaires	26
	3.2.3 / Définir des secteurs prioritaires pour la restauration des nurseries naturelles et des habitats dégradés	28
	• Valoriser un contexte naturel et artificiel favorable	28
	• Utiliser la maîtrise des pressions anthropiques	29
	4 / LES SCHÉMAS TERRITORIAUX DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE PRIORITAIRES (2017-2021)	31
	5 / ANNEXES	45
	5.1 / ANNEXE 1 – FONCTIONNEMENT ET IMPORTANCE DES NURSERIES DANS LE MAINTIEN DES POPULATIONS DE POISSONS (SYNTHÈSE DU GUIDE DRIVER)	46
	5.2 / ANNEXE 2 – PROJETS DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE ET RÉSULTATS (2018)	50
	5.3 / ANNEXE 3 – AIDE À LA MISE EN ŒUVRE DES OPÉRATIONS DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE (RESTAUREG)	54

AVANT-PROPOS

Répondre aux enjeux de la directive-cadre “Stratégie pour le milieu marin”

Dans un contexte global de perturbations anthropiques toujours croissantes des écosystèmes côtiers et marins, des mesures de gestion et de protection de ces milieux ont été mises en place sur l'ensemble de la façade méditerranéenne. Cependant, pour certains écosystèmes sévèrement et historiquement impactés, limiter les pressions et assurer la non-dégradation du milieu peut ne pas suffire à leur donner les capacités de régénération garantes du maintien futur de leurs fonctions écologiques. La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et la Directive-cadre “Stratégie pour le milieu marin” (DCSMM), en fixant l'objectif d'atteindre le bon état écologique des eaux à l'horizon 2020, traduisent cette volonté de dépasser les dynamiques acquises de gestion et de protection.

L'action directe sur le milieu peut s'avérer nécessaire pour assister un écosystème dans son rétablissement ou sa régénération. La mise en place de telles actions, qui constituent la restauration écologique dans son sens global, assure un complément essentiel aux mesures de gestion et de protection. La restauration écologique fait ainsi partie des stratégies qui concourent à l'atteinte du bon état écologique des eaux.

C'est pourquoi, dès 2012, engager la restauration de la moitié des sites présentant des habitats naturels dégradés a été défini comme l'un des objectifs environnementaux¹ du Plan d'action pour le milieu marin (PAMM) de Méditerranée, outil de transposition en droit français de la DCSMM. L'élaboration d'un document stratégique de façade pour la restauration écologique constitue la mesure M035-MED2 du programme de mesures, cinquième et dernier volet du PAMM.

Structure et objectifs du document

D'importants travaux ont été menés en Méditerranée, visant à améliorer la visibilité et les connaissances sur la restauration écologique ainsi qu'à intégrer plusieurs approches qui se développent autour de ce sujet, notamment sur les petits fonds côtiers. Le présent document trouve une base scientifique et réglementaire dans les publications collégiales livrées par deux projets, qu'il intègre et prolonge :

- Le projet DRIVER mené par un collège interdisciplinaire et international d'experts qui a permis en 2015 de définir l'ensemble des notions afférentes à la restauration écologique, de dégager des typologies d'actions, les moyens et les coûts à prendre en considération, au sein d'un guide de référence²;

¹ La transposition en droit français de la DCSMM se traduit par l'obligation pour chaque façade maritime d'élaborer et de mettre en œuvre un Plan d'action pour le milieu marin (article L219-9 du Code de l'environnement). Le PAMM est constitué de cinq volets : une évaluation initiale des eaux marines, une définition du bon état écologique et des descripteurs associés, des objectifs environnementaux à atteindre, un programme de surveillance et un programme de mesures. L'ensemble des documents est disponible sur le site internet de la DIRM Méditerranée.

² LENFANT P., GUDEFIN A., FONBONNE S., LECAILLON G., ARONSON J., BLIN E., LOURIE S.M., BOISSERY P., LOEUILLARD J-L., PALMARO A., HERROUIN G., PERSON J., Restauration écologique des nurseries des petits fonds côtiers de Méditerranée. Orientations et principes, 2015

- Le projet RESTAUREG qui a permis en juin 2016 la parution d'un guide pratique des démarches réglementaires, en vue d'apporter un appui aux porteurs de projets de génie écologique côtier³.

Ce document s'appuie autant que possible sur les conclusions de l'ensemble des études et travaux menés ces dernières années en termes de restauration écologique. Il poursuit trois objectifs fondamentaux :

- Dresser un double état des lieux sur la façade méditerranéenne. D'une part, celui des **besoins** en restauration écologique. Celle-ci répond à une définition précise qui détermine des conditions et objectifs à respecter lors de la planification d'opérations. D'autre part, celui des **outils existants** pour répondre à ce besoin, dont on peut estimer le degré d'opérationnalité. En majeure partie expérimentaux, leur intégration à un contexte local connu et maîtrisé permettra de meilleurs résultats ;
- Affirmer le besoin de développer des actions de restauration non plus ponctuelles mais **intégrées** dans des territoires ciblés, au sein de politiques d'actions efficaces, soutenues par des structures de gestion identifiables. C'est l'objet de la notion de **schéma territorial de restauration écologique** ;
- Décliner des **priorités territoriales de restauration**, au travers d'un atlas cartographique précis, à mettre en œuvre à l'horizon 2021.

L'État et ses opérateurs pourront s'appuyer sur l'analyse spatiale faite dans ce document pour déterminer les aides à attribuer aux projets de restauration.

Ce document s'adresse tant aux services instructeurs de l'État, qu'aux gestionnaires d'aires marines protégées, décideurs et financeurs, qui prennent une part active dans l'orientation des projets vers des formes et méthodes propres à obtenir un gain écologique avéré dans les zones concernées.

Il a été rédigé au sein d'un groupe de travail auquel ont pris part les trois Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse, les Directions départementales des territoires et de la mer (DDTM) des Bouches-du-Rhône et du Var, l'Agence française pour la biodiversité (AFB), l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse (AE RMC), le Pôle Mer Méditerranée, le Cépralmar, l'Ifremer et le Centre de recherches sur les écosystèmes marins (CREM) de l'Université de Perpignan.

Le document et son annexe cartographique ont fait l'objet d'une présentation département par département, aux élus et gestionnaires, conjointement à la présentation de La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée - Volet opérationnel et orientations plaiseance au cours de l'année 2018.

³ BETHENOD J., BONIS A., LARIDAN S., RESTAUREG. Appui aux porteurs de projets de génie écologique côtier. Guide pratique des démarches réglementaires. Le projet RESTAUREG a été coordonné par le Pôle Mer Méditerranée avec l'appui financier de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse, de la DREAL PACA et de la Région PACA. Il est disponible à l'adresse suivante, 2016



1 / OÙ RESTAURER AUJOURD'HUI ? CONDITIONS ET FINALITÉS

1.1 / LES CONDITIONS PRÉALABLES À UNE OPÉRATION DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE	8
1.2 / LES DÉGRADATIONS HISTORIQUES DU MILIEU À PRENDRE EN COMPTE	9
1.2.1 / Sur les habitats prioritaires	9
1.2.2 / Sur la fonction nurserie	11
1.3 / ÉVALUER LA MAÎTRISE DES PRESSIONS	12



Les travaux et retours d'expérience ont permis de dégager un consensus sur les conditions et objectifs de la restauration écologique, tels qu'ils sont actuellement appréhendables du fait des connaissances acquises ou à acquérir encore sur les écosystèmes marins et leur fonctionnement.

1.1 / LES CONDITIONS PRÉALABLES À UNE OPÉRATION DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

La société pour la restauration écologique définit la restauration écologique comme étant *“le processus d'assister la régénération d'un écosystème qui a été endommagé, dégradé ou détruit”*⁴.

Les travaux du programme DRIVER (2015), ont permis de préciser : “La restauration écologique se définit comme une action sur l'habitat marin, la faune ou la flore, permettant d'améliorer le fonctionnement écologique, dans une zone côtière où la qualité de l'eau est bonne et où les pressions à l'origine de la dégradation ont disparu ou sont maîtrisées.”⁵

Selon ces définitions, une opération de restauration écologique doit répondre à deux critères préalables :

- Elle doit participer à la **reconquête de la biodiversité** dans un milieu côtier où des dégradations historiques sont constatées ;
- Les pressions à l'origine de la dégradation doivent être **maîtrisées** pour ne pas nuire au bon déroulement et aux résultats de l'opération ;

- Pour cela, le milieu choisi doit être encadré par des **politiques d'action** qui permettent d'attester, par des mesures de gestion et des indicateurs précis de leur efficacité, de cette maîtrise des pressions.

NB : La restauration écologique sera considérée dans ce document comme une démarche globale de l'homme, à son initiative et à visée positive sur l'environnement. Le but de la restauration dépasse celui de la réhabilitation, qui cherchera à restaurer seulement certains attributs de l'écosystème considéré (fonction, habitat ou service), et celui de la réaffectation, qui est un choix de gestion sur la destination et l'utilisation future d'un espace souvent très dégradé (privilégier un aménagement peu coûteux et laisser la nature reprendre le dessus plutôt que de dépolluer, par exemple). Réhabilitation et réaffectation peuvent cependant être, en fonction de l'état de l'écosystème, des parties d'un projet de restauration.

La restauration écologique est également à distinguer des mesures compensatoires qui peuvent être proposées par un porteur de projet dans le cadre de l'application de la séquence ERC – Éviter, Réduire, Compenser, en contrepartie d'un dommage environnemental. L'instruction de cette séquence suit des règles et prescriptions bien précises qui ne sont pas l'objet de ce document (cf. fascicule 3 du Guide cadre EVAL_IMPACT)⁶.



⁴ Society for Ecological Restoration (SER) www.ser.org, 2004

⁵ DRIVER, 2015, page 72

⁶ DREAL PACA et DREAL Occitanie. Guide cadre Eval_Impact. Impacts des projets d'activités et d'aménagements en milieu marin méditerranéen. Recommandations des services instructeurs. Ed. CO2 communication, 2018.

1.2 / LES DÉGRADATIONS HISTORIQUES DU MILIEU À PRENDRE EN COMPTE

Le fonctionnement naturel d'un écosystème n'est pas exempt de toute pression. Un écosystème subit une variabilité naturelle qui l'affecte de manière plus ou moins importante suivant sa **résistance**, et pour plus ou moins longtemps suivant sa capacité de **résilience**. À la variabilité naturelle s'ajoutent, multiples et historiques, les pressions anthropiques. Passé un certain seuil de pressions, l'écosystème perd sa capacité d'auto-régénération voire se transforme : il est alors dégradé.

Les opérations de restauration écologique sont situées en milieu côtier. La dégradation de l'écosystème côtier se portera soit sur **l'état de ses habitats**, soit sur sa capacité à assurer ses **fonctions écosystémiques**.



1.2.1 / Sur les habitats prioritaires

Les habitats de la bande côtière méditerranéenne sont soumis à des pressions anthropiques et présentent un niveau de dégradation que l'on peut estimer (Holon et al, 2015). Tous ne font pourtant pas l'objet du même niveau de connaissances et d'expérimentation.

C'est pourquoi, pour le présent document, il a été fait le choix de se concentrer sur **les herbiers de phanérogames marines (Posidonie, Cymodocées, Zostères), les ceintures littorales de Cystoseires et les fonds à coralligène**.

Ces peuplements, considérés comme des pôles majeurs de biodiversité de la bande côtière méditerranéenne, connaissent des zones de **recul** et de **fragmentation** importantes, qui nuisent à leurs fonctions écosystémiques et à la survie des espèces qui leur sont inféodées. Ces zones de recul et de fragmentation témoignent de l'atteinte historique au milieu.

Ces peuplements figurent également parmi les plus étudiés et ont fait l'objet, notamment ces dix dernières années, de programmes de recherche et développement pour la mise au point de techniques de restauration écologique.

• Peuplements de Cystoseires⁷

Les ceintures littorales de *Cystoseira amentacea* ont fortement régressé depuis une trentaine d'années. L'espèce est particulièrement sensible aux pollutions de surface et a payé un lourd tribut aux aménagements littoraux des dernières décennies tout le long de la côte artificialisée de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Des reculs importants de la population sont ainsi observés dans la zone affectée par les eaux de rejet de l'émissaire de Cortiou et du Cap Sicié. Sur la côte des Albères, on note la dégradation de la roche infralittorale et le remplacement des cystoseires par des moulières.

On peut également citer les peuplements de Cystoseires profondes, telles que *Cystoseira zosteroides*, espèce relativement rare, qui a été fortement impactée par la dégradation de la qualité des eaux.

Les projets de restauration des peuplements de cystoseires en sont encore à leurs prémices en Méditerranée française.

⁷ Évaluation initiale des eaux marines, Plan d'action pour le milieu marin de Méditerranée occidentale, p°119 et sq pour l'ensemble des habitats cités ci-après.

- **Les herbiers de phanérogames marines (Posidonie, Cymodocée, Zostères)**

Ils constituent des peuplements clés dans le fonctionnement général des écosystèmes méditerranéens (on parle d'espèces ingénieurs). Ainsi, les herbiers constituent des zones de frayères, de nurseries et d'abris pour de nombreuses espèces de la faune vagile, ils contribuent à l'oxygénation des eaux et, par leur système racinaire, à la fixation du sédiment. Les herbiers méditerranéens ont subi par le passé d'importantes dégradations, à la fois sur leur limite supérieure (aménagement littoraux, pollutions, etc.) et sur leur limite inférieure (dégradation de la qualité des eaux, altération physique par la pratique de certains engins de pêche, pose de canalisation, câble, etc.).

Dans certains cas, et pour certaines espèces à forte dynamique (telles que les zostères) l'amélioration des conditions du milieu a pu conduire à la reprise d'herbiers ayant disparu, l'extension des surfaces couvertes peut alors être très rapide (à l'échelle de quelques années). Pour d'autres espèces, à faible taux de croissance (telle que la Posidonie), la possibilité d'une recolonisation naturelle reste difficilement prévisible. C'est pourquoi à travers le monde, les herbiers de phanérogames marines font l'objet de nombreux programmes expérimentaux de restauration, par le biais notamment de transplantations.

- **Les assemblages à coralligène**

C'est une mosaïque complexe de micro-habitats et d'espèces qui abrite un des premiers pôles de biodiversité en Méditerranée, avec plus de 1800 espèces associées à cet habitat. Ces peuplements, profonds, subissent des altérations liées à la dégradation de la qualité de l'eau qui agit sur les algues constitutives du substrat, mais également à la dispersion d'espèces invasives, ou encore à des altérations mécaniques des espèces dressées (ancrages, arts traînants, fréquentation, etc.). Bien que les assemblages à coralligène, par leur structure, peuvent s'apparenter aux récifs-coralliens tropicaux, très peu de projets de restauration du coralligène ont pour le moment été développés. Ceci est notamment lié à la complexité même du peuplement (en termes d'espèces présentes et de dynamique) mais également à des difficultés méthodologiques et opérationnelles du fait de leur profondeur.

Les données modélisées issues du réseau de surveillance SURFSTAT⁸ permettent d'afficher avec précision les zones de recul et de fragmentation des herbiers de phanérogames marines et des assemblages à coralligène sur l'ensemble de la façade méditerranéenne française. Ce sont ces données qui seront exploitées pour la détermination des zones propices.



⁸ SURFSTAT est un réseau surveillance, financé par l'AERMC et déployé par Andromède Océanologie, qui s'appuie sur une cartographie continue des habitats marins, sur laquelle est appliquée une analyse qualitative des données spatiales par tranche bathymétrique et par masse d'eau (mesure de la quantité et de la surface spatiale des différentes classes d'habitats), et une analyse statistique, par calculs de différents indices surfaciques. Ce réseau offre ainsi des cartes permettant de visualiser la régression des herbiers de posidonie, la diversité des habitats, et la régression historique des habitats prioritaires (herbier et coralligène). Les données peuvent être visualisées sur la plateforme cartographique : www.medtrix.fr

• **L'habitat sableux**, bien qu'il couvre environ 100 000 ha, est moins étudié en Méditerranée que l'habitat herbiers de Posidonie. Ses rôles fonctionnels sont importants, qu'il soit une zone de nurserie pour les poissons plats, ou catalyse cette fonction lorsqu'il est situé à proximité de l'habitat herbier de Posidonies/substrat dur à macro-algues (Pearson, 2001⁹; Norling et al., 2007)¹⁰.

Pourtant cet habitat est celui qui subit le plus d'impact cumulés liés aux différentes pressions anthropiques (Holon et al, 2015). Les habitats sableux situés entre la limite supérieure des herbiers de Posidonies et la côte sont particulièrement menacés d'autant plus que les aménagements de lutte contre l'érosion/submersion (digues, récifs, géotubes, épis) et opérations de rechargement de plage empiètent directement sur ces habitats et nuisent à leurs fonctions.

Il n'y a pas à ce jour d'opérations de restauration écologique des habitats sableux. Cet habitat est donc prioritaire en termes d'**acquisition de connaissances** avant de faire l'objet d'expérimentation en termes de restauration écologique.

1.2.2 / Sur la fonction nurserie

Le guide DRIVER, par son effort de définition et de synthèse des connaissances et des travaux, a fortement associé l'objectif de restauration écologique à deux autres notions clés :

- En définissant la notion de "**service écosystémique**" et en caractérisant spécifiquement ceux rendus par le milieu marin, il a fait apparaître le renouvellement des populations de poissons, et le maintien des espèces et des stocks comme une des vocations essentielles des fonds côtiers.
- En caractérisant les cycles écologiques de la vie des poissons côtiers et en associant à ces cycles des habitats précis, il a montré l'importance de la fonction **nurserie** qu'exercent les fonds côtiers.

