



STARECAPMED

RAPPORT D'ACTIVITÉ



STARECAMPED

STATION of Reference and rEsearch
on Change of local and global Anthropogenic
Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts



S
T
A
R

C A P M E D

Rapport d'activité 2021 - 2024

Ce document doit être cité dans la littérature comme suit :

L. FULLGRABE¹, Q. FONTAINE¹, J. RICHIR¹, A. BOULENGER², X. MARTELLI¹, A. WOEHREL¹, L. BORROSSI¹, M. BITALY¹, J. SEVENO¹, M. CHAPAT¹, L. BALSAUX¹, L. IBORRA¹, T. SEIMANDI¹, S. CNUDDE¹, N. MELLET¹, M. LEDUC¹, L. LEFEBVRE², M. BINARD⁷, L. KATZ⁶, A. ABADIE⁸, M. DUMAS¹, L. SEIDEL³, J. GARCIA⁴, D. SIRJACOBS⁶, A. DONNAY¹, P. BOISSERY⁵, S. GOBERT², P. LEJEUNE¹, M. MARENKO¹ (2025) : STARECAMPED (STATION of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts) – Années 2021 à 2024. Rapport de recherches, STARESO, 238 pages.

1: Station de recherches STARESO, Calvi, France

2: Laboratoire d'océanologie, Université de Liège, Liège, Belgique

3: Département de biologie, Université de Liège, Liège, Belgique

4: Faculté de sciences, Université de Corse Pasquale Paoli, Corte, France

5: Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Délégation de Marseille, 13001, Marseille, France

6: Faculté des sciences de la vie, Université de Liège, Liège, Belgique

7: Plateforme "Geographic Information Technological Aid Network", Université de Liège, Liège, Belgique

8: Sea(e)scape, La Ciotat, France (crédits photo)



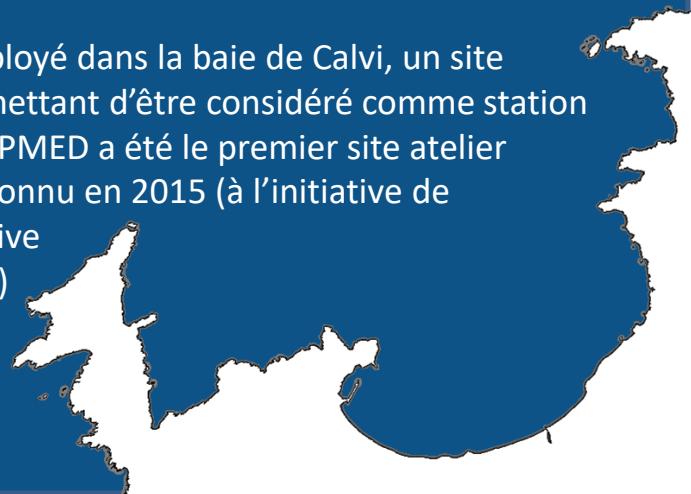
STARECAPMED

LES OBJECTIFS

Le projet STARECAPMED, financé depuis 2012 par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et la Collectivité de Corse, œuvre à comprendre l'influence des problématiques globales et locales sur les écosystèmes marins. Un autre axe majeur vise à tester de nouvelles approches et développer des outils innovants pour répondre aux politiques locales qui agissent pour la protection de ce milieu. Ces démarches impliquent notamment le déploiement de travaux d'observations et de recherches multidisciplinaires visant d'une part, à caractériser l'état, l'évolution et les processus fondamentaux des compartiments écosystémiques et, d'autre part, à comprendre et quantifier l'influence de pressions globales, tel que le changement climatique, et celle des activités humaines locales sur le fonctionnement des écosystèmes marins.

UN SITE DE RÉFÉRENCE ET SITE ATELIER

Pour ce faire, le projet STARECAPMED est déployé dans la baie de Calvi, un site réunissant un ensemble de qualités clés permettant d'être considéré comme station de référence et site atelier. En effet, STARECAPMED a été le premier site atelier fonctionnel de la Méditerranée française, reconnu en 2015 (à l'initiative de l'Agence de l'Eau RMC) par la DCSMM (Directive Cadre Stratégique sur le Milieu Marin de l'UE) à travers le Plan d'Action pour La Mer Méditerranée (PAMM).