L'atteinte historique aux milieux côtiers méditerranéens ne se traduit donc pas uniquement par le recul ou la fragmentation d'habitats prioritaires, mais également par l'altération de cette fonction essentielle qu'est la fonction nurserie. Un rappel du fonctionnement des petits fonds côtiers et du rôle de la nurserie dans le maintien des stocks halieutiques figure en annexe I.



⁹ Person, T. H. Functional group ecology in soft-sediment marine benthos : the rôle of bioturbation. *Oceanography and Marine Biology Annual revue* 39 : 233 – 267, 2001

¹⁰ Norling, K., Rosenberg, R., Hulth, S., Grémare, and Bonsdorff. Importance of functional biodiversity and species-specific traits of benthic fauna for ecosystem functions in marine sediment. *Marine Ecology Progress series* 332:11-23, 2007

Les témoins de l'altération de cette fonction diffèrent selon le profil de la côte.

Sur la partie Est de la Méditerranée (littoraux de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur et de la Corse), la fonction nurserie est majoritairement assurée par l'interaction entre la côte rocheuse et les habitats herbiers et coralligènes. Le recul de l'habitat allié à une artificialisation de la côte rocheuse, est synonyme de dégradation durable de la fonction nurserie.

Sur la partie Ouest de la Méditerranée (littoral du Golfe du Lion), où les fonds côtiers sont majoritairement sableux, la fonction nurserie est à appréhender différemment. L'une des spécificités du littoral du Golfe du Lion est d'être marqué par la présence quasi-continue d'un cordon lagunaire, en connexion avec la mer par des graus. Cette interface terre-mer joue un rôle essentiel dans la production

halieutique puisque les lagunes assurent des fonctions d'abri (faible profondeur, turbidité, herbier diffus) et de nourriture (migration trophique) pour les post-larves de poissons migrateurs emblématiques tels que daurades, lous, muges, sardines, flets, soles, etc.

L'artificialisation du littoral en milieu sableux a pu créer une fonction nurserie pour certaines espèces de poissons (dont certains sparidés) qui existait moins originellement et qui peut aujourd'hui faire l'objet d'une valorisation. En revanche, l'artificialisation et l'anthropisation des graus ont pu perturber la connectivité terre-mer, le passage des post-larves de la mer à la lagune et inversement, et donc à terme la fonction de nurserie¹¹. Par ailleurs, la perte de substrats sableux a également pu affecter la fonction nurserie de certaines espèces de poissons plats notamment.

1.3 / ÉVALUER LA MAÎTRISE DES PRESSIONS

La bonne qualité de l'eau

Le témoin de la maîtrise globale des pressions sur le milieu côtier est l'état de la masse d'eau côtière au regard des critères de la DCE. C'est notamment le bon état chimique de la masse d'eau qui va attester de la capacité des politiques publiques mises en œuvre à maîtriser les rejets dans la zone.

Un état chimique moyen, mauvais ou médiocre est le reflet d'un manque de maîtrise globale des rejets des agglomérations et des activités anthropiques qui lui sont liées dans le milieu. Avant d'envisager une opération de restauration écologique, c'est à la maîtrise de ces rejets que les gestionnaires de la zone littorale devront alors s'attacher.

Un état écologique moyen, médiocre ou mauvais n'est cependant pas excluant, l'opération de restauration écologique pouvant participer à la reconquête du milieu et de sa biodiversité.

L'analyse préalable à l'opération de restauration devra démontrer que les pressions à l'origine de cet état écologique sont identifiées voire maîtrisées.

Les pressions anthropiques en mer

Les fonds côtiers situés au plus près de la côte sont fortement impactés par les pressions anthropiques et une artificialisation dense du littoral. Le tableau ci-dessous recense de manière qualitative les impacts par type de pressions et d'habitats.



¹¹ Un travail du Cepralmar est cours pour identifier le potentiel de restauration écologique du littoral de la région Occitanie, et proposera des orientations sur la restauration des lagunes et de leur interaction avec la mer

PROBLÈMES			HABITATS									
FORCES MOTRICES		PRESSION ANTHROPIQUES	PF sableux	PF à cailloutils	PF rocheux	Concrétions organogéniques	Herbiers	Estuaires/lagunes	Vasières	Bancs rocheux	Infrastructures artificielles	Ports
AUGMENTATION DE LA POPULATION HUMAINE	au niveau mondial	conchyliculture/aquaculture					?	●				
		pêche aux arts trainants	●	●	●	●	●			●		
		pêche petits métiers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		rejets d'eaux usées	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		changement globaux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	au niveau côtier	constructions dont comblement	●	●	●	Trottoir	●	●	?		Sauf RA	●
AUGMENTATION DE LA POPULATION HUMAINE		zone de mouillage surexposée	●	●	●	●	●	●	●			
		dragage/curage portuaire et chenaux de navigation et immersion de ces sédiments										●
DÉVELOPPEMENT DU TOURISME BALNÉAIRE		activités de loisirs	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		pêche loisirs et pêche sous marine	●	●	●	Pêche à pied?		●	●	●	●	●
		pollution sonore et électromagnétique	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		macrodéchets	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DÉVELOPPEMENT DES ACTIVITÉS		apports des bassins versants "locaux" ruissellement	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
DÉVELOPPEMENT DES ACTIVITÉS DU BTP		extraction de granulats/minéraux et rechargement de plages	●	●			●	?				

Pressions, impacts et forces motrices exercés sur les différentes typologies d'habitats de petits fonds côtiers. D'après DRIVER

La dégradation historique d'habitats et/ou de fonctions prioritaires dans les milieux côtiers méditerranéens se matérialise de deux façons :

- Recul/fragmentation d'habitats prioritaires (herbiers de phanérogames marines, Posidonies, Cymodocées, biocénoses coralligènes, forêts de cystoseires) ;
- Artificialisation/anthropisation des côtes rocheuses et sableuses, et notamment des graus.

La maîtrise globale des pressions dans la zone détermine l'opportunité d'une action de restauration dans les délais impartis par la mise en œuvre du PAMM (échéance 2021).

À l'échelle de la façade, sont ainsi considérées comme propices les zones côtières dont historiquement l'état des habitats a été dégradé, les fonctions écosystémiques entravées, et où l'état chimique actuel du milieu est bon.

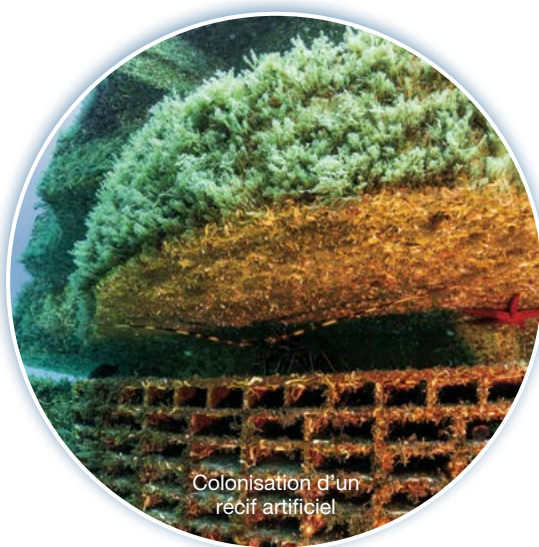
Les masses d'eau en mauvais état chimique ne sont pas exclues d'une réflexion sur la restauration du milieu marin concerné : le projet devra en revanche comporter impérativement une solution à la problématique des rejets ou la démonstration de leur maîtrise.

Une analyse complémentaire a été réalisée pour définir, au sein de ces zones propices exclusivement, les territoires où agir (partie 3). Cette analyse s'appuie sur des critères fournis par les opérations de restauration réalisées ou en cours, et le degré de réussite qui peut en être aujourd'hui estimé (partie 2).



2 / QUE RESTAURER, COMMENT ? OUTILS EXISTANTS ET PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

2.1 / RESTAURER LA FONCTION NURSERIE EN EXPLOITANT LES AMÉNAGEMENTS EXISTANTS	16
2.1.1 / Les nurseries artificielles en zones portuaires	16
2.1.2 / Utiliser les enrochements, épis, récifs existants	17
2.2 / RESTAURER DES NURSERIES NATURELLES ET DES HABITATS DÉGRADÉS	19
2.2.1 / Les transplantations d'habitats et repeuplement de poissons	19
2.2.2 / Favoriser la résilience d'un milieu naturel soumis à des rejets	19
2.3 / PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT	20
2.3.1 / Développer les nurseries artificielles en zone portuaire en cohérence avec l'état de la zone naturelle adjacente au port	20
2.3.2 / Consolider et soutenir les opérations expérimentales de restauration des habitats et nurseries naturelles	21



Colonisation d'un
récif artificiel

La dégradation des fonds côtiers méditerranéens implique, dans certaines zones, d'en restaurer soit les fonctions essentielles, soit l'état de ses habitats historiques et prioritaires.

Au stade des réflexions actuelles, les opérations de restauration se regroupent en quatre catégories :

- Lorsqu'elles ont pour objectif de restaurer la fonction nurserie, on distinguera les opérations en milieu artificialisé (zone portuaire principalement), des opérations en milieu naturel.
- Lorsqu'elles ont pour objectif de restaurer l'état de l'habitat, on distinguera les opérations qui s'attachent à restaurer un habitat soumis à l'influence directe d'un rejet, de celles qui s'emploient à restaurer un habitat dégradé en dehors d'un rejet, même s'il peut être impacté par des pressions temporaires et ponctuelles comme le mouillage.

Les actions présentées ici sont issues des opérations réalisées en Méditerranée française uniquement et détaillées dans les annexes II.1 à II.4. Elles demeurent majoritairement très expérimentales.

2.1 / RESTAURER LA FONCTION NURSERIE EN EXPLOITANT LES AMÉNAGEMENTS EXISTANTS

2.1.1 / Les nurseries artificielles en zones portuaires

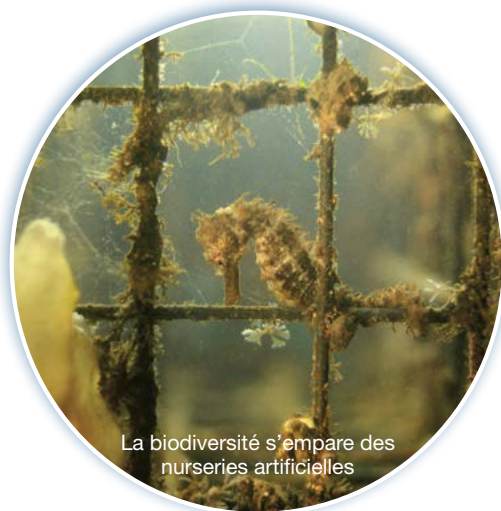
À la suite de deux grandes opérations aux enjeux multiples, GIREL et NAPPEX (cf. Annexe II.1), la capacité d'un port à recouvrir la fonction nurserie d'habitats de substrats durs que la construction de ses aménagements avait altéré a été scientifiquement prouvée (Bouchoucha, 2016¹²). Les structures installées sous les quais et pontons offrent abri et nourriture aux post-larves qui viennent s'y réfugier et y grandir, augmentant ainsi la densité de poissons, à un instant déterminé, dans le port.

Le lien entre une fonction abri/nourriture avérée de ces nurseries, la connectivité avec les habitats naturels en dehors du port et une efficacité plus pérenne de maintien et repeuplement des stocks halieutiques n'est en revanche pas démontré.

De la même manière, il n'est pas possible de lier directement le degré de contamination du milieu à celui des individus présents dans ce milieu. En effet, la présence de contaminants a une incidence complexe et non linéaire sur la concentration en contaminants dans les tissus des poissons : celle-ci va dépendre à la fois de la concentration en contaminants dans le milieu, mais également

d'autres paramètres comme la durée d'exposition, de la température, la salinité, le pH, et de la capacité d'un organisme donné à réguler certains contaminants.

La contamination du milieu n'empêche ainsi pas, a priori, qu'il puisse recouvrir une fonction nurserie favorable à l'écosystème.



¹² Bouchoucha, M. Rôle des ports dans le cycle de vie des poissons. Les ports : nurseries de sars ?, 2016

2.1.2 / Utiliser les enrochements, épis, récifs existants

Outre les infrastructures portuaires, de nombreuses ouvrages artificiels ont été implantés le long des côtes soit pour protéger de l'érosion et de la submersion marine (épi, enrochements), soit pour des initiatives expérimentales de repeuplement halieutique alliées à une gestion de l'activité de pêche dans la zone (récifs artificiels existants de protection et de production).

Récifs artificiels et complexification

Le retour d'expérience sur l'efficacité des récifs artificiels en termes de reconstitution des écosystèmes marins est le suivant :

- L'efficacité de récifs artificiels à vocation halieutique est observée sur les sites où il y a une interdiction de pêche ;
- La recolonisation des récifs par le benthos de substrat dur s'observe sur la plupart des sites ;
- La biomasse au niveau immédiat du récif peut augmenter ;
- Le récif peut remplir le rôle de nurserie naturelle pour certaines espèces (en fonction de l'agencement, du type de récifs et de la zone d'immersion).

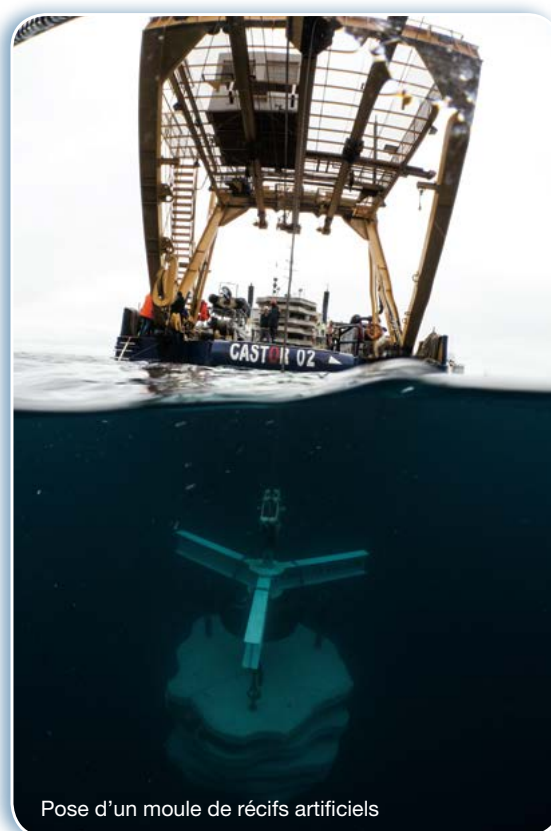
L'efficacité d'un récif est corrélée à un certain nombre de conditions comme l'application en parallèle de mesures d'interdiction d'usage.

L'efficacité des récifs artificiels est mise en lumière par les nombreuses implantations réalisées en Méditerranée depuis les années 1960, principalement à l'initiative des collectivités publiques : les 30 000 m³ immergés dans la rade de Marseille en 2007 et les résultats positifs des suivis qui y sont effectués en témoignent également. Pour autant les récifs artificiels demeurent complexes à gérer (domanialité, concession) et la réalisation de suivis réguliers, qui sont une condition de leur appréciation et de leur réussite, engendre des coûts importants.

Les principes préalables à de nouveaux récifs, en termes d'implantation, de décision et d'instruction, figurent dans la stratégie d'implantation de récifs artificiels en mer¹³ réalisée en 2012.

Les objectifs environnementaux, et notamment celui relatif à la limitation des pertes physiques des habitats génériques et particuliers liées à l'artificialisation de l'espace littoral et des petits fonds côtiers, doivent être respectés. Bien que présentant de bons résultats, l'implantation de récifs artificiels doit être raisonnée et appropriée à la nature des biocénoses, leur état, et à la nature des pressions alentours.

La complexification des récifs en revanche nécessite peu d'artificialisation supplémentaire et peut être envisagée pour augmenter le pouvoir attractif des récifs et leur influence sur les peuplements de poissons qui évoluent dans la zone.



Pose d'un moule de récifs artificiels

¹³ Document Stratégique sur implantation de Récifs Artificiels, 2012

Différentes études¹⁴ ont ainsi montré que la modification de la structure interne du récif par des densités alvéolées de tailles moyennes et fines ou l'ajout autour du récif de structures tridimensionnelles plus complexes entraînent une augmentation de la ressource trophique en présence et du nombre d'individus sur le récif. Le design des modules a donc une importance dans l'efficacité du récif notamment en termes d'abri et de nourritures, et ces premières expérimentations de complexification ont été exploitées, approfondies et renouvelées (cf. Annexe II.3 et II.4, notamment PRADO 2006, REXCOR, REMORA).

Le rôle des enrochements et épis

L'anthropisation, la lutte contre l'érosion et la submersion marine ont conduit à l'installation massive d'ouvrages artificiels le long du littoral. À l'instar de ce qui a été démontré dans les expérimentations relatives aux nurseries artificielles en zone portuaire (cf. partie 2.1.1.), la structure de ces ouvrages peut leur conférer un rôle écologique positif. Dans le Golfe du Lion, elle a même pu créer une fonction de nourricerie qui n'existait pas autant, historiquement, sur un littoral sableux.

Il a aujourd'hui été démontré que ces ouvrages capturaient une partie du flux larvaire¹⁵ et avaient un impact positif sur les densités d'espèces étudiées. Néanmoins l'impact de ces structures sur l'habitat sableux est à analyser.