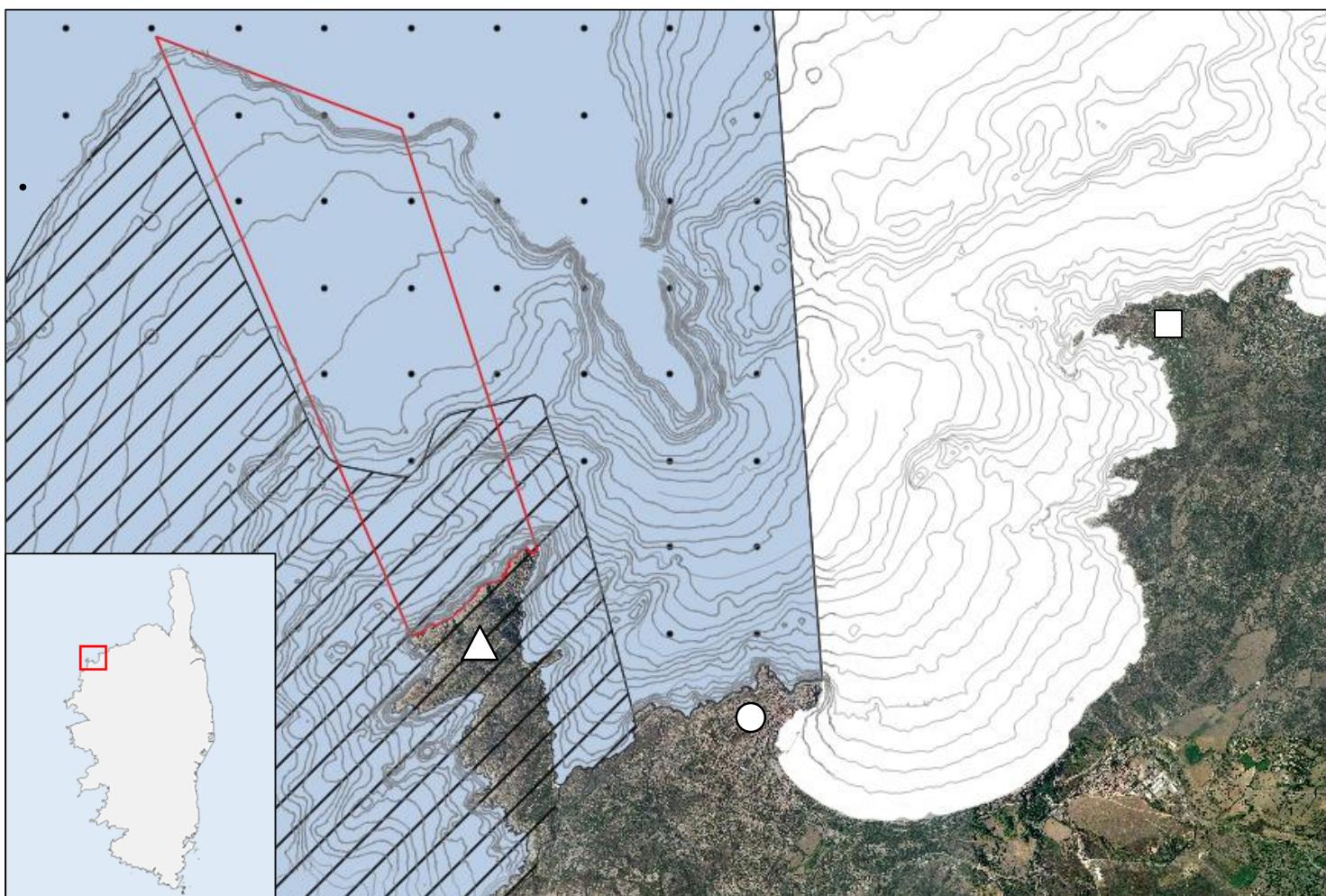
Pressions globales

Etat, fonctionnement et
évolution des écosystèmes

Pressions locales

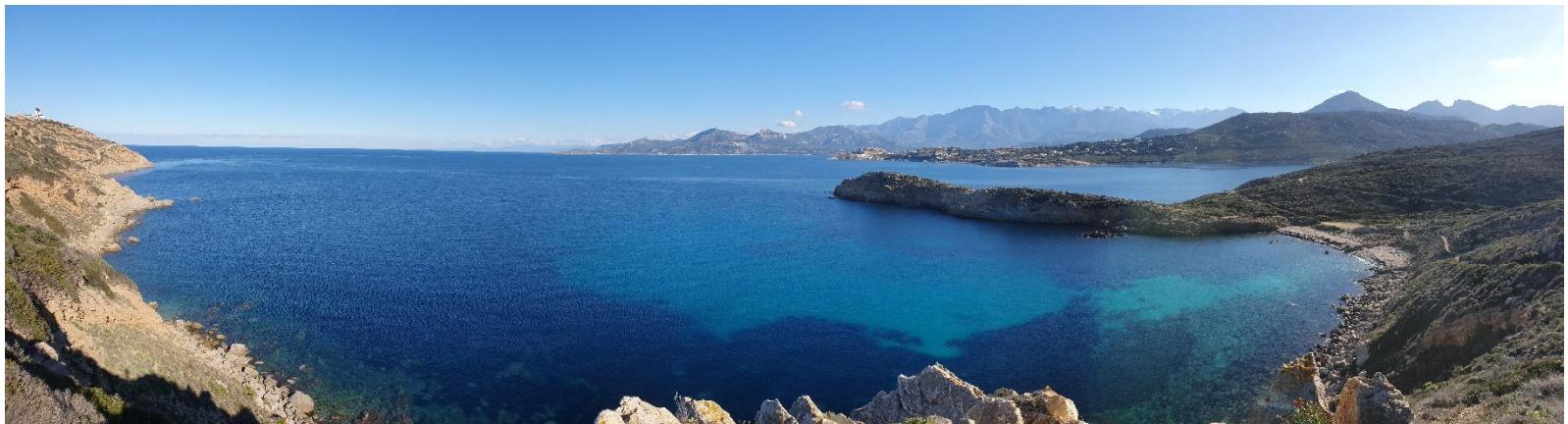
LA BAIE DE CALVI

La baie de Calvi, située au nord-ouest de la Corse, est une baie caractéristique du bassin nord-ouest méditerranéen prolongée vers le large par un canyon sous-marin qui la connecte avec les grands fonds de plusieurs milliers de mètres. Sa partie Ouest, située entre la pointe de la Revellata et la citadelle, fait partie de différentes zones Natura 2000, 1 Zone de Protection Spéciale (ZPS) et 2 Zones Spéciales de Conservation (ZSC), mises en place par l'Agence des Aires Marines Protégées en Corse. De plus, la baie de Calvi comprend également un cantonnement de pêche, zone protégée et fermée à toute activité depuis les années 1970.



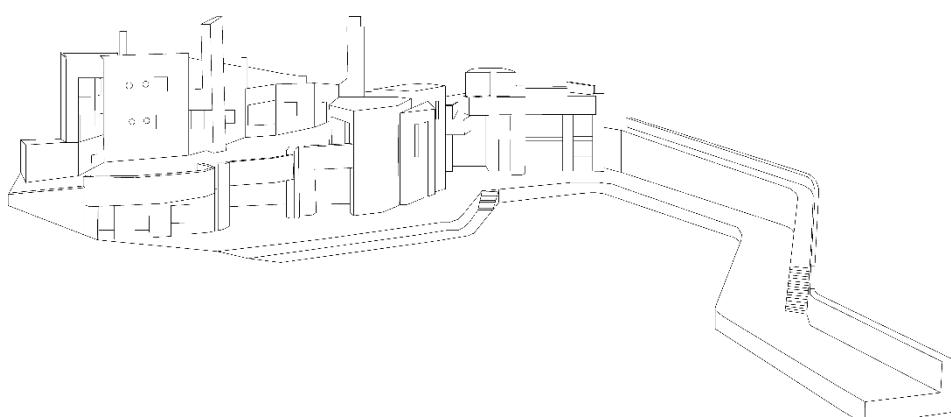
Légende

 	Cantonnement de pêche		Pointe de la Revellata
	FR9412010 Capu Rossu, Scandola, Revellata, Calvi – ZPS, Directive « Oiseaux »		Citadelle de Calvi
	FR9400574 Porto, Scandola, Revellata, Calvi, Calanches – ZSC, Directive « Habitats »		Pointe de Spanu
	FR9402018 Capu Rossu, Scandola, Revellata, Calvi – ZSC, Directive « Habitats »		
— Isobathes 5m			



Un ensemble de qualités clés permet à la baie de Calvi d'être considérée comme site de référence, site atelier et site pertinent au déploiement du projet STARECAPMED :

- 1** La présence de l'ensemble des écosystèmes emblématiques et des milieux typiques de la Méditerranée;
- 2** Un site dont les écosystèmes sont en bon état de conservation mais où, malgré tout, l'ensemble des pressions typiques méditerranéennes sont présentes et dont l'influence sur le fonctionnement des écosystèmes peut ainsi être étudiée;
- 3** La présence sur site d'un observatoire marin scientifique capable de déployer des suivis multidisciplinaires à haute fréquence et sur le long terme : STARESO;
- 4** L'existence de données historiques robustes permettant d'inscrire l'acquisition de la donnée sur le long terme et d'interpréter aussi efficacement que possible les phénomènes observés en différenciant la variabilité naturelle des écosystèmes et celle due au changement global des impacts pouvant être reliés à l'activité humaine.



UNE BAIE TYPIQUE MEDITERRANEEENNE

La baie de Calvi regroupe l'ensemble des écosystèmes, de la biodiversité et des milieux typiques de la Méditerranée avec :

- la colonne d'eau depuis le littoral avec les eaux côtières jusqu'aux masses d'eaux de type océanique grâce à la présence d'un canyon sous-marin atteignant les 1 000 m de profondeur à seulement 7,5 km des côtes;
- les récifs rocheux côtiers, avec la ceinture à algues photophylles proche de la surface et les formations coralligènes plus profondes;
- les milieux sédimentaires détritiques côtiers jusqu'aux vases des milieux profonds;
- les grands herbiers de posidonie ainsi que les herbiers de cymodocée;
- les espèces endémiques et typiques méditerranéennes.