Pose d'un moule de récifs artificiels

¹⁴ Par exemple, CHARBONNEL, E., ODY, D., LE DREAC'H L., 2001. Effet de la complexification de l'architecture des récifs artificiels du Parc national de Port-Cros sur les peuplements ichthyologiques, in Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, FR., 18, pp 163-217. Plus récemment, LE DREAC'H, L., ASTRUCH, P., BONHOMME, D., BONHOMME, P., GOUJARD, A., HARMELIN, J.G., ROUANET, E., RUITTON, S., Fish assemblages of the Prado bay reefs : high volumens and complexity are keys of efficiency, Coast Bordeaux, 2017

¹⁵ PASTOR, J., Rôle des enrochements côtiers artificiels dans la connectivité des populations, cas du sar commun (*Diplodus sargus*, Linné, 1758) en Méditerranée nord-occidentale. Thèse de doctorat Université de Perpignan Via Domitia / Ecole pratique des Hautes études, 180 pages, 2008

2.2 / RESTAURER DES NURSERIES NATURELLES ET DES HABITATS DÉGRADÉS

2.2.1 / Les transplantations d'habitats et repeuplement de poissons

La restauration de la fonction nurserie en milieu naturel demande la restauration simultanée des populations de poissons et des habitats historiquement présents.

Les techniques utilisées pour la restauration des habitats et des populations de poissons dans des zones de nurseries naturelles sont principalement la transplantation d'herbiers et le relâché de post-larves élevées à terre dans des habitats d'émancipations (cf. annexe II. 2).

L'efficacité d'une opération de transplantation doit être examinée dans le temps. La transplantation de la posidonie n'est actuellement pas maîtrisée, celle des ceintures de cystoseires demeure encore aléatoire, liée notamment à la prédation des saupes. Des résultats plus encourageants sont observés sur les cymodocées (projets LANDEAU et SAR-LAB notamment) qui survivent au transplant et se ramifient (cf. Eval_Impact, fasc. 3, p°32).

La capture des post-larves et leur élevage à terre avant relâché sont des techniques maîtrisées et employées dans plusieurs projets. Tagués, les juvéniles sont relâchés dans le milieu d'abord à des fins de suivis scientifiques : les objectifs de cette technique évoluent toutefois peu à peu vers le repeuplement du milieu naturel pour accélérer sa résilience et favoriser la présence d'espèces à fort intérêt halieutique et patrimonial (projet CasCioMar).

Les conditions d'une nurserie naturelle sont multiples, complexes et amènent à ce stade, à considérer les projets qui s'y attachent comme très expérimentaux. À la différence d'un port, elles peuvent être soumises à des pressions anthropiques diffuses, parfois saisonnières, et qui nécessitent un encadrement ou une régulation (mouillage, plongée, pêche, etc.) Les techniques existantes, en vue de leur validation, doivent être renouvelées ou testées de façon plus étendue qu'elles ne l'ont été.

2.2.2 / Favoriser la résilience d'un milieu naturel soumis à des rejets

Certains émissaires de station d'épuration ont pu avoir un impact quasi "abrasif" sur les habitats naturels qui se trouvaient à proximité : les cas des émissaires de Cortiou (projet REXCOR) et du Cap Sicié (projet REMORA) sont les plus connus. En écho aux investissements réalisés pour la modernisation de ces stations d'épuration et leur bon dimensionnement, qui ont conduit à réduire les rejets à des taux largement en-deça des seuils préconisés, des opérations de restauration écologiques ont vu le jour à proximité immédiate des émissaires.

Elles visent à étudier la capacité d'un milieu historiquement très dégradé par ces rejets à recouvrer des fonctions et des habitats, ainsi qu'à déterminer les facteurs d'influence du rejet sur la réussite des techniques employées.

Ces projets sont majoritairement orientés vers l'immersion de modules artificiels complexes et les premiers résultats, positifs, montrent une colonisation et la réapparition de la faune.

Le succès de ces opérations a toutefois été conditionné par d'importantes actions préalables de maîtrise des rejets du bassin versant.



2.3 / PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

Les résultats des opérations de restauration écologique précédemment réalisées permettent de dégager les orientations qui suivent.

2.3.1 / Développer les nurseries artificielles en zone portuaire en cohérence avec l'état de la zone naturelle adjacente au port

L'équipement des infrastructures portuaires en nurseries artificielles est une technique maîtrisée qui permet d'améliorer les densités de poissons autour des ouvrages. Elle connaît une certaine notoriété auprès des gestionnaires de port, du fait d'une procédure réglementaire simplifiée (seule une autorisation environnementale peut être éventuellement requise auprès de la DDTM), de la volonté environnementale de la part du gestionnaire ou propriétaire du port, et d'un coût relativement aisé à assumer. Le pré-diagnostic préalable à l'installation des nurseries assure une cohérence avec les actions de maîtrise des rejets et de qualité environnementale des ports.

La maîtrise de ce procédé peut être une opportunité à saisir dans une volonté de restauration des milieux côtiers méditerranéens, en zone artificialisée.

Toutefois l'équipement des ports en nurseries artificielles ne peut être aujourd'hui systématique. Le développement et l'appropriation de ces équipements par les autres ports de la façade méditerranéenne doit répondre à une réflexion qui dépasse la seule emprise spatiale du port. Les connaissances actuelles ne permettent pas de caractériser la capacité d'un port plus qu'un autre à assurer un "rendement" halieutique en cas d'équipement en nurseries artificielles.

En revanche, les pressions portuaires comme littorales auront toujours des conséquences sur la qualité des habitats du milieu et donc, *a fortiori*, sur l'ensemble du cycle de reproduction des poissons : un habitat dégradé ou épars freinera ou entravera l'émancipation et le déplacement des juvéniles qui auront grandi à l'abri des nurseries artificielles implantées dans le port.

Si les nurseries artificielles sont aujourd'hui une opportunité à exploiter et étendre sur la façade, **elles ne doivent plus constituer des initiatives isolées et éparées.**

Aussi l'équipement des ports en nurseries artificielles doit-il s'accompagner autant que possible d'une **prise en compte du contexte environnemental de la bande côtière où se situe le port.** Cette prise en compte se traduit par :

- L'inclusion des volontés locales d'équipement des ports en nurseries artificielles dans des stratégies territoriales plus globale de conservation du bon état et de restauration des milieux, à l'échelle d'une ou de plusieurs structures de gestion du milieu marin.
- Un diagnostic précis des pressions locales, parfois saisonnières, qui demeurent sur la zone naturelle au contact direct du port :
 - Une priorisation des ports à équiper en nurseries artificielles au regard de **leur maîtrise des rejets**, et un accompagnement des ports qui les maîtrisent insuffisamment vers une amélioration de leur qualité environnementale ;
 - Un état des lieux des zones naturelles encore impactées par le **mouillage** et l'incitation à la mise en place de mesures d'accompagnement ou de gestion des **usages** sur ces zones.

2.3.2 / Consolider et soutenir les opérations expérimentales de restauration des habitats et nurseries naturelles

Les techniques de restauration des habitats et des nurseries naturelles demeurent à un stade expérimental et génèrent des coûts élevés. Le respect de la réglementation au titre du code de l'environnement (évaluation des incidences Natura 2000, autorisation ou déclaration au titre de la loi sur l'eau, autorisation de prélèvement des espèces protégées, cas par cas, etc.) et de la domanialité (concession, AOT, etc.) est à prendre en compte dès la planification du projet. Il peut amener à modifier le projet ou réduire l'envergure initiale de l'opération (autorisation de prélèvement des espèces protégées en vue d'une transplantation, par exemple).

Ces opérations nécessitent parfois d'être accompagnées de mesures de réglementation ou de régulation des usages : c'est le cas notamment pour les opérations impliquant transplant et bouturage d'herbiers. Le délai de l'opération peut alors être alourdi par le respect nécessaire de la réglementation ou par le temps de l'instruction. Enfin, peu d'opérations disposent d'un suivi scientifique régulier ou jusqu'à leur terme, d'une validation et d'une diffusion de leurs résultats. Certaines n'aboutissent pas.

Les habitats marins sur lesquels portent des actions de restauration montrent des capacités de survie et d'expansion **aléatoires, inégales**, et généralement **faibles**. Poursuivre des actions de restauration des habitats marins prioritaires implique d'implanter les opérations autant que possible :

- **À proximité des ports déjà équipés en nurseries artificielles ou conjointement à leur équipement.** L'opération de restauration d'un habitat ou d'une nurserie naturelle peut bénéficier de l'apport en juvéniles dans le milieu que favorise l'équipement des ports en nurseries artificielles, et assumer de fait une fonction de frayère et de corridor entre les nurseries artificielles et le milieu naturel proche en bon état.
- **En dehors des zones de pressions** (mouillage, rejets portuaires apports sédimentaires en lien avec rechargements de plage, pressions biologiques : extraction d'espèces, etc.) qui peuvent être identifiées.

Pour fluidifier les démarches administratives préalables à la réalisation des opérations dans les délais prévus ou imposés par le cycle de vie des habitats, et pour garantir les financements nécessaires et adaptés à l'ampleur et au calendrier initial des travaux, les opérations de restauration écologique doivent être soutenues voire portées par **des structures de gestion identifiables et dotées de documents de gestion efficaces.**



Les résultats de l'ensemble des opérations de restauration réalisées à ce jour montrent que la restauration écologique doit se définir aujourd'hui comme une politique d'actions intégrée.

Plus uniquement portuaire, plus uniquement expérimentale, elle doit s'inscrire dans une logique territoriale cohérente.



La biodiversité s’empare des nurseries artificielles

3 / FAIRE DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE UNE DÉMARCHE INTÉGRÉE :

le Schéma Territorial de Restauration Écologique (STERE)

3.1 / ASSURER UNE COHÉRENCE TERRITORIALE ENTRE LES ACTIONS DE NON-DÉGRADATION ET LES ACTIONS DE RESTAURATION	24
3.2 / IDENTIFIER L'ENSEMBLE DES BESOINS DU TERRITOIRE EN MATIÈRE DE RESTAURATION ET PROPOSER DES SOLUTIONS	25
3.2.1 / Valoriser et poursuivre les actions de non-dégradation des biocénoses	25
3.2.2 / Mettre en place une politique cohérente d'équipements portuaires	26
3.2.3 / Définir des secteurs prioritaires pour la restauration des nurseries naturelles et des habitats dégradés	28
• Valoriser un contexte naturel et artificiel favorable	28
• Utiliser la maîtrise des pressions anthropiques	29



3.1 / ASSURER UNE COHÉRENCE TERRITORIALE ENTRE LES ACTIONS DE NON-DÉGRADATION ET LES ACTIONS DE RESTAURATION

La réussite d'une opération de restauration écologique est conditionnée à la mise en place de politiques fortes et efficaces en termes de maîtrise des pressions et de gestion des usages.

Ces politiques ont un rôle majeur dans la réussite d'une opération de restauration écologique :

- Elles portent les actions de non-dégradation qui garantissent sa réussite et doivent par conséquent être maintenues voire renforcées ;
- Elles sont mises en œuvre dans le cadre de documents de gestion actifs, qui sont le vecteur non seulement de la **volonté** de restaurer un milieu, mais également des **financements** qui permettent d'utiliser les solutions de restauration adéquates.

La restauration écologique doit être pensée de manière intégrée, en s'insérant dans des dynamiques locales identifiables et actives de non-dégradation, qu'elle viendra renforcer et compléter, la maîtrise globale des pressions déterminant l'opportunité d'une action de restauration. C'est là l'ambition de la notion de **schéma territorial de restauration écologique**.



Relâché des post-larves dans le cadre du projet CasCioMar

Pour assurer cette cohérence et cette efficacité des actions, les schémas territoriaux gagneront à être déclinés au sein des plans de gestion et des outils de planification locaux de façon à en garantir la mise en œuvre. Les STERE sont portés par des structures de gestion et s'intègrent au document de gestion associés à cette structure lors de leur constitution ou de leur révision à mi-parcours. Dans le cadre d'une aire marine protégée, si l'aire marine est elle-même porteuse, le STERE reprend l'ensemble des actions de l'AMP au titre de la réduction des pressions, les actions de renforcement de la gestion du mouillage en cohérence avec la stratégie mouillages, prévoit des actions de restauration en cohérence avec la stratégie restauration. Le comité de pilotage du STERE est identique à celui de l'aire marine protégée, accompagné des financeurs et porteurs de projets des opérations de restauration, et des experts scientifiques en restauration écologique en tant que de besoin.

En Méditerranée, il s'agira essentiellement :

- Des volets littoraux et maritimes (chapitre individualisé valant Schéma territorial de mise en valeur de la mer – SMVM) des Schémas de cohérence territoriale (SCoT) ;
- Des contrats de baie ;
- Des documents d'objectifs des sites Natura 2000 (site d'intérêt communautaire et zones spéciales de conservation au titre de la directive Habitats) et des plans d'actions annuels ou triennaux des parcs nationaux ou naturels marins.

Ces outils de gestion connaissent ou vont connaître des phases de révision. Il est proposé d'inciter les gestionnaires à ce que **la révision des documents** soit l'occasion d'intégrer un volet restauration accompagné d'une analyse fine des pressions encore en présence et des secteurs où intervenir.

Pour les nouvelles procédures, les schémas pourraient être intégrés **dès la préparation** du document.

Ils porteront sur l'étendue des territoires gérés par les documents auxquels ils seront intégrés et seront de préférence pluriannuels.

3.2 / IDENTIFIER L'ENSEMBLE DES BESOINS DU TERRITOIRE EN MATIÈRE DE RESTAURATION ET PROPOSER DES SOLUTIONS

Dans un souci d'efficacité et de cohérence, un STERE doit à la fois :

- Assurer une bonne articulation avec les actions de non-dégradation : organisation des mouillages pour limiter ou annuler l'impact des ancrages sur les biocénoses sensibles ; gestion des usages potentiellement impactant (pêche, plongée) ; réduction des flux et rejets issus du bassin versant et des ports ;
- Définir pour son territoire l'ensemble des zones marines propices pour des actions de restauration à la fois de nurseries portuaires, de nurseries naturelles et d'habitats. Bien que l'état actuel des outils existants ne permette pas d'identifier des solutions pour toutes les zones nécessitant une restauration, le STERE doit identifier toutes les zones à enjeux et proposer une priorisation d'actions, qu'elles soient opérationnelles ou à visée d'acquisition de connaissances.

Les critères permettant l'identification de ces zones à enjeux sont détaillés ci-dessous.

3.2.1 / Valoriser et poursuivre les actions de non-dégradation des biocénoses

Si les masses d'eaux côtières de Méditerranée présentent majoritairement un bon état chimique du fait d'une gestion historique par la DCE des apports des bassins versants et des grandes agglomérations, l'ensemble des pressions littorales ne peuvent être à l'heure actuelle parfaitement maîtrisées.

La pression du mouillage, notamment due à la plaisance, demeure celle pour laquelle les efforts de gestion faits et à faire sont les plus importants. C'est pourquoi ce cadrage a été élaboré en complète articulation dans son calendrier et les acteurs consultés, avec la révision de La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée - Volet opérationnel et orientations plaisance¹⁶. Les STERE doivent tenir compte de ces zones et proposer au minimum leur régulation voire leur valorisation écologique.

Les actions de restauration gagnent en cohérence et en efficacité si elles s'accompagnent d'une bonne maîtrise de l'impact des ancrages sur les biocénoses sensibles. Une modélisation de l'impact du mouillage sur les biocénoses étant disponible¹⁷ et à préciser avec les connaissances locales, le STERE doit comporter un volet d'actions visant à **une meilleure maîtrise du mouillage** aux endroits où une pression importante du mouillage affecte un herbier ou du coralligène, conformément aux préconisations de La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée - Volet opérationnel et orientations plaisance.

¹⁶ Préfecture maritime Méditerranée. La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée - Volet opérationnel et orientations plaisance. PAMM Méditerranée occidentale, 2019

La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée - Volet opérationnel et orientations plaisance s'inscrit dans la mise en œuvre du PAMM. Elle complète celle élaborée en 2010, en élargissant son champ d'application à la grande plaisance et en ajoutant un volet opérationnel basé sur un état des lieux actualisé. Les navires concernés par cette stratégie sont la petite plaisance (jusqu'à 24 mètres) et grande plaisance (au-delà de 24 mètres, sans limite de taille). Des secteurs prioritaires ont ainsi été identifiés dans chaque département littoral pour organiser le mouillage de plaisance afin de préserver les habitats et écosystèmes méditerranéens, aussi riches que fragiles.

¹⁷ Les données du réseau de surveillance IMPACT (Andromède Océanologie, AERMC) sont disponibles sur la plateforme www.medtrix.fr

3.2.2 / Mettre en place une politique cohérente d'équipements portuaires

L'équipement des infrastructures portuaires, aujourd'hui les quais et les pontons, donne des résultats significatifs et l'intérêt d'utilisation de microstructures artificielles en milieu portuaire a été confirmé scientifiquement. Restaurer la fonction nurserie en milieu portuaire demeure toutefois complexe, les effets induits sur les poissons par les pressions du milieu étant peu prévisibles.

De manière à étendre le processus d'équipement des ports en dispositifs de restauration écologiques dans des conditions qui offrent des résultats positifs, il paraît pertinent de rechercher des zones portuaires qui offrent une maîtrise des rejets la meilleure possible.

Les critères attestant de cette démarche "zéro rejet" d'un port ne sont pas transcrits sur l'ensemble de la façade méditerranéenne de manière homogène, au sein d'une politique publique identifiée.

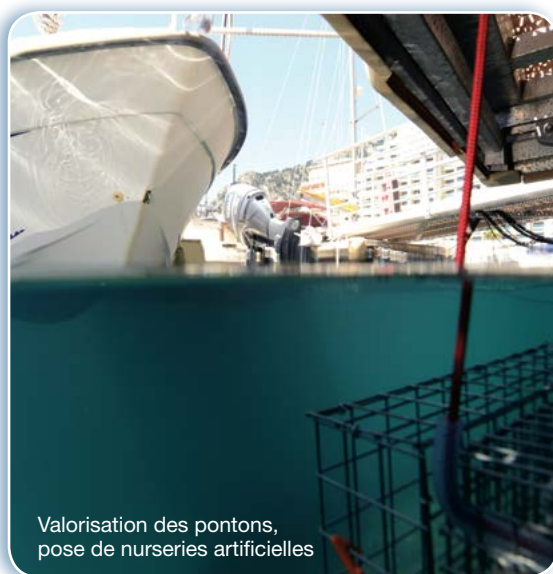
Aussi tout équipement d'un port en nurseries artificielles nécessite au préalable un diagnostic précis de sa gestion des rejets, des équipements associés et de leur entretien. L'appui sur les politiques existantes en matière de normes et de certification, et sur les compétences de l'État relatives à la police de l'eau et la police environnementale est impératif.

• La certification européenne "Ports Propres"¹⁸



Dans un mouvement de prise de conscience des effets induits par l'activité portuaire sur la qualité écologique et chimique du plan d'eau et de ses alentours (rejets de déchets toxiques, rejets des effluents – eaux noires, eaux usées, eaux de carénage), le concept de "ports propres" se développe en 1998 en Languedoc-Roussillon. Il trouve aujourd'hui une réelle concrétisation au travers de la certification européenne "Ports Propres", en région Provence-Alpes-Côte d'Azur notamment, puisque 90% des ports de plaisance sont engagés dans une démarche d'acquisition de cette certification. Soutenue par le plan d'action pour le milieu marin, la démarche de certification des ports en Occitanie trouve aujourd'hui un nouvel essor.

Au-delà d'un label, la démarche Ports Propres est un processus global qui demande au port de réaliser les travaux et l'acquisition d'équipements nécessaires à maîtriser ses rejets de déchets (point propre, conteneurs) et ses effluents (aire de carénage avec système de récupération et de traitement des eaux, pompes à eaux usées et eaux de fond de cale, station d'avitaillement, blocs sanitaires, matériel de dépollution) avant de prétendre à la certification. Ces travaux doivent être accompagnés de la signalétique adaptée, de la formation et de la sensibilisation à destination des gestionnaires et des usagers du port.



Valorisation des pontons, pose de nurseries artificielles

¹⁸ <http://www.ports-propres.org/>

- **La certification “Ports propres actifs en biodiversité”**

Le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d’Azur et l’Union des ports PACA, avec le soutien de la DIRM, ont fait naître en 2018 cette certification, complémentaire à “Ports Propres”. Elle vise à valoriser l’excellence environnementale des ports en leur permettant de porter des actions innovantes en faveur de la biodiversité terrestre et marine de leur aire d’influence. La restauration écologique et notamment la valorisation des infrastructures portuaires déjà artificialisées font pleinement partie des actions attendues dans le cadre de cette certification.

- **En Occitanie, le cas spécifique des graus**

Pour les graus artificialisés, l’équipement en nurserie est à considérer avec précaution en l’état actuel des connaissances : accentuer l’artificialisation du grau ne doit pas créer une nurserie de substitution à la nurserie naturelle qu’est la lagune. C’est donc d’abord vers la maîtrise des pressions dans la lagune et le grau que le STERE doit se tourner, et vers un diagnostic précis des fonctionnalités écosystémiques du grau considéré, avant d’envisager un équipement en nurserie.



Un schéma territorial de restauration peut comporter **une politique d’équipement portuaire à l’horizon 2021**. La priorisation des ports à équiper se fera :

- Si le territoire offre cette possibilité, en **valorisant l’existant** en matière de restauration ;
- En équipant **prioritairement les ports qui maîtrisent leurs rejets** à la mer ;
- En équipant les ports en cours d’amélioration de leur traitement des rejets, **tout en veillant à la poursuite et à l’accomplissement des démarches engagées pour la maîtrise des rejets** ;
- En accompagnant les ports disposant d’une maîtrise de leurs rejets insuffisante vers une amélioration de leur qualité.

3.2.3 / Définir des secteurs prioritaires pour la restauration des nurseries naturelles et des habitats dégradés

Les conditions des secteurs choisis doivent être optimales et tirer profit tant du contexte naturel et artificiel de la zone, que des actions existantes ou à venir en termes de restauration et de gestion des pressions anthropiques.

Valoriser un contexte naturel et artificiel favorable

La définition d'un site pilote pour la restauration de nurseries naturelles doit prendre en compte les notions de corridor écologique et de continuum écologique, même si leur définition est émergente et délicate à transcrire sur un territoire marin.

Par corridor écologique, on entend une zone de passage fonctionnelle entre plusieurs espaces naturels. Un corridor écologique a pour fonctions essentielles de relier différentes populations et favoriser la dissémination et la migration des espèces, ainsi que la recolonisation des milieux perturbés. L'ensemble des milieux favorables à un groupe d'espèces et reliés fonctionnellement entre eux forme un continuum écologique. Ce continuum est donc constitué de zones nodales (cœurs de massifs forestiers, fleuves, etc.), de zones tampons et des corridors écologiques qui les relient. À plus grande échelle, les continuums écologiques forment un réseau écologique.

Le bon fonctionnement d'une nurserie est donc étroitement lié à la présence d'habitats corridors appropriés aux espèces inféodés, diffus et en bon état. La transplantation est l'une des techniques qui visent à restaurer ces habitats corridor. Cependant, les temps de colonisation diffèrent d'un type d'herbier à l'autre et rendent le suivi et la réussite des opérations de transplantation difficiles. C'est pourquoi les sites pilotes, expérimentaux, devront tirer le plus possible parti du contexte naturel et artificiel en présence.



Un schéma territorial de restauration peut comporter un volet d'actions, bien qu'encore expérimentales à ce jour, de restauration des habitats et des nurseries naturelles. Il veillera alors à ce que les sites choisis réunissent au maximum les conditions suivantes :

- Un habitat **diffus et en bon état** se trouve à **proximité** du site pilote. Les opérations expérimentales visent ainsi en priorité à "combler" ponctuellement un habitat dégradé, avant de recréer l'habitat sur une zone de plus grande ampleur.
- Dans un souci de priorisation des sites pilotes, ces derniers gagnent à s'implanter à proximité de ports **déjà équipés** en nurseries artificielles ou **prioritaires** pour un équipement à l'horizon 2021. Ils bénéficieront du flux larvaire apporté par ces ports équipés.
- L'opération de restauration doit prendre en compte les aménagements artificiels en présence, en particulier **les récifs artificiels**, pour leur bénéfice écologique établi, et les **enrochements**, dont le projet pourra proposer la valorisation. Les enrochements de digues et les épis de protection ont créé des habitats que l'on doit prendre en compte car ils captent une partie du flux larvaire. Bien que la fonctionnalité d'abri d'un enrochement dépende de la taille de ses anfractuosités, leur présence à proximité d'une zone de nurserie naturelle à restaurer doit être prise en compte et faire l'objet d'une complexification potentielle.

Utiliser la maîtrise des pressions anthropiques

De manière à offrir les meilleures conditions de développement et de survie aux habitats que l'on va restaurer comme aux populations de poissons que l'on relâchera dans le milieu, les sites devront se situer dans des périmètres qui offrent des mesures de gestion et de régulation des pressions anthropiques dans la bande côtière.



Valorisation de pieux de mytiliculture (projet SAR-LAB)

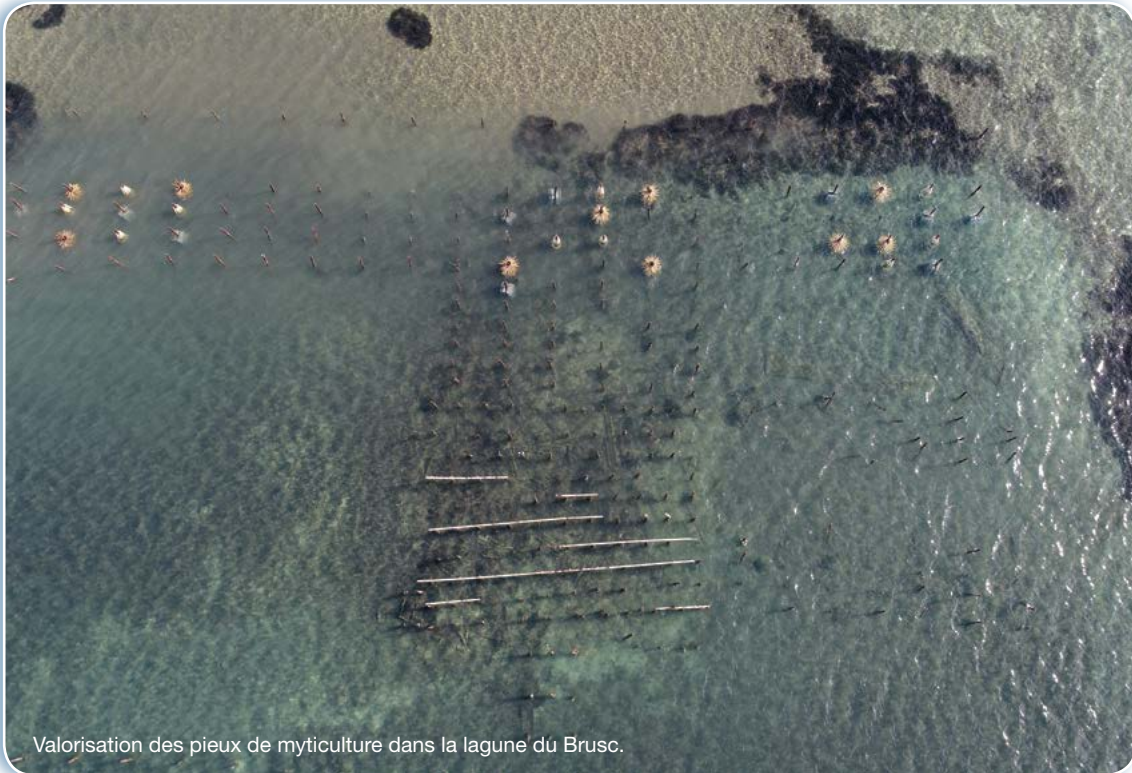
Les sites choisis pour la restauration en milieu naturel doivent tirer profit des efforts de gestion menés par les différentes politiques publiques en s'implantant de manière privilégiée dans les zones de réglementation des activités anthropiques :

- Interdiction de mouillage, et/ou de dragage, et/ou de chalutage
- Réglementation ou interdiction de pêche
- Cantonnements de pêche

À défaut d'une réglementation préexistante adaptée, le projet de STERE veillera à prévoir et mettre en place une réglementation préalablement au déroulement des opérations de restauration écologique.



Valorisation de pieux de mytiliculture (projet SAR-LAB)



Valorisation des pieux de myticulture dans la lagune du Brusac.



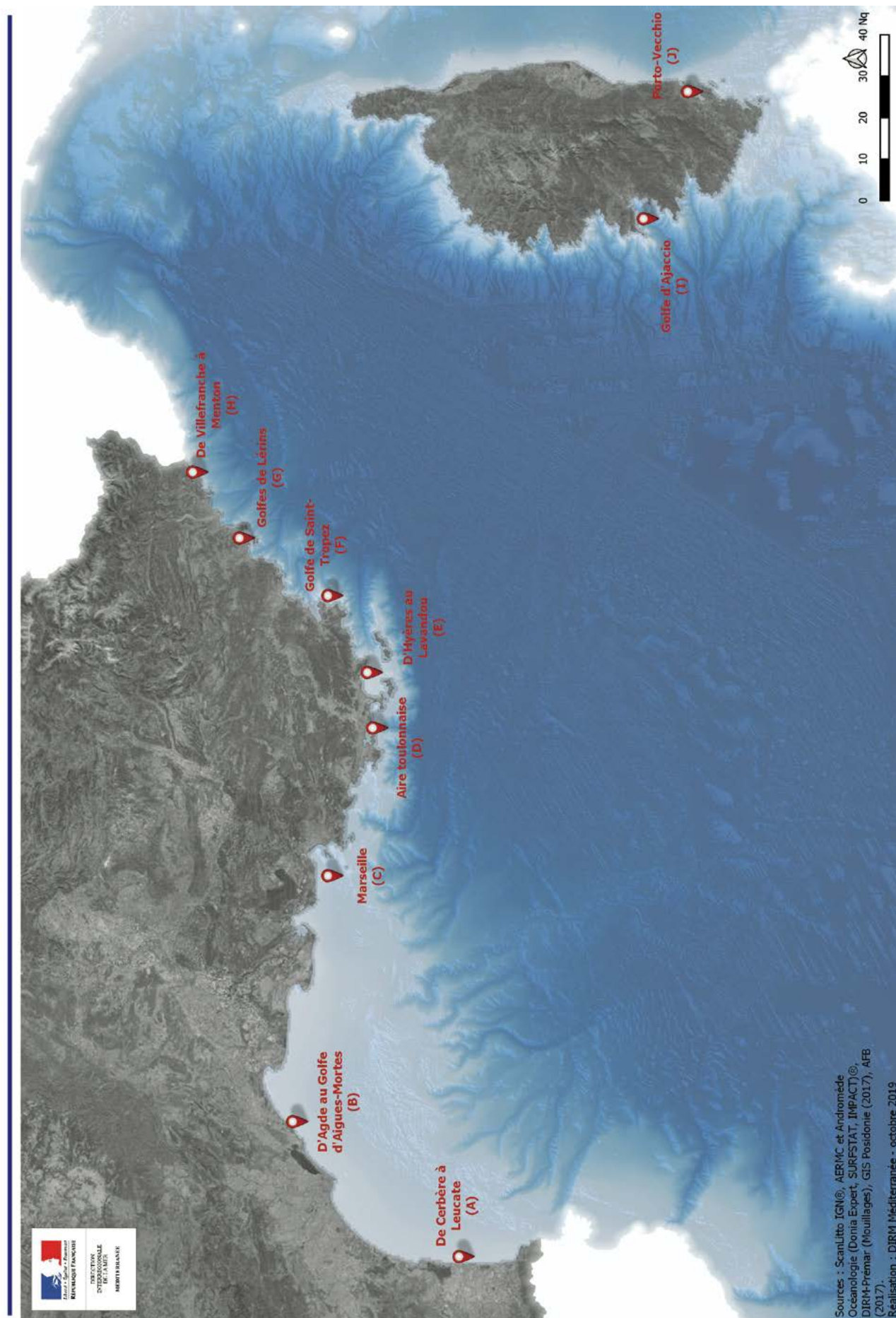
Colonisation d'un module de récifs artificiels.

4 / LES SCHÉMAS TERRITORIAUX DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE PRIORITAIRES (2017-2021)

4.1 / ZONES PROPICES À L'ÉLABORATION D'UN SCHÉMA TERRITORIAL DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE	32
4.2 / SECTEUR A - DE CERBÈRE À LEUCATE	33
4.3 / SECTEUR B - DU CAP D'AGDE AU GOLFE D'AIGUES-MORTES	34
4.4 / SECTEUR C - MARSEILLE : DES RÉCIFS ARTIFICIELS DE LA CÔTE BLEUE À LA CIOTAT	35
4.5 / SECTEUR D - AIRE TOULONNAISE	37
4.6 / SECTEUR E - D'HYÈRES ET LES ÎLES D'OR AU LAVANDOU	38
4.7 / SECTEUR F - GOLFE DE SAINT-TROPEZ	39
4.8 / SECTEUR G - GOLFE DE LÉRINS	40
4.9 / SECTEUR H - DE CAP FERRAT À MENTON	41
4.10 / SECTEUR I - AJACCIO	42
4.11 / SECTEUR J - PORTO-VECCHIO	43