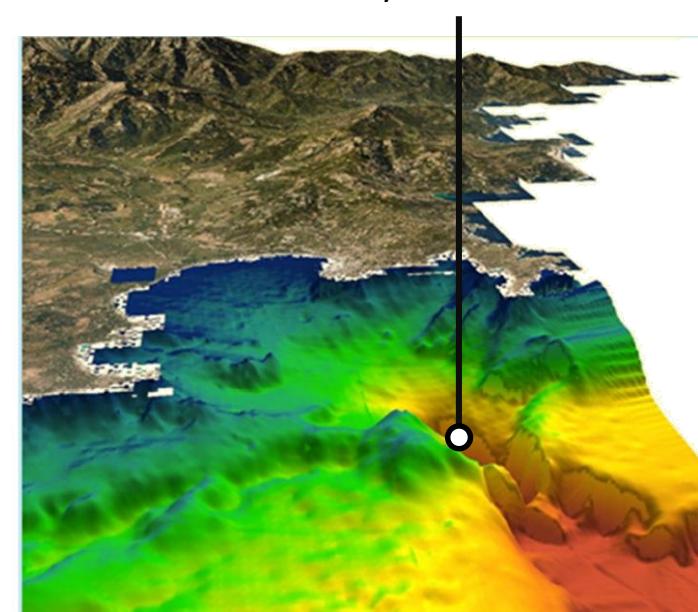
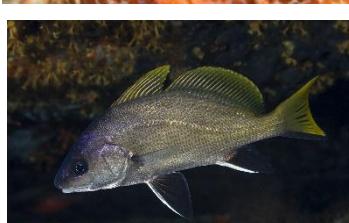
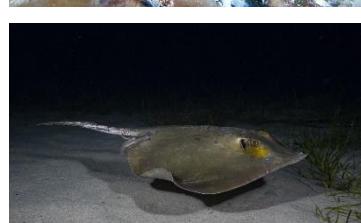


Pointe de Spanu

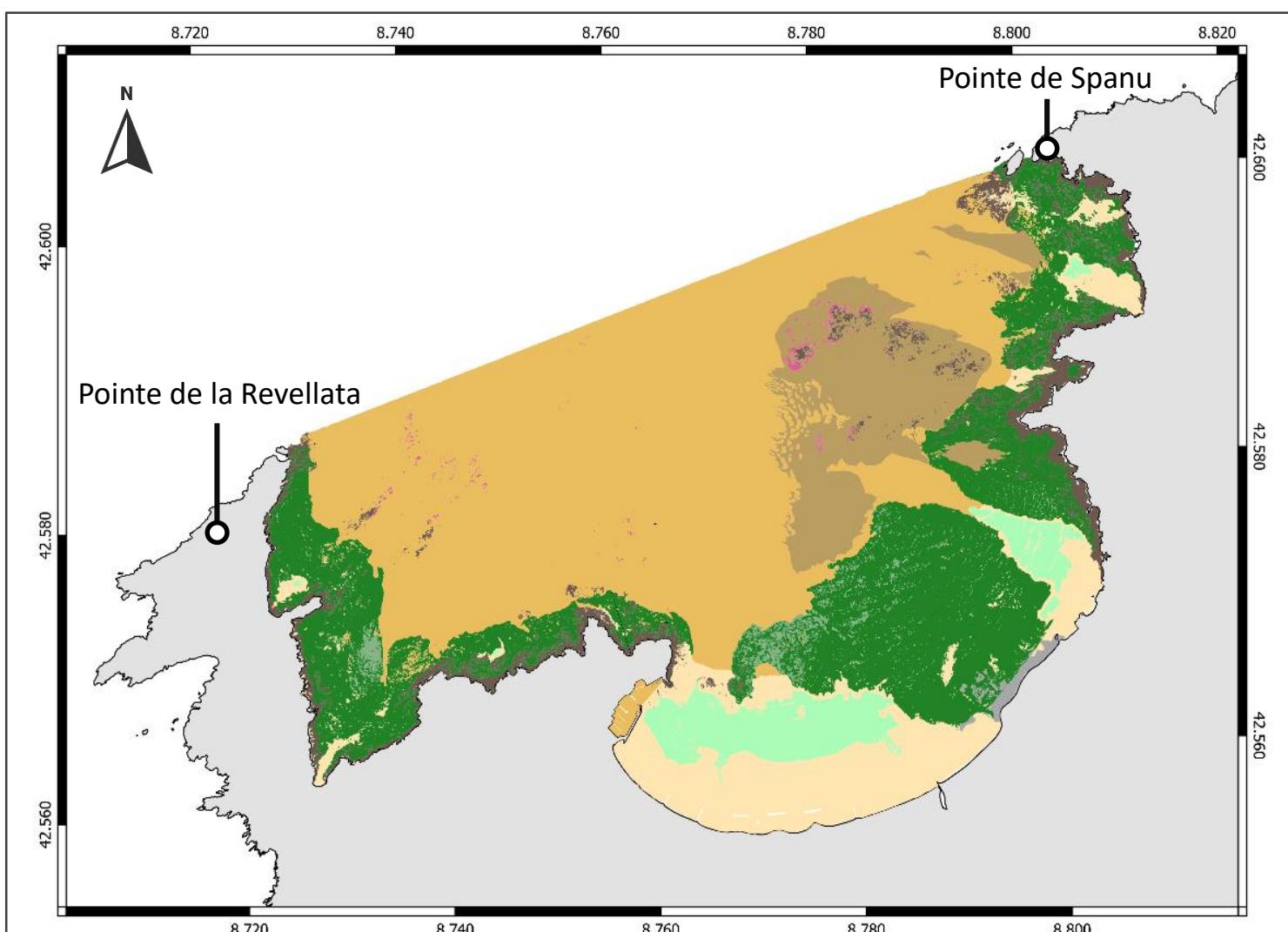
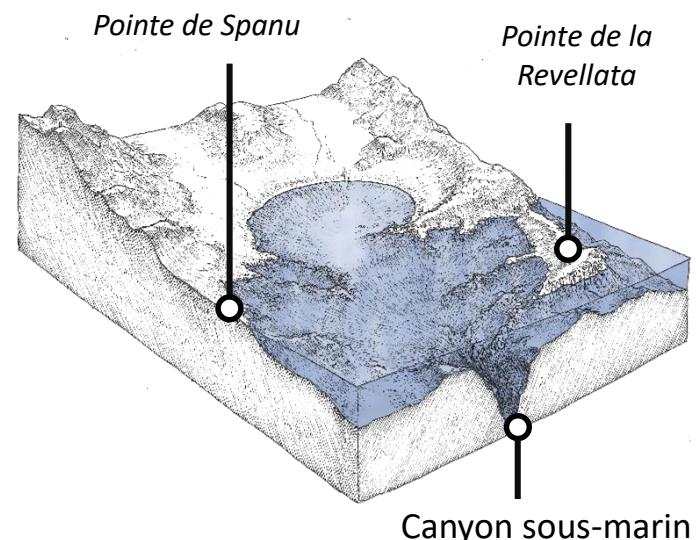
Pointe de la Revellata



baie de Calvi



Si l'on considère la baie de Calvi comme étant un espace allant du bout de la Pointe de la Revellata jusqu'à la Pointe de Spanu, celle-ci représente alors une superficie de 2 330 hectares avec une profondeur maximale de 104 m. Cependant, la baie est prolongée vers le large par un canyon sous-marin qui la connecte avec les grands fonds de plusieurs milliers de mètres. L'ensemble des habitats et biocénoses typiques méditerranéennes y sont présents.



Substrats et habitats

	Roche infralittorale à algues photophiles
	Sables fins bien calibrés
	Sédiments grossiers
	Sédiments meubles
	Substrat artificiel

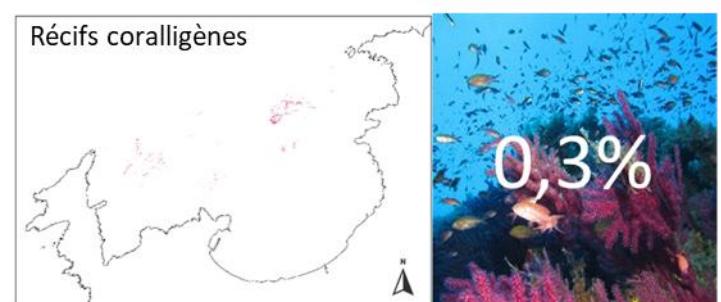
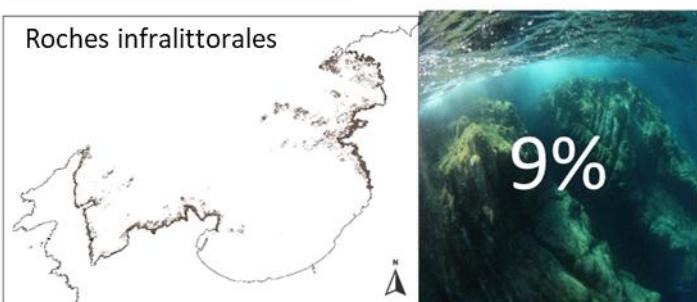
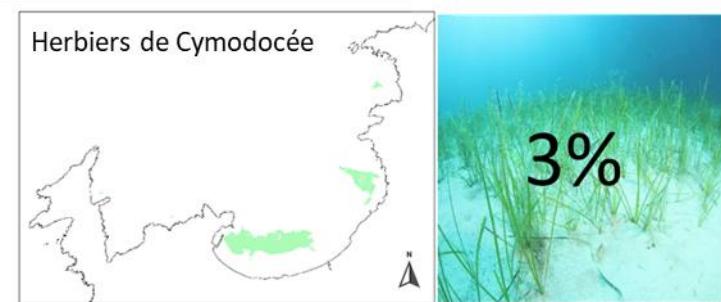
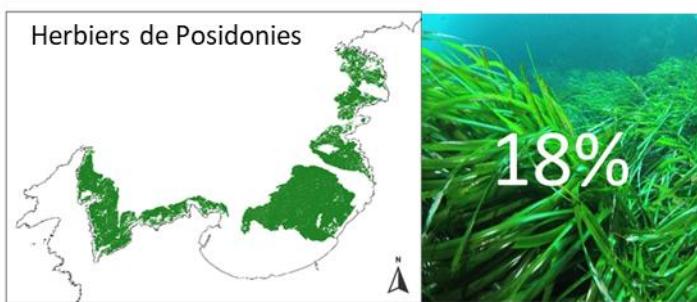
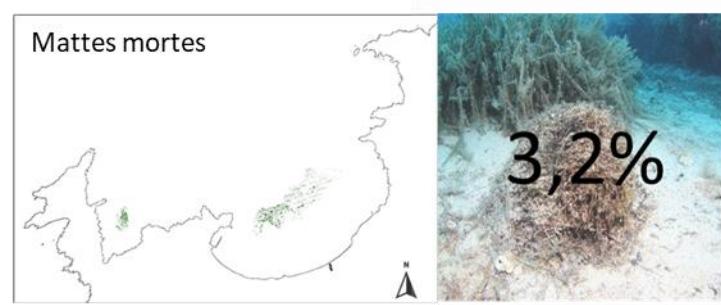
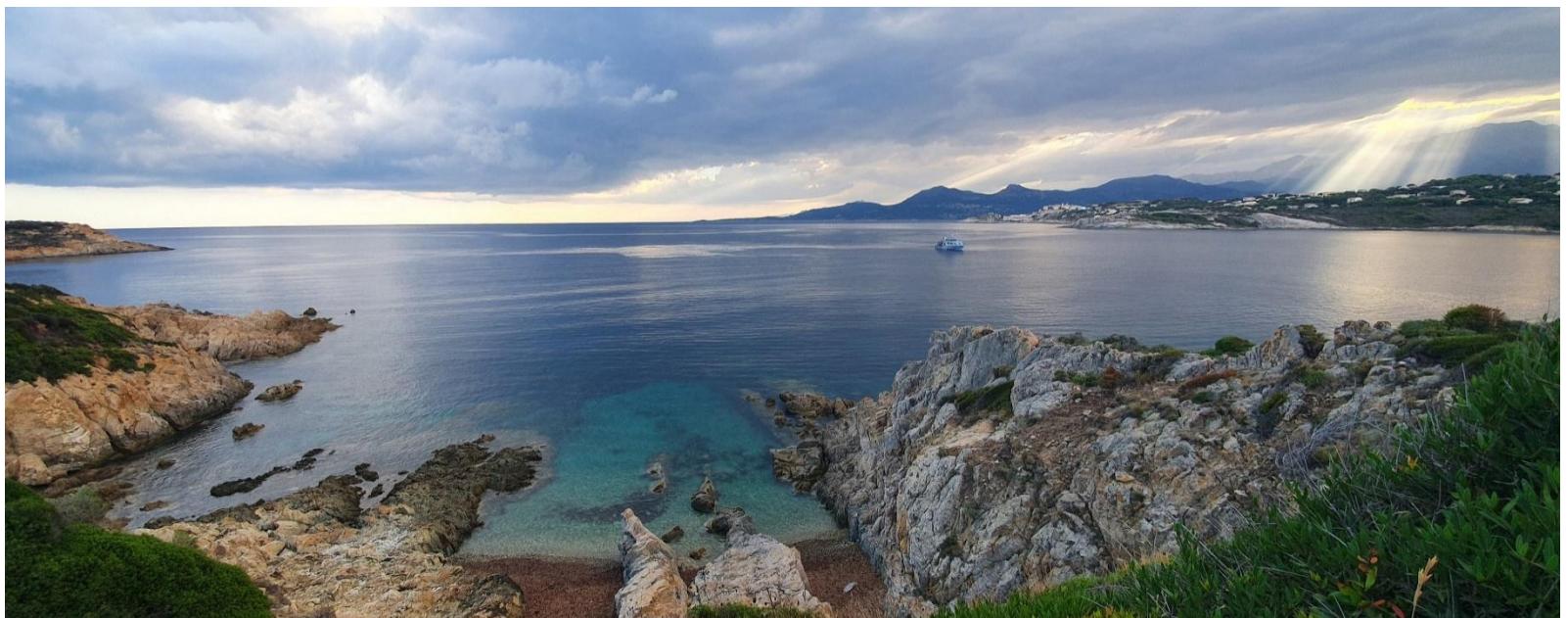
	Biocénose coralligène
	Association à <i>Cymodocea nodosa</i>
	Galets infralittoraux
	Intermatte de <i>Posidonia oceanica</i>
	Matte morte de <i>Posidonia oceanica</i>
	Herbier à <i>Posidonia oceanica</i>