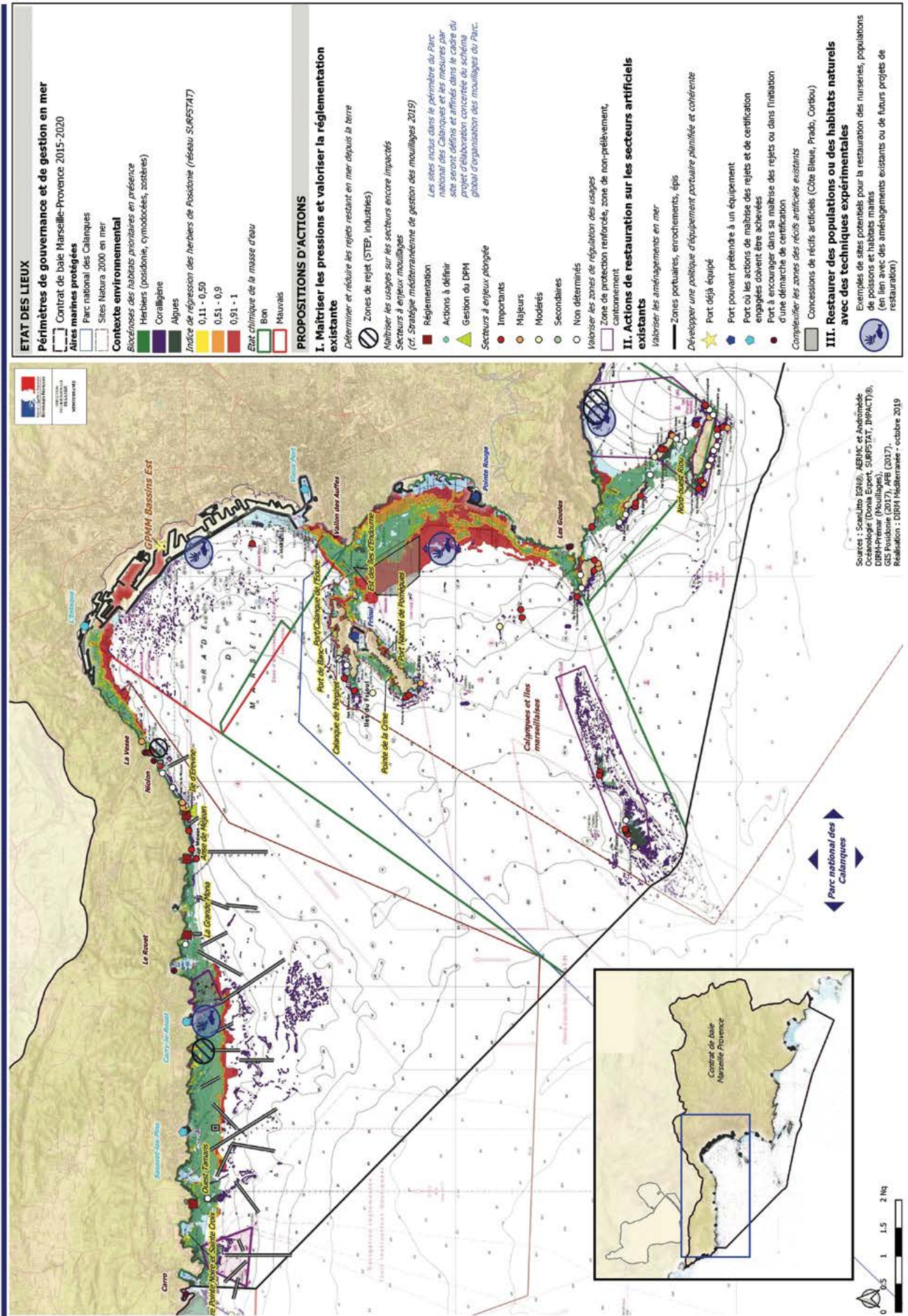
4.1 / ZONES PROPICES À L'ÉLABORATION D'UN SCHÉMA TERRITORIAL DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

ZONES PROPICES À L'ÉLABORATION D'UN SCHEMA TERRITORIAL DE RESTAURATION ECOLOGIQUE



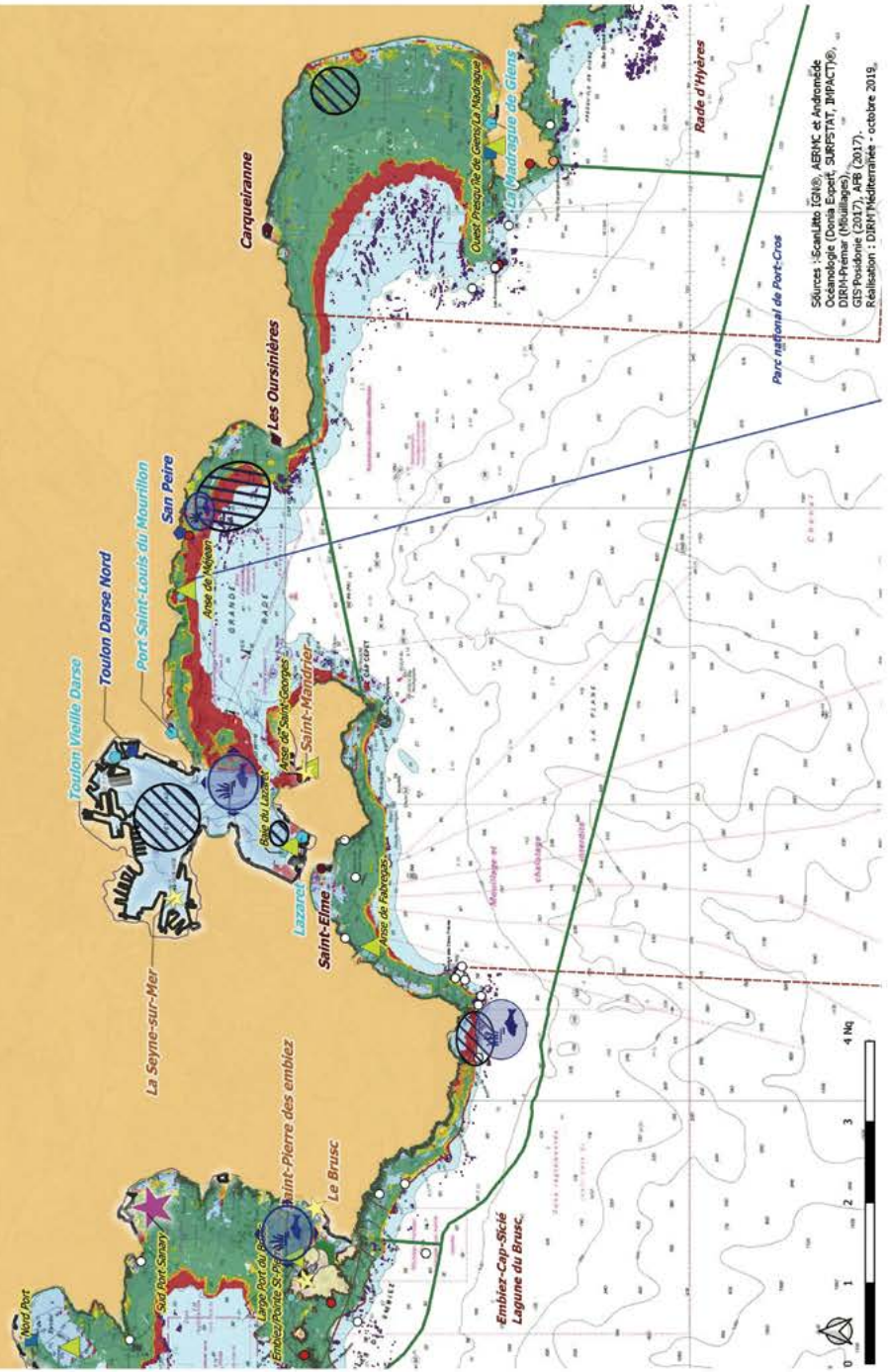
4.4 / SECTEUR C - MARSEILLE : DES RÉCIFS ARTIFICIELS DE LA CÔTE BLEUE À LA CIOTAT

SECTEUR C - MARSEILLE : DES RÉCIFS ARTIFICIELS DE LA CÔTE BLEUE À LA CIOTAT (FOCUS 1)



4.5 / SECTEUR D - AIRE TOULONNAISE

SECTEUR D - AIRE TOULONNAISE



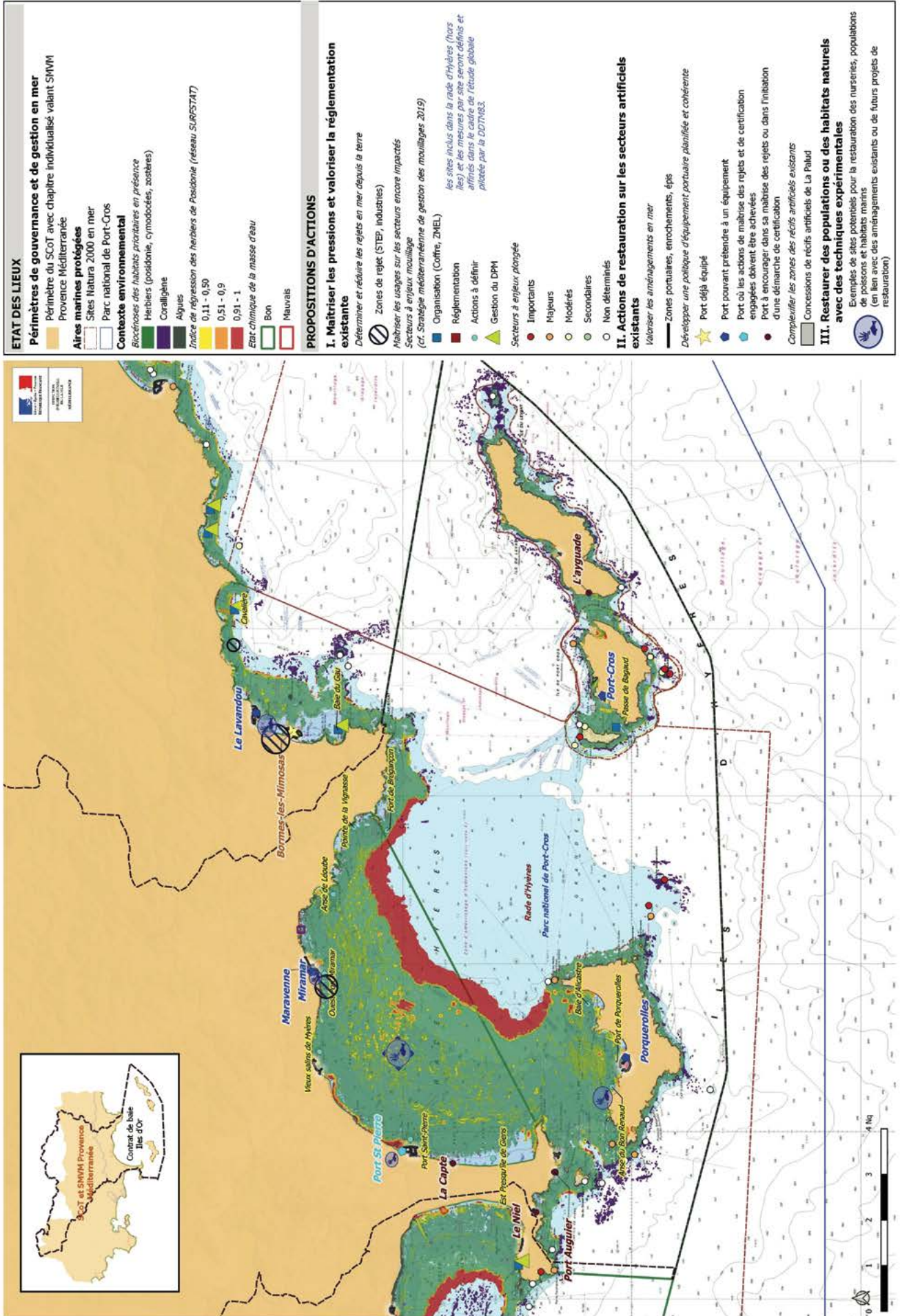
Sources : Scaillet (2010), AERMC et Andromède Océanologie (Donna Export, SURFSTAT, IMPACTY®), DIRM-Premier (Mouillages), GIS Posidonie (2017), AFB (2017).
 Réalisation : DIRM Méditerranée - octobre 2019.

- ETAT DES LIEUX**
- Périmètres de gouvernance et de gestion en mer**
 - Provence Méditerranée
 - Sites Natura 2000 en mer
 - Parc national de Port-Cros
 - Aires marines protégées**
 - Contexte environnemental**
 - Biocénotoses des habitats prioritaires en présence
 - Herbiers (posidonie, cymodoceés, zostères)
 - Coralligène
 - Algues
 - Indice de régression des herbiers de Posidonie (réseau SURFSTAT)**
 - 0,11 - 0,50
 - 0,51 - 0,9
 - 0,91 - 1
 - Etat chimique de la masse d'eau**
 - Bon
 - Mauvais

- PROPOSITIONS D'ACTIONS**
- I. Maîtriser les pressions et valoriser la réglementation existante**
- Zones de rejet (STEP, industries)
 - Maîtriser les usages sur les secteurs encore impactés
 - Secteurs à enjeux mouillages (cf. Stratégie méditerranéenne de gestion des mouillages 2019)
 - Organisation (Cofre, ZMEL)
 - Réglementation
 - Actions à définir
 - Gestion du DPM
 - Enjeu grande plaisance
 - Secteurs à enjeux plongée
 - Importants
 - Majeurs
 - Modérés
 - Secondaires
 - Non déterminés
- II. Actions de restauration sur les secteurs artificiels existants**
- Valoriser les aménagements en mer
 - Zones portuaires, enrochements, épis
 - Développer une politique d'équipement portuaire planifiée et cohérente
 - Port déjà équipé
 - Port pouvant prétendre à un équipement
 - Port ou les actions de maîtrise des rejets et de certification engagées doivent être achevées
 - Port à encourager dans sa maîtrise des rejets ou dans l'initiation d'une démarche de certification
- III. Restaurer des populations ou des habitats naturels avec des techniques expérimentales**
- Exemples de sites potentiels pour la restauration des nurseries, populations de poissons et habitats marins (en lien avec des aménagements existants ou de futurs projets de restauration)

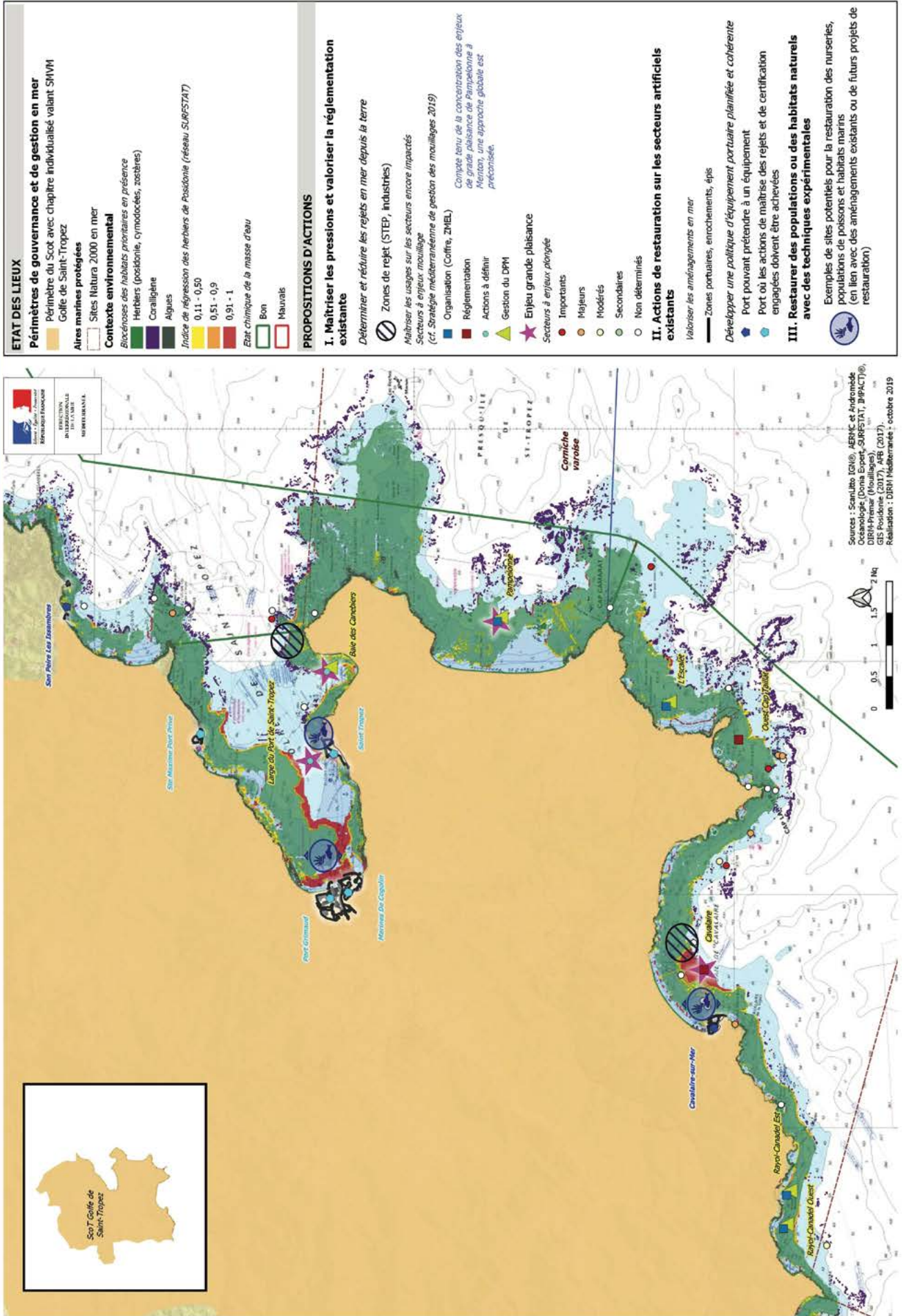
4.6 / SECTEUR E - D'HYÈRES ET LES ÎLES D'OR AU LAVANDOU