0 0,8 mn
0 1,5 km

sources des données :
 - Programme STARECAPMED (STARESO)
 - SHOM/IGN, 2009 (trait de côte histolit v2)
 - EuroGeographics, 2006 (Pays)
 - Stations d'étude (STARESO)
 - Habitats (Seaviews, 2018)

système de coordonnées :
 Lambert 93 / RGF Lambert 93 / IAG GRS 1980

réalisation :
 STARESO - Août 2021

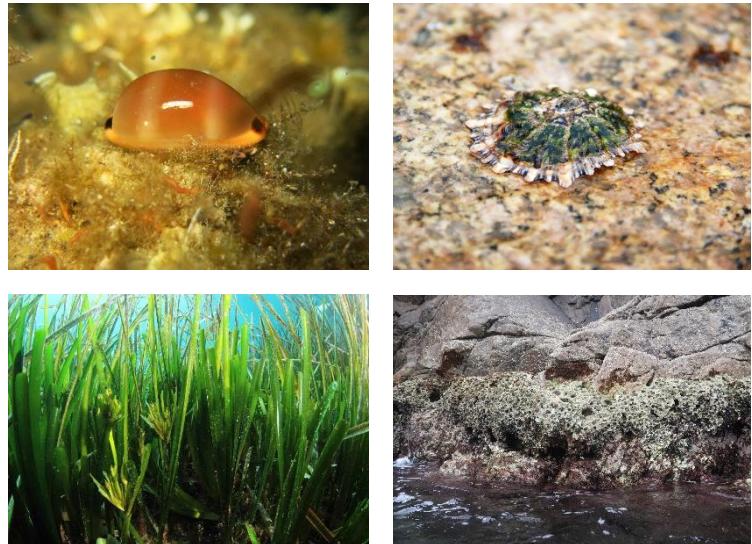


Proportions de recouvrement des fonds marins par les principales biocénoses au sein de la baie de Calvi (espace maritime allant de la Pointe de la Revellata à la pointe de Spanu).

STARECAPMED permet d'étudier les compartiments méditerranéens typiques des milieux côtiers et larges

UNE BAIE PRESERVEE, BIEN QUE SOUMISE A DIFFERENTES PRESSIONS

Outre la richesse de la baie de Calvi en termes d'écosystèmes et d'habitats, celle-ci est considérée comme présentant **un bon état de conservation écologique**. En effet de nombreux travaux menés dans la baie, associés à des indicateurs locaux de qualité du milieux, témoignent du caractère préservé et peu impacté par l'activité humaine de la baie de Calvi.

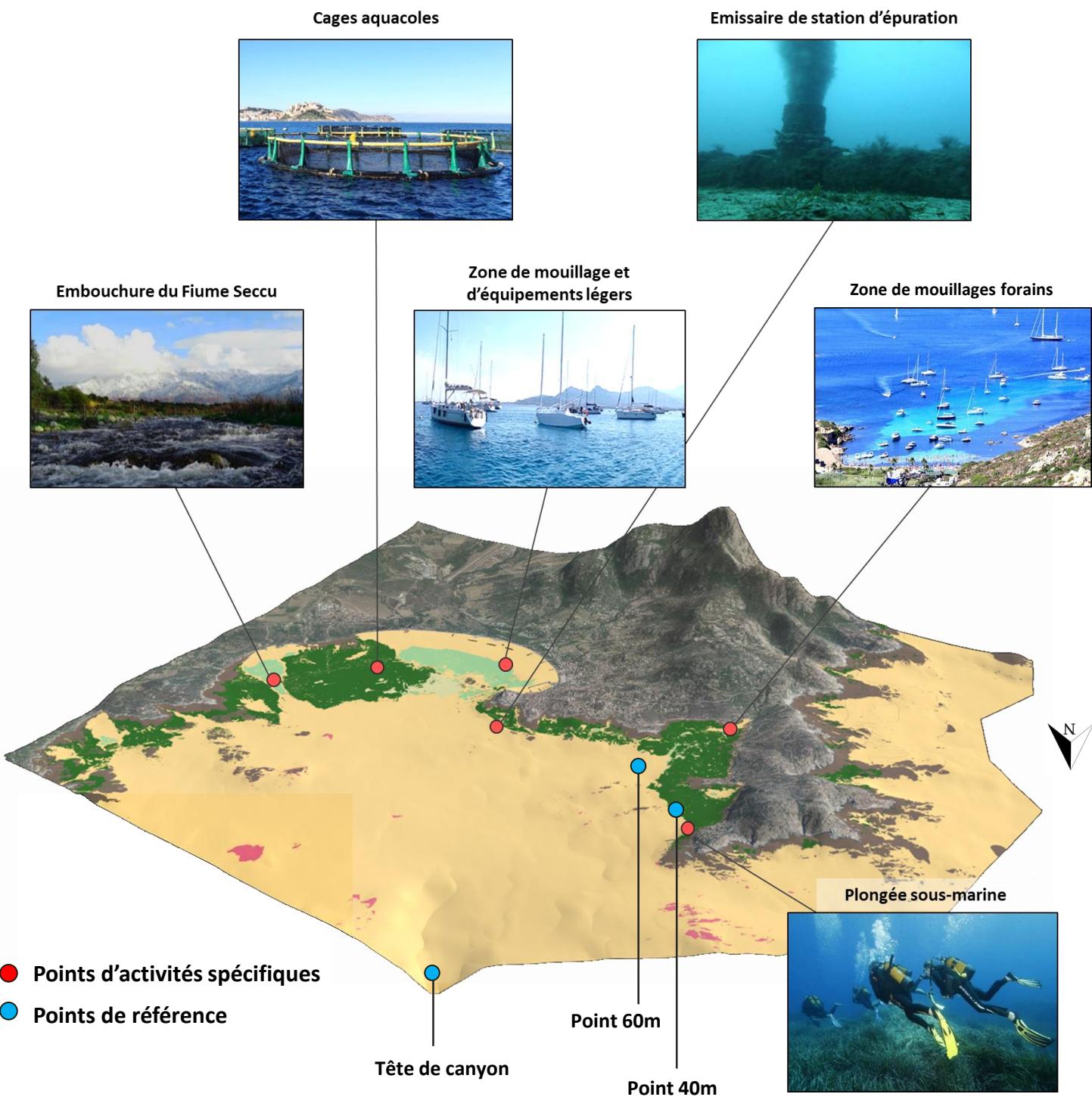


Malgré ce bon état de conservation écologique, la baie de Calvi est caractérisée par **la présence de pressions anthropiques liées au développement des activités humaines**. En effet, outre l'effet diffus des changements globaux, le programme STARECAPMED permet de considérer et d'étudier l'influence de toutes les activités humaines typiques qui s'exercent en Méditerranée :

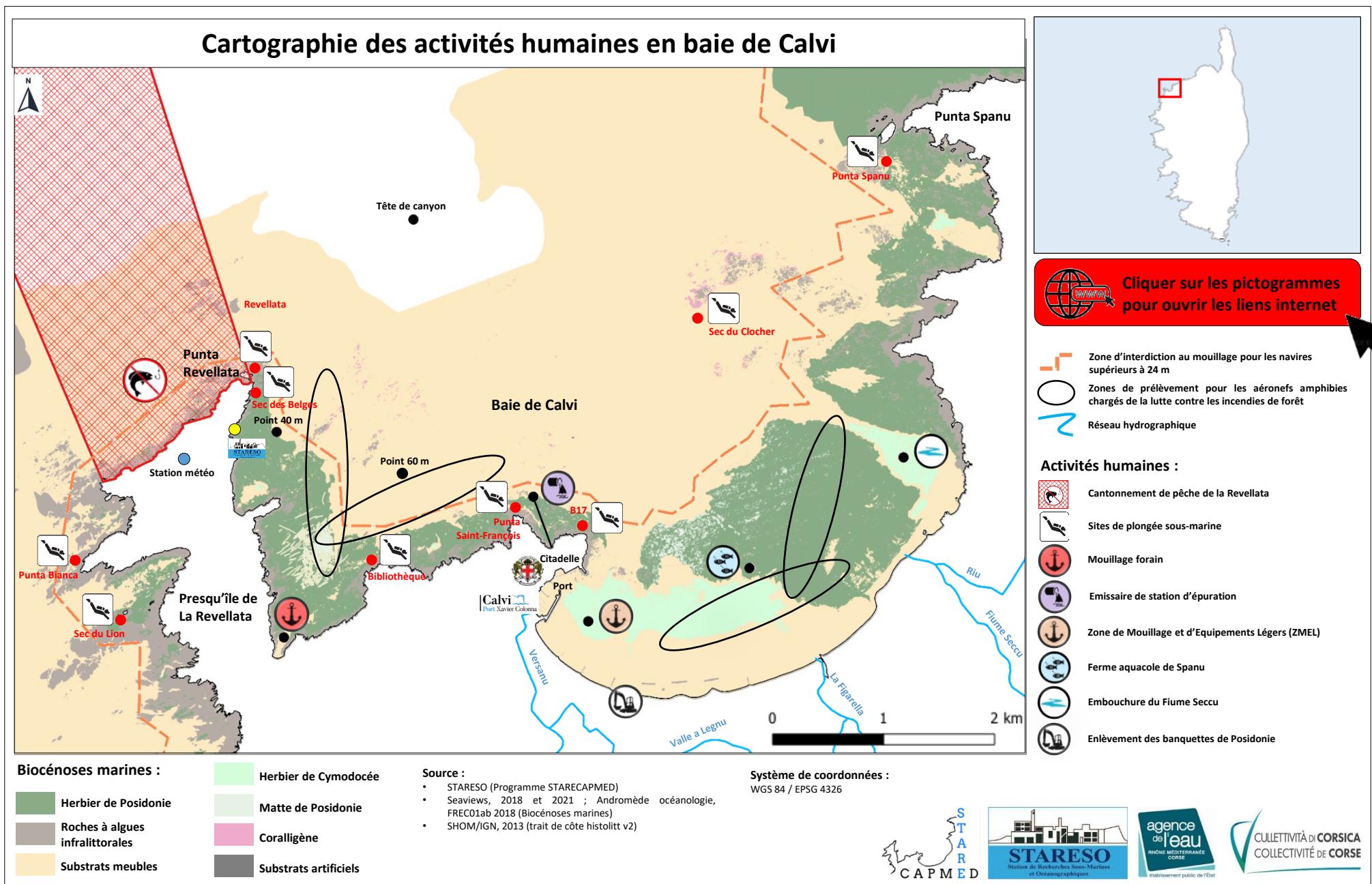
- Le **développement de la population**, notamment touristique, qui a un impact sur les rejets domestiques via une station d'épuration et un émissaire en mer;
- Le développement des **activités autour du bassin versant**, dont la viticulture, qui, via les cours d'eau et les eaux de ruissellement, peut impacter la baie;
- Le développement des **activités touristiques** en mer telles que la plaisance, la plongée, le nautisme et les activités portuaires;
- L'**activité aquacole** avec la culture du bar (*Dicentrarchus labrax*) et de la daurade royale (*Sparus aurata*) sous le «Label Rouge»;
- Les **activités de pêches** professionnelles et de loisir incluant la chasse sous-marine.



Le suivi de points de pression et leur comparaison avec des points de référence permettent de différencier le potentiel impact lié aux activités anthropiques de celui lié aux changements globaux ou aux évolutions naturelles. Les points de référence ont également vocation à être utilisés comme témoin pour l'étude d'autres sites en dehors de la baie de Calvi.