SECTEUR E - D'HYÈRES ET LES ÎLES D'OR AU LAVANDOU



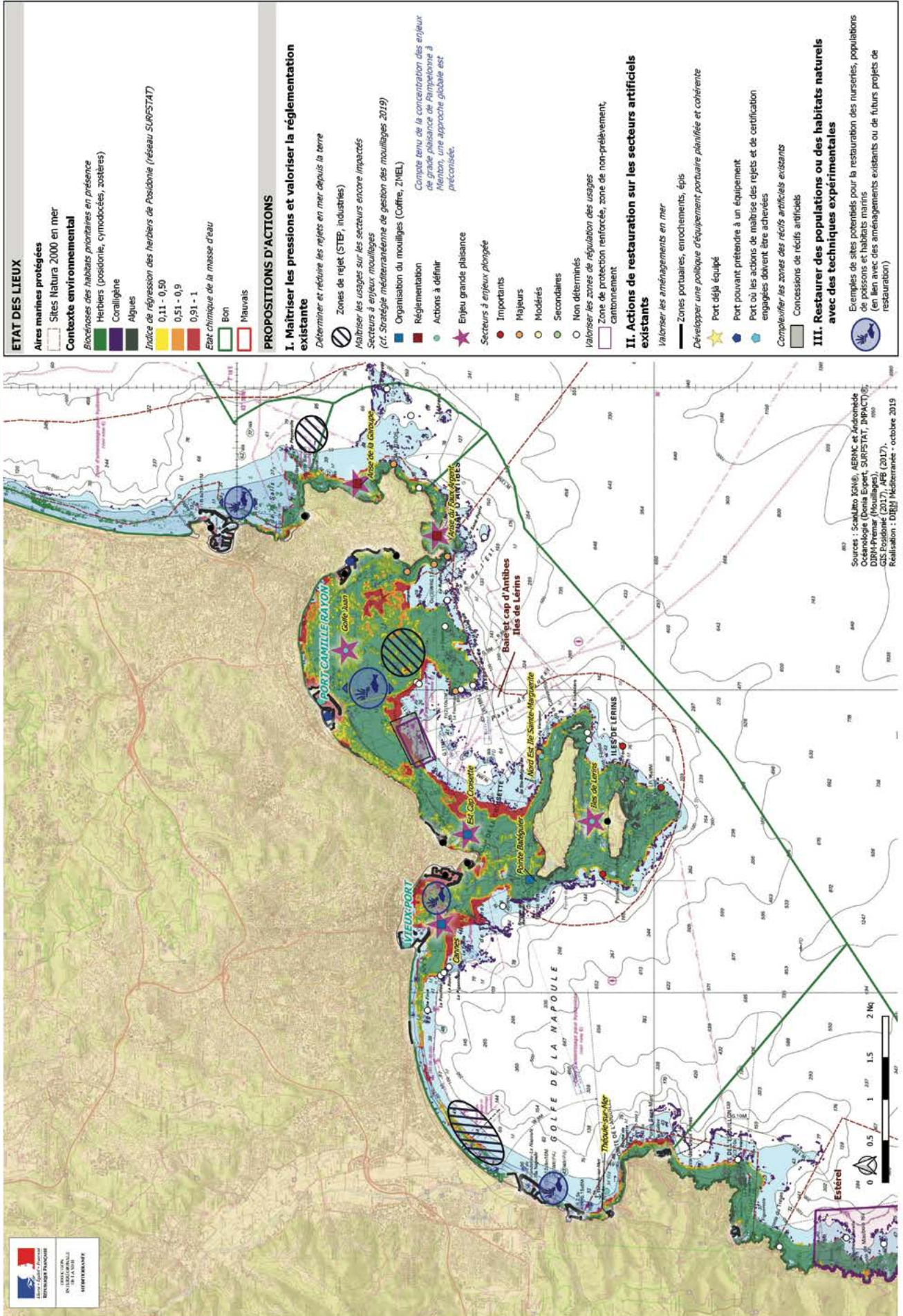
4.7 / SECTEUR F - GOLFE DE SAINT-TROPEZ

SECTEUR F - GOLFE DE SAINT-TROPEZ



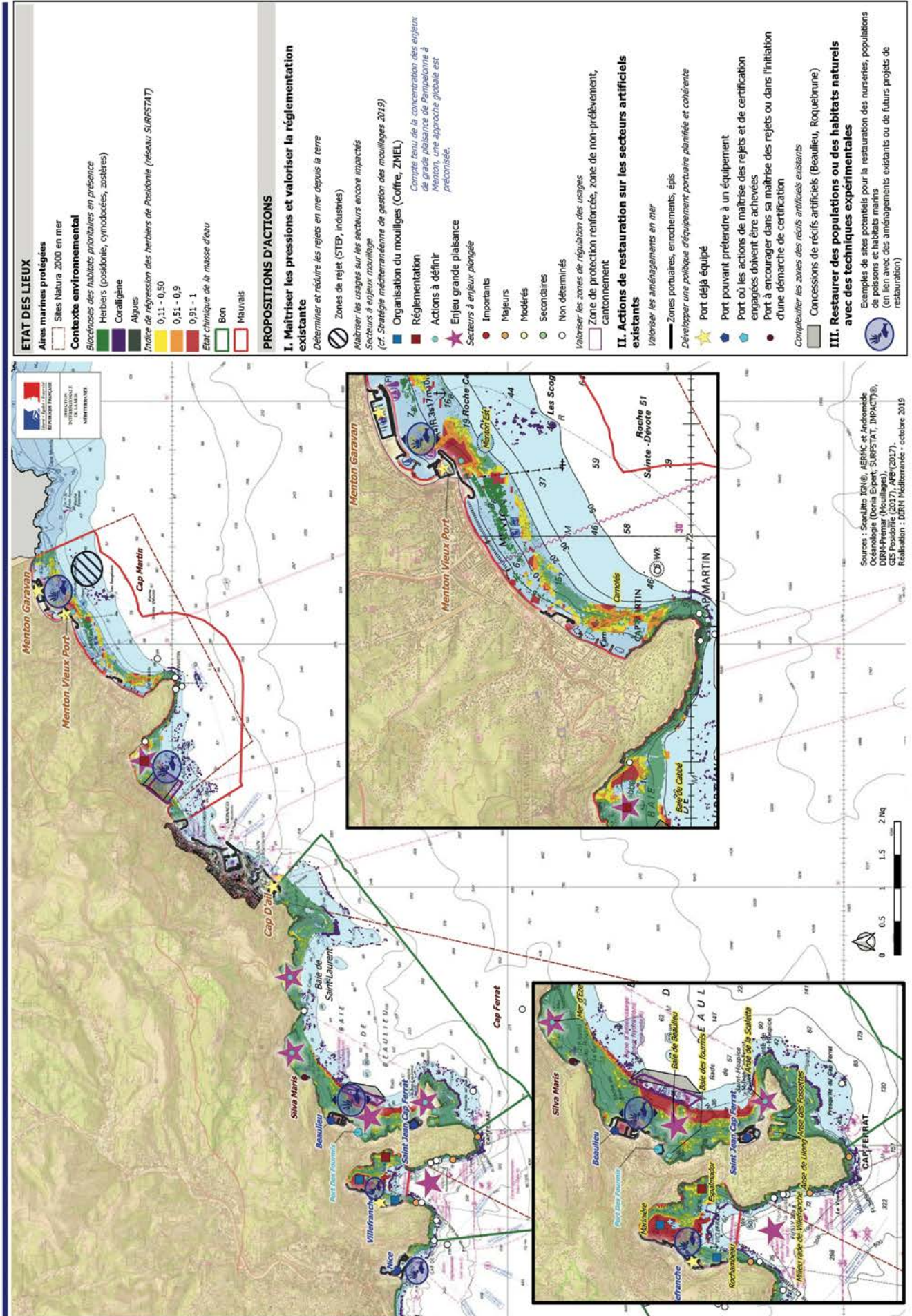
4.8 / SECTEUR G - GOLFE DE LÉRINS

SECTEUR G - GOLFE DE LÉRINS



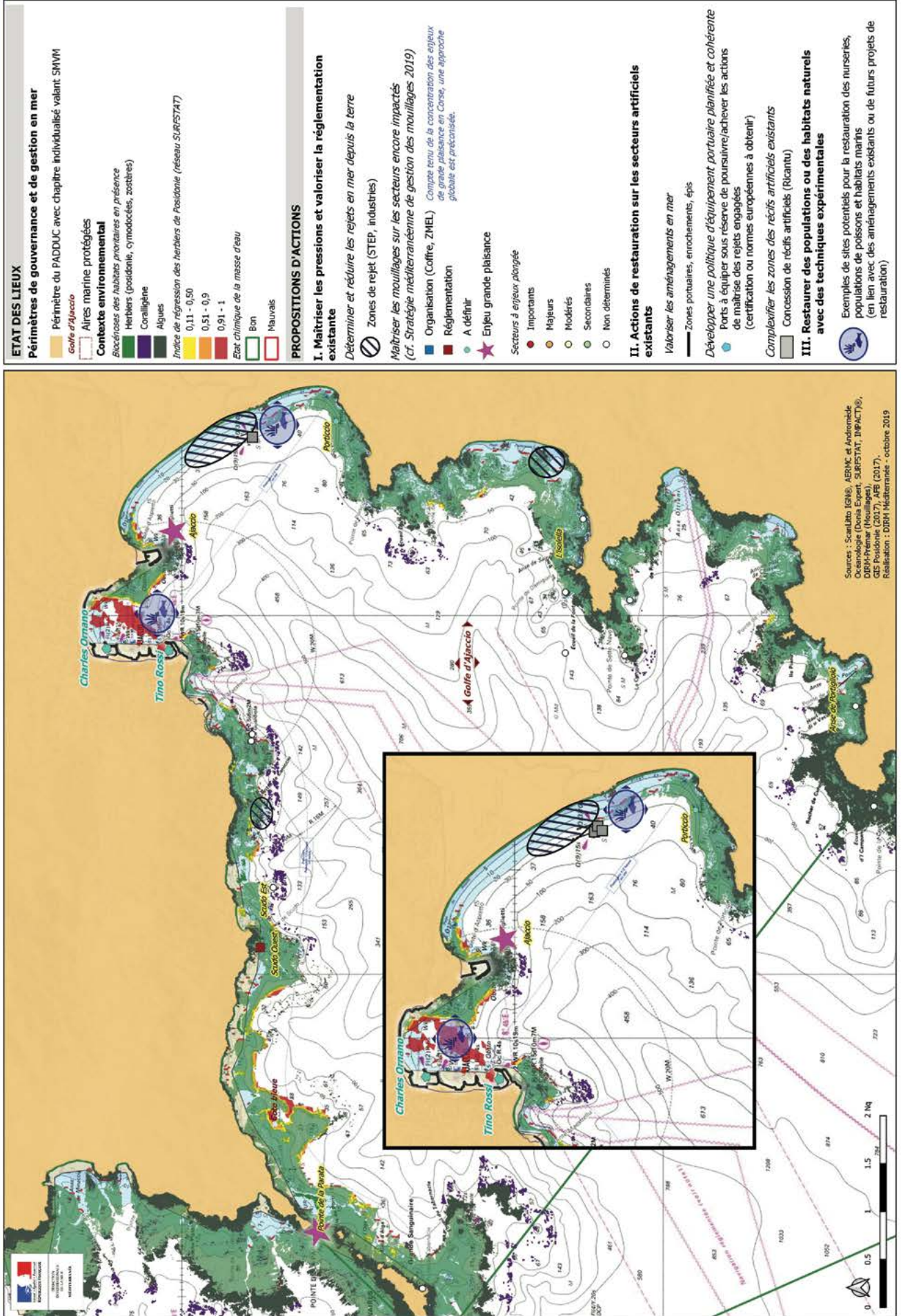
4.9 / SECTEUR H - DE CAP FERRAT À MENTON

SECTEUR H - DE CAP FERRAT A MENTON



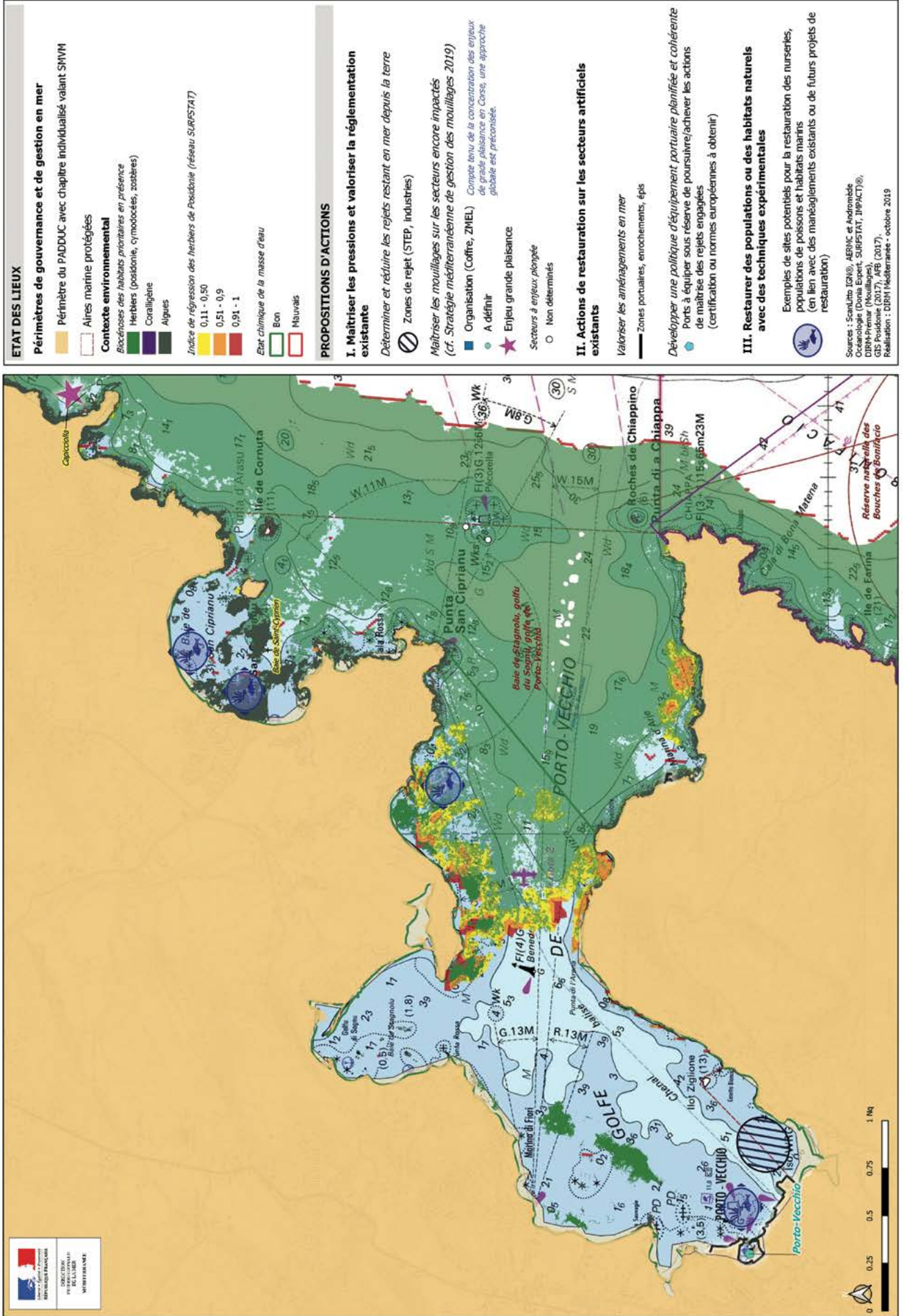
4.10 / SECTEUR I - AJACCIO

SECTEUR I - GOLFE D'AJACCIO



4.11 / SECTEUR J - PORTO-VECCHIO

SECTEUR J - PORTO-VECCHIO



ETAT DES LIEUX

Périmètres de gouvernance et de gestion en mer

■ Périmètre du PADDUC avec chapitre individualisé valant SMVM

□ Aires marines protégées

Contexte environnemental

■ Biocénoses des habitats prioritaires en présence

■ Herbiers (posidonie, cymodoceés, zostères)

■ Coralligène

■ Algues

■ Indice de régression des herbiers de Posidonie (réseau SURFSTAT)

■ 0,11 - 0,50

■ 0,51 - 0,9

■ 0,91 - 1

■ Etat chimique de la masse d'eau

■ Bon

■ Mauvais

PROPOSITIONS D'ACTIONS

I. Maîtriser les pressions et valoriser la réglementation existante

Déterminer et réduire les rejets restant en mer depuis la terre

○ Zones de rejet (STEP, Industries)

■ Maîtriser les mouillages sur les secteurs encore impactés (cf. Stratégie méditerranéenne de gestion des mouillages 2019)

■ Organisation (Cofre, ZMEL) Compte tenu de la concentration des enjeux de grande plaisance en Corse, une approche globale est préconisée.

★ A définir

★ Enjeu grande plaisance

○ Secteurs à enjeux plongée

○ Non déterminés

II. Actions de restauration sur les secteurs artificiels existants

— Valeriser les aménagements en mer

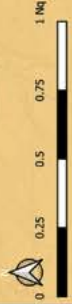
— Zones portuaires, enrochements, épis

■ Développer une politique d'équipement portuaire planifiée et cohérente
 Ports à équiper sous réserve de poursuite/achever les actions de maîtrise des rejets engagées (certification ou normes européennes à obtenir)

III. Restaurer des populations ou des habitats naturels avec des techniques expérimentales

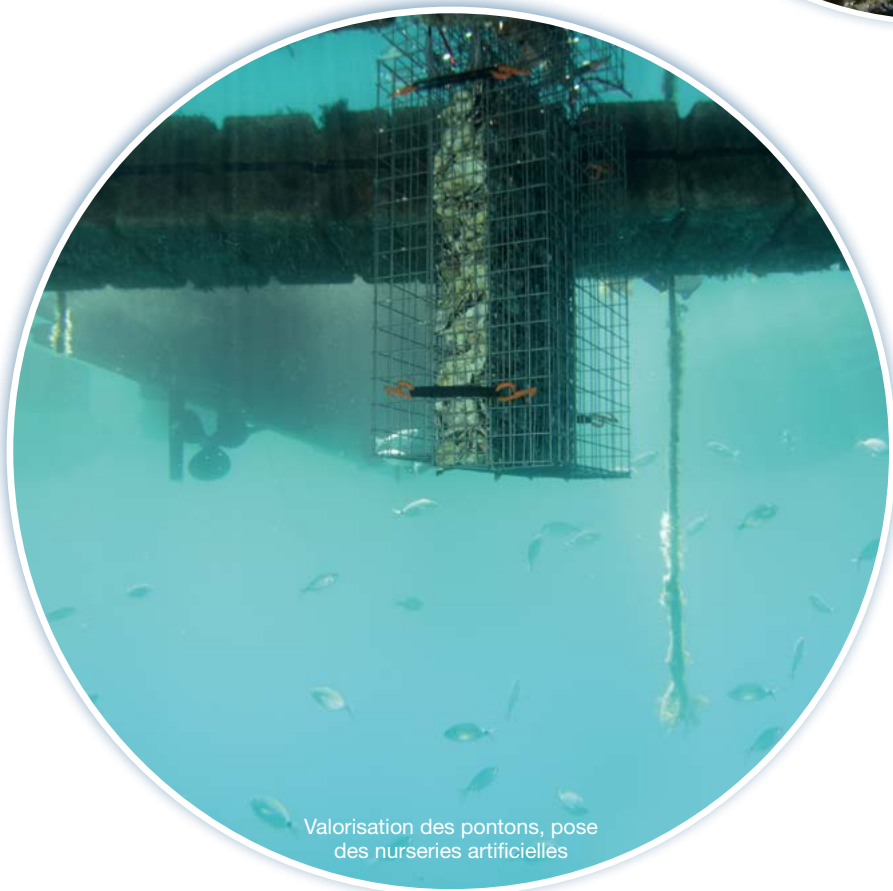
Exemples de sites potentiels pour la restauration des nurseries, populations de poissons et habitats marins (en lien avec des managements existants ou de futurs projets de restauration)

Sources : ScanLito IGN®, AERMC et Andromède Océanologie (Donia Expert, SURFSTAT, IMPACT®), DIRM-Peniar (Mouillages), GIS Posidonie (2017), AEB (2017).
 Réalisation : DIRM Méditerranée - octobre 2019





La biodiversité s'empare des
nurseries artificielles



Valorisation des pontons, pose
des nurseries artificielles

5 / ANNEXES

5.1 / ANNEXE 1 – FONCTIONNEMENT ET IMPORTANCE DES NURSERIES DANS LE MAINTIEN DES POPULATIONS DE POISSONS (SYNTHÈSE DU GUIDE DRIVER)	46
5.2 / ANNEXE 2 – PROJETS DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE ET RÉSULTATS (2018)	50
5.3 / ANNEXE 3 – AIDE À LA MISE EN ŒUVRE DES OPÉRATIONS DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE (RESTAUREG)	54



5.1 / ANNEXE 1 – FONCTIONNEMENT ET IMPORTANCE DES NURSERIES DANS LE MAINTIEN DES POPULATIONS DE POISSONS (SYNTHÈSE DU GUIDE DRIVER)

Services écosystémiques rendus par les petits fonds côtiers méditerranéens

Des écosystèmes en bon état de santé et d'intégrité, en bon état de fonctionnement avec toute leur biodiversité indigène, rendent à la société des "services", les "services écosystémiques". Ces services assurent le lien entre les écosystèmes et la société humaine. L'agencement naturel de communauté et d'habitats propres à un écosystème, c'est-à-dire sa structure et ses

processus biophysiques, lui permet d'assurer naturellement ses fonctions écologiques. Si celles-ci sont utiles aux activités humaines ou au bien-être de la société, ces fonctions écologiques deviennent des services écosystémiques qui, au regard de leur impact sur la société, dégagent un bénéfice ou une valeur. Ces services ont fait l'objet d'amples travaux européens ou nationaux de classification, évaluation et quantification¹⁹.

Adaptés au milieu marin, ils se résument de la sorte :

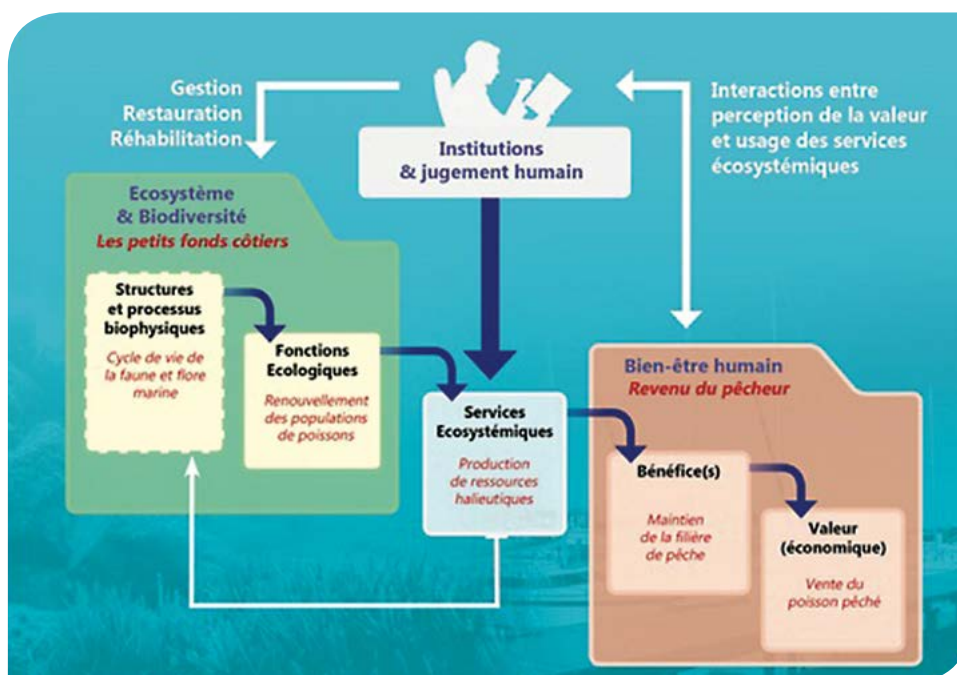


Figure 1 : Relations entre écosystème/biodiversité et la société humaine. D'après DRIVER.

Tout changement dans l'état de la biodiversité et des écosystèmes est voué à entraîner un changement dans la capacité des écosystèmes à assurer leurs fonctions, et par conséquent, les services qu'ils rendent à la société. La caractérisation des services écosystémiques en milieu marin fait clairement apparaître que les petits fonds côtiers ont une vocation essentielle de renouvellement

des populations de poissons, c'est-à-dire de maintien des espèces et des stocks.

C'est au maintien ou au renouvellement de cette vocation que les opérations de restauration écologique doivent en priorité s'attacher, action qui demande la restauration des agencements naturels de communautés et d'habitats, et la réhabilitation des fonctions qui ont subi une atteinte.

¹⁹ LENFANT P., GUDEFIN A., FONBONNE S., LECAILLON G., ARONSON J., BLIN E., LOURIE S.M., BOISSERY P., LOEUILLARD J.-L., PALMARO A., HERROUIN G., PERSON J., Restauration écologique des nurseries des petits fonds côtiers de Méditerranée. Orientations et principes, 2015

Le rôle-clé de la nurserie

Le cycle de vie des poissons côtiers a deux caractéristiques :

- il est migratoire, et donc pour la majorité des espèces accompagné d'un changement d'habitat, en fonction des besoins et de la morphologie de l'espèce et du stade de vie considéré ;
- il est frappé d'un fort taux de mortalité naturelle, d'environ 90 % de la phase larvaire jusqu'à l'installation des post-larves dans la nurserie où elles atteindront la taille refuge, qui leur permettra de rejoindre leur habitat adulte avec une sensibilité à la prédation largement diminuée.

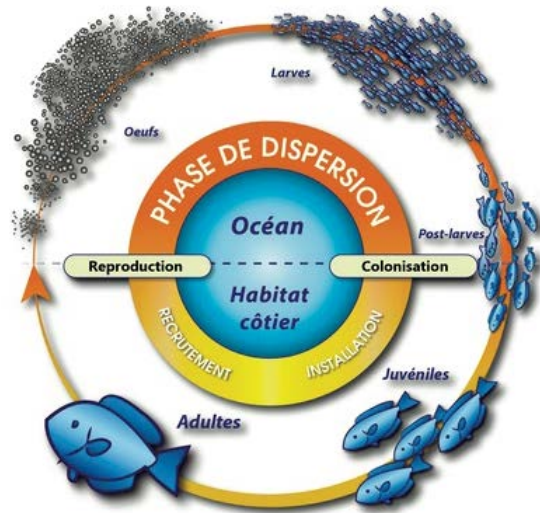


Figure 2 : Cycle de vie des poissons côtiers. D'après DRIVER.

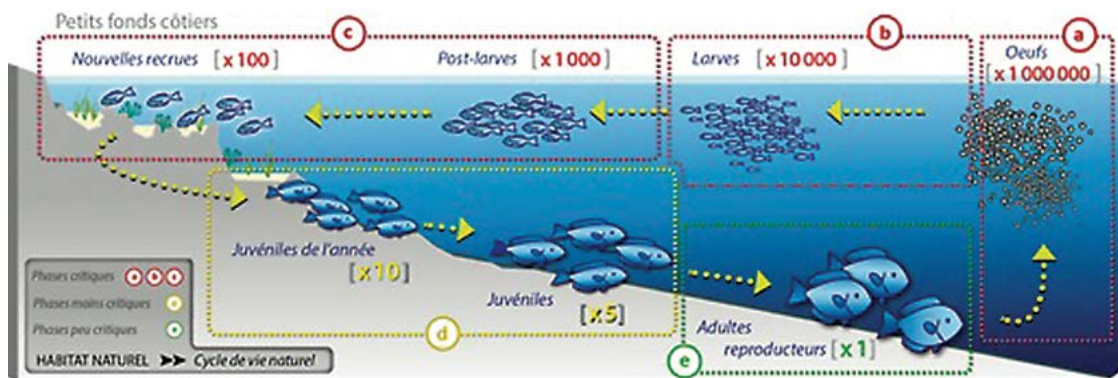
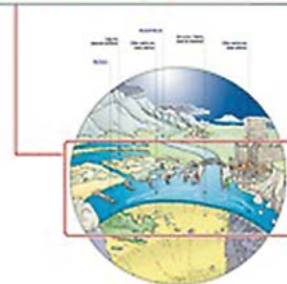


Figure 3 : Importance des taux de mortalité aux différents stades de développement. D'après DRIVER.



Dans un tel cycle, **la fonction de nurserie** joue un rôle essentiel dans le maintien des populations de poissons puisqu'elle assure la transition entre la phase post-larvaire (pélagique) et la phase d'installation (benthique), où les juvéniles qui ont grandi dans la nurserie la quittent pour intégrer l'habitat adulte et atteindre une maturité sexuelle qui leur permettra la reproduction (phase de recrutement).

Caractéristiques et fonction de la nurserie

L'habitat nurserie répond à quatre critères (Beck et al, 2001) :

- il offre une nourriture variée et adaptée aux espèces en présence ;
- il constitue un habitat favorable à l'installation des post-larves en les protégeant des prédateurs et des pressions pendant leur période juvénile jusqu'à la taille refuge ;
- il permet un environnement où les juvéniles grandissent plus vite et ont un meilleur taux de survie qu'ailleurs ;
- sa localisation permet un déplacement naturel vers les habitats adultes.

Où sont les habitats nurserie en Méditerranée ?

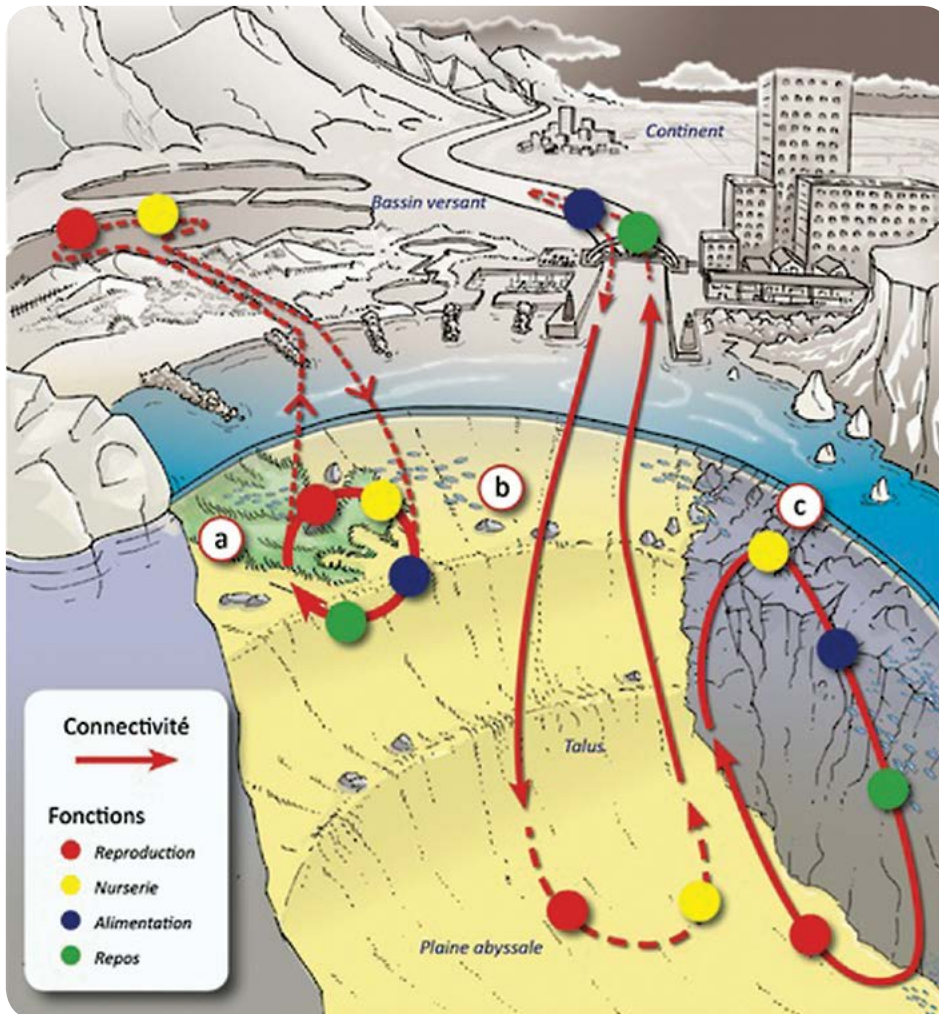


Figure 4 : Les habitats essentiels dans les petits fonds côtiers. D'après DRIVER.

Pour remplir au mieux sa fonction, l'habitat nurserie doit donc non seulement offrir abri et nourriture, mais également une connectivité essentielle au devenir des juvéniles.

Par connectivité, on entend :

- le déplacement entre individus de populations éloignées ;
- le déplacement des individus entre les différents habitats essentiels de leur cycle de vie.

L'habitat nurserie doit donc être relié directement à un habitat qui constitue un corridor écologique, compris comme

une zone de passage fonctionnelle entre plusieurs espaces naturels pour favoriser la dissémination et la migration des espèces, mais également la recolonisation.

Restaurer une nurserie signifie donc :

- redonner à un milieu les fonctions de nourriture et d'abri pour les populations de poissons de petites tailles...
- ...en s'assurant que les conditions environnementales autour de la nurserie permettent aux juvéniles de recruter dans les populations adultes avoisinantes (habitats propices à la connectivité).