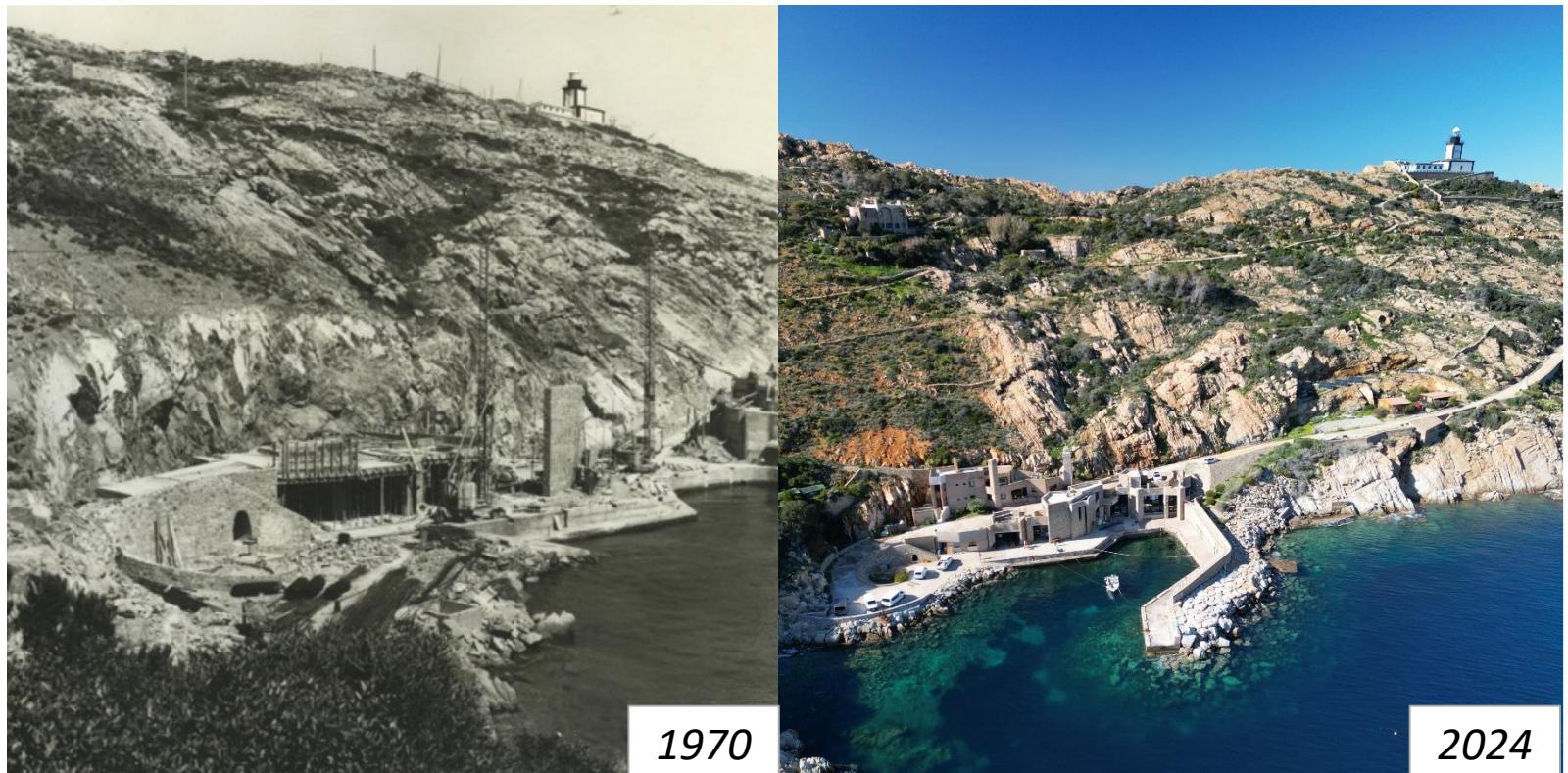


STARECAPMED permet d'étudier l'influence des activités humaines sur les processus fondamentaux gouvernant le fonctionnement des écosystèmes



Cartographie des activités humaines en baie de Calvi; cliquer sur les pictogrammes pour ouvrir les liens Internet correspondants.

STARESO: 50 ANS DE TRAVAUX SCIENTIFIQUES MULTIDISCIPLINAIRES



STARESO offre un accès privilégié à la mer, permettant le déploiement de suivis et l'expérimentation sur site. L'ensemble des connaissances, des travaux scientifiques et des données générées depuis la création de la station dans les années 1970 offre un site au contexte environnemental connu tout en inscrivant l'acquisition de nouvelles données dans une perspective sur le long terme en réactualisant la masse de données historiques.



STARECAPMED permet d'inscrire les travaux scientifiques sur le long terme en tant qu'outil d'observation des tendances, du changement climatique et d'événements conjoncturels ponctuels tout en offrant un cadre environnemental connu propice à l'interprétation efficace des phénomènes observés

UN SITE ATELIER AU RAYONNEMENT INTERNATIONAL

STARECAPMED inclut également un site atelier. En effet, sur financement STARECAPMED, STARESO met à disposition la logistique (bateaux, instruments, plongeurs, locaux), des techniciens et du personnel scientifique pour des projets profitant indirectement à l'enrichissement des connaissances acquises dans le cadre de STARECAPMED. C'est ainsi que la baie de Calvi, via STARECAPMED, constitue un site d'étude privilégié accueillant les chercheurs mais aussi les étudiants d'un grand nombre de partenaires académiques du monde entier ainsi que de bureaux d'études et autres institutions au service des sciences et études marines.



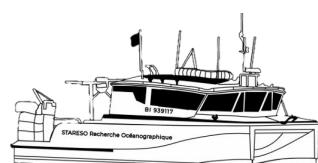
UN NOUVEL OUTIL AU SERVICE DE LA RECHERCHE MARINE EN CORSE : LE NAVIRE OCEANOGRAPHIQUE STARESO



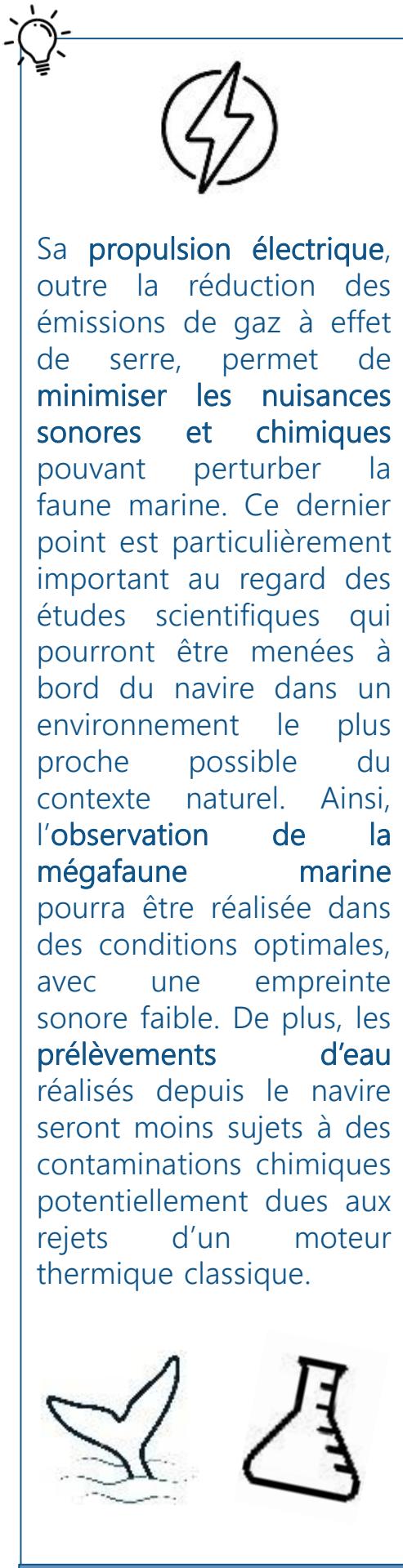
Le « STARESO » est un catamaran hybride équipé d'une propulsion électrique alimentée par des panneaux solaires. Fabriqué en aluminium, il mesure 12 m de long et 5,40 m de large. Inscrit à la marine marchande, ce navire dont la vitesse de croisière est comprise entre 9 et 13 noeuds est conçu et équipé pour naviguer aussi bien en zone côtière qu'en haute mer.

L'acquisition de ce navire par la STARESO a notamment été possible par le fait que la station de recherches a été lauréate du

Fonds d'Intervention Maritime du Secrétariat d'État à la Mer pour développer l'économie maritime, ce qui lui a permis de bénéficier d'une participation de l'État au financement de son projet. Un soutien financier pour les équipements technologiques de recherche de la part de la Délégation Régionale à la Recherche et à l'Innovation lui a également été alloué.



Un outil spécifique doté d'une conception unique



Le navire STARESO a été conçu pour les opérations de plongée et de prélèvements océanographiques, avec un puits central sur le pont arrière, de multiples systèmes de levage, ainsi qu'un laboratoire à bord.



Pont arrière du STARESO comportant notamment un portique, un puit central, deux treuils et un vire-ligne permettant d'immerger du matériel scientifique et des plateformes de mise à l'eau pour les plongeurs.