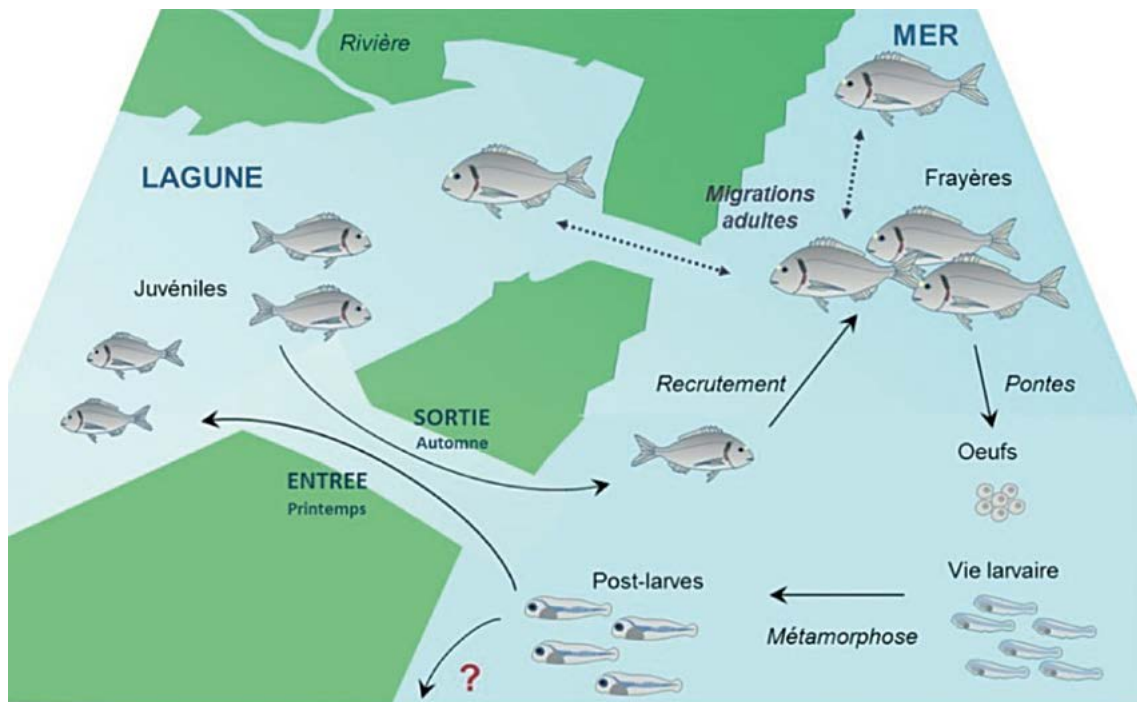


Figure 5 : Cycle de vie de la Daurade Royale dans le Golfe du Lion (TOURNOIS J., 2013)

5.2 / ANNEXE 2 – PROJETS DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE ET RÉSULTATS (2018)

5.2.1 / Nurseries artificielles en zone portuaire

PROJET	PORTEURS	IMPLANTATION	OBJECTIFS	TECHNIQUES UTILISÉES	NATURE DES RÉSULTATS EN 2018
GIREL (2011)	GPMM, Pôle Mer Méditerranée, AERMC, Ecocean, Lyonnais des eaux, Safège, Egis eau, CEFREM	Dans l'enceinte du Grand port maritime de Marseille, sur deux sites (Fos, Marseille)	Donner aux installations portuaires une efficacité écologique en restaurant le service écosystémique de nurserie. Valider l'efficacité des dispositifs utilisés. Améliorer les connaissances en termes de colonisation des habitats artificiels. Coût estimé : 1 900 000 €	Capture de post-larves, élevage à terre puis relâche 3 mois après la capture pour limiter la domestication. Tagging pour le suivi des populations relâchées.	Les résultats sont prometteurs et en cours de consolidation au sein du projet CASCIOUAR
Réimplantation de cystosères, dans des blocs de transplantation en béton protégés par des grillages, le long des digues extérieures du port.	La technique de transplantation est mise au point mais l'atteinte de l'objectif écologique n'est pas démontré. Des études sont en cours pour compléter les résultats préliminaires				
Habitats artificiels de différentes formes : - modules "roselières", apparentés aux abris formés par les faisceaux racinaires des roselières lagunaires et les grandes algues marines - modules "oursins", abri pour les juvéniles de poissons	À l'intérieur d'un port, l'efficacité du dispositif de nurserie artificielle a été validé par publication scientifique : Bouchoucha, M. (2016). Rôle des ports dans le cycle de vie des poissons. Les ports: nurseries de sars. Les résultats ne sont pas connus pour les modules en digue extérieure, puisqu'ils n'ont pas résistés aux conditions de mer hivernale.				
NAPPEX (2011)	AERMC, MEEM, CD34, Ecocean, CEFREM	9 ports : Bonifacio, Mèze, Anitibes, Carmon, Bouzigues, Ventes (Le Chichoulet), Cap d'Agde, Marseillan, Monaco	Donner aux installations portuaires une efficacité écologique en restaurant le service écosystémique de nurserie en offrant un abri artificiel aux juvéniles jusqu'à ce qu'elles atteignent leur taille-refuge. Valider la faisabilité de l'équipement des infrastructures portuaires en modules quai et ponton. Valider scientifiquement leur efficacité.	Installation de nurseries artificielles sur les quais et sous les pontons.	L'efficacité du dispositif de nurserie artificielle a été validé : - dans le cadre du projet NAPPEX : NAPPEX, Nurseries artificielles pour des ports exemplaires, Synthèse du projet et résultats, Janvier 2015. - par publication scientifique : Bouchoucha, M. (2016). Rôle des ports dans le cycle de vie des poissons. Les ports : nurseries de sars.
RESPIRE (2015)		23 ports : extension et prolongement du dispositif NAPPEX dans le but de créer un réseau de surveillance	Par la définition d'un protocole d'observation standardisé, apporter des éléments de réponse sur la caractérisation des populations de post-larves et des juvéniles de poissons recrutant à la côte, leur variation spatiale dans le temps et sur la prospective en matière d'évolution supposée des juvéniles.	Installation de nurseries artificielles sur les quais et les pontons	La technique utilisée étant considérée comme opérationnelle, Respire constitue l'un des réseaux de surveillance inscrits dans le programme de surveillance du PAMM. Ses résultats seront à exploiter pour les futures opérations de restauration de nurseries en zones artificielles. Les données sont consultables sur www.mediterr.fr
NUANCE (2016)	Ecocean, ADEME, CREM, CDC Biodiversité	Port de Saint-Cyprien, Le Barcarès, Port Leucate, Port La Nouvelle, Carbière et Sanary	Étudier la possibilité de valorisation écologique de l'ensemble des équipements présents dans un contexte portuaire. Valider la nature et l'efficacité de ces équipements.	Complexification : Installations de nurserie artificielles adaptées à des équipements portuaires particuliers (digues, lignes de mouillages), ou présents en milieu portuaire (émissaires).	Les résultats scientifiques sur la colonisation des modules ont permis la commercialisation des modules digues.

5.2.2 / Restauration de nurseries naturelles

PROJET	PORTEURS	IMPLANTATION	OBJECTIFS	TECHNIQUES UTILISÉES	NATURE DES RÉSULTATS EN 2018
LANDEAU DEPUIS 2013	Institut Océanographique Paul Ricard, Ecocean, SIM2 Solutions Marines, Conseil Départemental 83, AERMC, Pôle Mer Méditerranéenne	Lagune du Brusuc	Étude et identification de la ressource ichtyologique Caractérisation de la fonction nurserie et des peuplements de poissons dans les différents biotopes de la lagune (sable, herbier de posidonie et de cymodocees) Valider la faisabilité de cette technique de restauration d'un herbier et du repeuplement par relâche de poissons	Collecte (par filet de passe et par attraction lumineuse) de post-larves, identification et élevage à terre Transplantation de cymodocees Lâchés et suivi de juvéniles tagués sur des zones naturelles d'herbier et des micro-habitats Observations par des équipes de plongeurs, en saison froide et en saison chaude, à plusieurs échelles d'observation dont les micro-habitats.	Résultats considérés comme opérationnels pour une partie des transplantations de végétaux. Poursuite dans une opération à grande échelle en 2018.
SAR-LAB DEPUIS 2017	Institut Océanographique Paul Ricard, Ecocean, SIM2 Solutions Marines, Conseil Départemental 83, AERMC, Pôle Mer Méditerranéenne	Lagune du Brusuc	Étendre les actions menées dans LANDEAU pour : - améliorer les fonctions écologiques de nurserie des zones portuaires - augmenter la capacité d'accueil et pallier l'absence d'habitats naturels par des aménagements artificiels - poursuivre des actions de restauration écologique des herbiers par des techniques de transplantation de magnoliophytes marines - restaurer une zone humide méditerranéenne dégradée - poursuivre la recherche et l'acquisition de connaissances sur ces sujets Coût pour la période 2017-2018 : 346 000 €	Équipement du port du Brusuc et du Port des Embiez en nurseries artificielles Réaffection/réhabilitation de l'ancien parc conchylicole de la lagune du Brusuc : équipement des supports en nurseries artificielles. Déploiement d'actions de transplantation d'herbiers de cymodocees dans la lagune Étude de la capacité de résilience des anciens salins, zone humide dégradée. Tentative d'accroître sa capacité d'accueil et d'en faire une zone humide productive d'un point de vue halieutique et attractive d'un point de vue paysager.	Les ports ont été équipés en nurseries artificielles. L'opération est en cours.
NUHAGE DEPUIS 2014	GIS Posidonie, MIO, Institut Pythéas, P2A Développement, Conseil Départemental 83, AERMC, Pôle Mer Méditerranéenne	Lagune du Brusuc, Secteur des 3 caps, Golfe de Saint-Tropez	Caractériser les nurseries naturelles de poissons dans les petits fonds côtiers du Var Caractérisation des peuplements de juvéniles, détermination des sources d'impact sur le milieu Description des habitats présents dans l'écosystème "petits fonds côtiers" par une liste de variables	Observations in situ par des plongeurs à des fins d'acquisition de connaissances. Caractérisation des nurseries.	Un rapport annuel est remis offrant une typologie habitat/peuplement de juvéniles applicable aux petits fonds côtiers du département et permettant un diagnostic de l'état des nurseries naturelles dans les sites ateliers.

5.2.3 / Restauration d'habitats dégradés (hors rejet) et repeuplement de poissons

PROJET	PORTEURS	IMPLANTATION	OBJECTIFS	TECHNIQUES UTILISÉES	NATURE DES RÉSULTATS EN 2018
PRADO 2006	Ville de Marseille, Union Européenne, État, Agence de l'Eau, Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur.	Rade de Marseille	Développer des habitats de substitution : offrir aux espèces caractéristiques du substrat dur un éventail d'habitats suffisant et diversifiés, pour offrir aux différentes espèces abris et nourritures lors de tous les cycles biologiques. Coût estimé : 5 125 000 €	Immersion de structures modulaires tridimensionnelles faites de matériaux multiples (béton, acier, cordages synthétiques) et de différents garnissages internes (cubes en béton, parpaings, pochons de coquilles d'huître, pots à poulpe).	Résultats positifs avec une colonisation importante des récifs, qui diffère selon la forme des modules. ²⁰
CIRCE 2012	ECOMERS – Université de Nice, ACRI In, Neptune Environnement, AERMIC, Pôle Mer Méditerranée	Cantonement de pêche du Cap Roux, principalité de Monaco	Retrouver un habitat naturel : Déterminer les conditions de survie et de recolonisation d'un habitat méditerranéen spécifique et essentiel.	Immersion de récifs modulaires légers et résistant à la houle puis transplantation de cystosaires sur la plaque supérieure de chaque module. Un suivi de la colonisation des récifs est opéré.	Les résultats sont négatifs, les transplantants n'ayant pas survécus.
GRAINE DE MER 2011	Ville de La Grande Motte, SM2 Solutions Marines, AERMIC, Pôle Mer Méditerranée	Étude	Retrouver un habitat naturel : - Déterminer les conditions de germination et de survie d'habitats méditerranéens caractéristiques. - Constituer une banque de graines.	Réculte de graines de quatre espèces marines (dont posidonie cymodoce) échouées en milieu naturel Aide à la germination en laboratoire (pour déterminer les conditions) et test dans le milieu naturel Implantation de plants de posidonies sur 6 stations test en baie d'Aigues-Mortes	Le passage de la graine à la plante est maîtrisé. En revanche, échec de la reprise des plants de Posidonie.
REGEN-R (OPÉRATION PILOTE DE GRAINE DE MER)	Ville d'Antibes, Conseil Général 06, SM2 Solutions Marines, Agence de l'Eau	Golfe Juan	Retrouver un habitat naturel : Colmater des zones d'arrachage et réduire le risque d'extension de la destruction des mattes, dans une zone où les usages sont régulés.	Transplantation de "nattes d'herbier artificiel" par insertion de plantules de posidonie. L'idée étant que les patchs ne sont pas soumis à l'hydrodynamisme local et que la zone d'implant est une zone où les usages sont régulés (plaisance notamment).	Il n'y a pas de résultats disponibles à l'heure actuelle.
RECOMED	Ville d'Agde, Agence de l'Eau, Ecole des Mines d'Alès, et Aquarium du Cap d'Agde	Site N2000 Cap d'Agde	Retrouver l'habitat naturel : Optimiser des supports de fixation pour permettre de restaurer des parties de structure d'un massif à coralligène dégradé par des impacts mécaniques.	Test de différents supports pour définir les matériaux les plus aptes à favoriser la colonisation par des organismes, définir les contraintes mécaniques des supports pour envisager des modèles adaptés à la reconstitution des massifs (surplombs, voûtes). Mettre au point in situ des systèmes de fixation des supports sur les massifs et de suivre la colonisation des supports. Opérations de bouturages pour accélérer les processus de colonisation et de recouvrement des supports.	L'analyse bibliographique a commencé en 2017. Les travaux sont en cours.
CASCIOMAR 2050	Ecocean, CDC Biodiversité, AERMIC, CasCioMar est inscrit comme action du Contrat de Baie de la métropole marseillaise.	Cassis, La Ciotat, Marseille	Améliorer la résilience de l'habitat naturel et contribuer positivement aux stocks de poissons adultes	Pêche de post-larves à Marseille, Cassis et La Ciotat par des pêcheurs locaux puis élevage en ferme de grossissement et repeuplement en milieu naturel sur ces trois mêmes zones. De 2016 à 2020 : travaux de restauration écologique Jusqu'en 2050 : suivi et gestion.	En cours depuis 2016, les infrastructures sont mises en place et opérationnelles (ferme de la Vigie) et le partenariat avec les pêcheurs est actif.
RESCOR 2017	AERMIC, Andromède Océanologie, Métropole de Nice côte d'Azur.	Site N2000 Cap Ferrat	Restauration d'une partie d'un récif à coralligène atteinte lors des travaux de réhabilitation de l'émissaire de la Causinière, et le suivi de son évolution. Coûts estimés : 226 000 €	Nettoyage de la zone du dépôt de sédiment. Suivi de la colonisation par photogrammétrie.	En cours de réalisation.

²⁰ Rouanet, E., Astruch, P., Antonioli, A. Bonhomme, P., fourt, M., Bonhomme, D., ... & Perez, T. How artificial reefs design and architectural complexity affects the benthic colonization. In Proceeding of the RECIFS Conference on Artificial Reefs : From Materials to Ecosystems. Caen, France, 2015, pages 53-60

5.2.4 / Restauration des habitats et fonctionnalités de zones sous l'influence d'un rejet

PROJET	PORTEURS	IMPLANTATION	OBJECTIFS	TECHNIQUES UTILISÉES	NATURE DES RÉSULTATS EN 2018
REMORA DEPUIS 2014	Pôle Mer Méditerranée, Fondation Veolia pour l'environnement, AERMC, Ifremer, Oceanica Prod	Cap Sicié (récif principal et récif témoin)	Offrir des habitats de substitution en vue d'une reconquête de la biodiversité dans une zone où la biodiversité a été amoindrie par les rejets de l'émissaire. Coût estimé : 450 000 €	Récif souple de type jonc, de différentes formes, les uns dans une zone vierge (sortie d'émissaire), les autres à proximité d'un herbier de posidonie. Deux récifs de 360 m ² immergés à 15 m de profondeur.	Résultats positifs : les plongées sur site montrent la colonisation des récifs et la présence de bancs de juvéniles.
REXGOR DEPUIS 2017	Seaboot, Egis Architeuthis, CDC Biodiversité, Parc National des Calanques, AERMC	Calanque de Cortiou (Parc National des Calanques)	Projet expérimental visant à concevoir, immerger et suivre des habitats artificiels innovants sur une zone d'influence historique du rejet des eaux urbaines de Marseille. Évaluer la possibilité pour un milieu à recouvrer certaines fonctions et la capacité des récifs artificiels à améliorer la qualité des peuplements caractéristiques des substrats durs de la cuvette de Cortiou. Étudier le poids de certains facteurs pouvant avoir une influence sur la qualité des résultats : distance au rejet, profondeur, conception des modules... Coût estimé : 989 000 €	Trois types de récifs : - Modules de type "fractal" : assemblage de plaques unitaires hexagonales, ce récif associe des surfaces colonisables d'orientation et d'exposition différentes. - Modules de type "rague" : inspiré du biomimétisme et des écosystèmes rocheux naturels de Méditerranée, ragues de tailles et volumes différents et micro-complexité interne. - Modules de connectivité : conçus pour assurer une fonctionnalité d'abris, de développement et d'alimentation pour les stades de vie précoces d'espèces vagiles benthiques et necto-benthiques. 4 fermes qui encadrent le rejet.	Les premiers résultats vidéos montrent une colonisation des modules. La publication de ces résultats et leur diffusion est en cours.

5.3 / ANNEXE 3 – AIDE À LA MISE EN ŒUVRE DES OPÉRATIONS DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE (RESTAUREG)

Ayant pour objet l'ensemble des projets issus de l'ingénierie écologique, le guide Restaureg²¹ offre une synthèse de l'ensemble des démarches et procédures auxquelles pourront être confrontés les porteurs de projet de restauration écologique. Il présente également des recommandations sur l'ensemble du processus d'élaboration du projet : phase de pré-cadrage, phase réglementaire et phase de concrétisation.

Six logigrammes rappellent, par typologie de projets, les acteurs sollicités, les exigences réglementaires en matière de délais à respecter, d'évaluation des incidences, d'association ou de consultation des acteurs de proximité, les sources de financement potentielles vers lesquelles se tourner. Les projets de restauration écologique peuvent être concernés par chacun des logigrammes présentés dès lors qu'il peut s'agir :

- de projets "terre-mer" ;
- de projets sur le domaine public portuaire ;
- de projets en mer "génie civil" type récifs ;
- de projets en mer "faune et flore" ;
- de projets situés dans la zone économique exclusive.

Cinq annexes explicitent enfin les procédures de déclaration et de demandes d'autorisations diverses auxquelles sont systématiquement confrontés les projets : déclaration au titre de la loi sur l'eau, autorisation unique, autorisation d'occupation temporaire en dehors des ports sur le DPM, octroi de la concession d'utilisation du domaine public maritime hors limite des ports, autorisation dans la zone économique exclusive. Deux d'entre elles ont été rappelées précédemment dans le contexte spécifique des nurseries implantées sur les digues extérieures, hors domaine portuaire.

Les porteurs de projets de restauration écologique sont appelés à se référer à ce guide afin d'obtenir dans les délais souhaités les autorisations adéquates.

Plus d'informations sur les procédures réglementaires en milieu marin méditerranéen sont également disponibles dans le fascicule 1 d'Eval_impact.

²¹ BETHENOD J., BONIS A., LARIDAN S., RESTAUREG. Appui aux porteurs... , op. cit, 2016, page 4



www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr



Préfets coordonnateurs de la façade Méditerranée