L'antifouling du bateau est assuré par un revêtement silicone, qui permet d'augmenter l'hydrodynamisme du navire et donc de réduire ses besoins en carburant ou énergie. Ce revêtement ne contient aucun biocide, toxiques pour la vie marine, et se dégrade beaucoup plus lentement qu'un antifouling traditionnel.



Coque du STARESO recouverte d'un antifouling en silicone sans biocide.

Instrumentation du navire océanographique STARESO

Le STARESO est équipé d'instruments océanographiques de pointe :



Sonde multiparamétrique CTD 19 Plus v2 SEA-BIRD SCIENTIFIC avec système de déclenchement automatisé montés sur une rosette et déployés via le puits central du bateau STARESO.

- Une sonde multiparamétrique CTD 19 Plus v2 de SEA-BIRD SCIENTIFIC permettant de mesurer différents paramètres environnementaux :
 - Température ($^{\circ}\text{C}$)
 - Densité (δ)
 - Salinité (Conductivité)
 - Concentration et saturation en oxygène dissous (mg.L^{-1} et % respectivement)
 - pH
 - Turbidité (FNU)
 - Concentration en chlorophylle *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
 - Concentration en phycoerythrine (pigment rouge) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
 - Concentration en phycocyanine (pigment bleu) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
 - Concentration en CDOM (Colored Dissolved Organic Matter) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)



Rosette portant 12 bouteilles Niskins de 5 L, avec une interface électronique en son centre (SEA-BIRD SCIENTIFIC).

- Un filet Bongo de KC Denmark, permettant de réaliser des prélèvements de zooplancton, avec deux entrées de 60 cm de diamètre et des maillages de 300 et 500 µm.



Filet Bongo de KC Denmark tracté par le STARESO.

- Un courantomètre ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) modèle Sentinel V100 de TELEDYNE MARINE, capable de mesurer la vitesse et la direction des courants marins sur l'ensemble de la colonne d'eau jusqu'à 300 voire 400 mètres de profondeurs, en fonction des conditions. L'ADCP pourra être déployé en haute mer, en s'affranchissant du suivi du fond

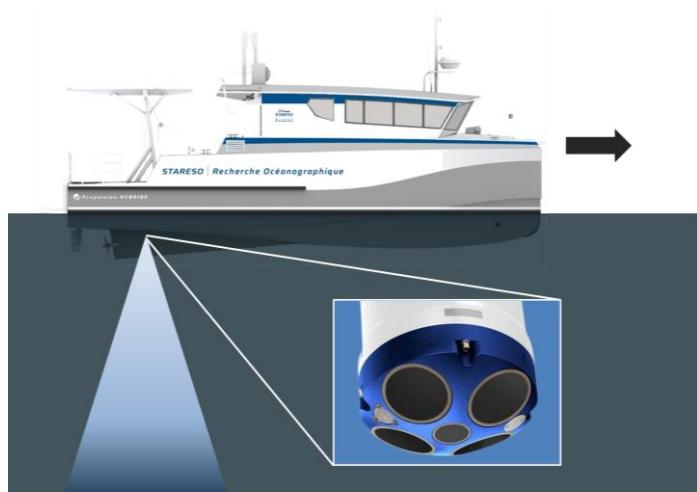
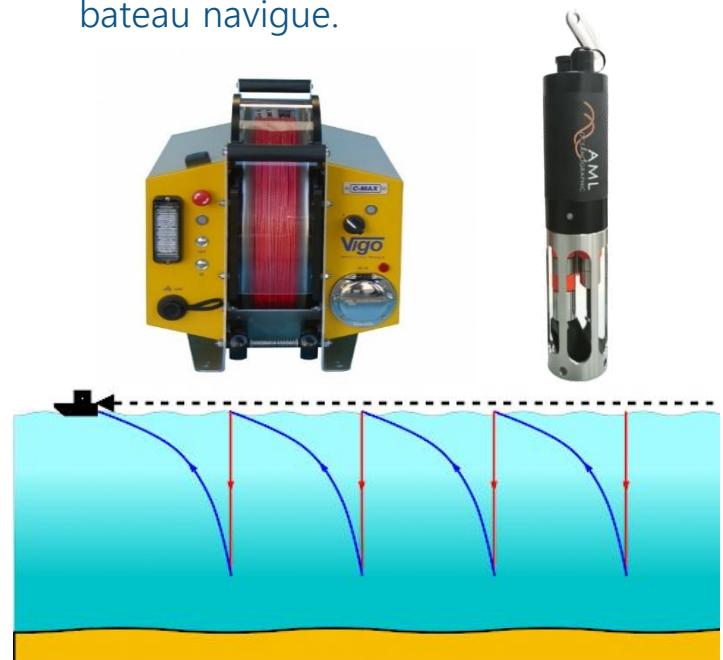


Schéma du déploiement de l'ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Sentinel V100 à bord du STARESO. L'ADCP est fixé tête vers le bas sur un mât via le puits central.

fond marin ("bottom-tracking"), grâce à un, grâce à un système de géoréférencement précis associant un GPS Furuno et un DGPS Hemisphere V500 fixés sur le bateau. Ce système présente l'avantage de pouvoir acquérir de la donnée en continu alors que le bateau avance et de pouvoir fonctionner en haute mer, même à grande profondeur. Un système de profilage dynamique composé d'un treuil VIGO de chez C-MAX, équipé de 500 m de câble et associé à une sonde multiparamétrique AML-6 logger. Cette sonde permet de mesurer plusieurs paramètres essentiels : température, salinité, concentration en chlorophylle *a* et *b*, ainsi que le positionnement GPS. Cette configuration présente l'avantage, tout comme l'ADCP, de pouvoir acquérir de la donnée en continu, en réalisant des profils verticaux formant des coupes transversales le long du transect d'observation alors que le bateau navigue.



Treuil dynamique VIGO C-MAX (en haut à gauche), sonde multiparamétrique AML-6 logger (en haut à droite) et schématisation de l'acquisition de données en continu en navigation (en bas).

Nouvelles perspectives pour la recherche marine en Corse

L'acquisition de ce navire représente une avancée majeure pour la recherche marine, tant dans la baie de Calvi, qu'à l'échelle de la Corse. L'acquisition complémentaire d'instruments de haute qualité, issus de marques renommées mondialement en instrumentation océanographique, garantit des données fiables et précises.

Cet ensemble permettra d'étudier aussi bien la **haute mer** que la **zone côtière** et pourra s'adapter à différents types de missions menées tout autour de la Corse, telles que des plongées scientifiques, des suivis de la mégafaune marine, l'étude des paramètres physico-chimiques et planctoniques de la colonne d'eau, l'étude de la courantologie, et bien d'autres qui pourront voir le jour avec l'appui de ce nouvel outil.



Un navire ouvrant de nouvelles perspectives d'étude aussi bien en zone côtière qu'en haute mer, doté d'instruments océanographiques fiables et de qualité

STARECAPMED

L'ensemble des travaux scientifiques réalisés dans le cadre du projet STARECAPMED sont compartimentés en une multitude d'axes de recherche et de travaux qui s'interconnectent. De plus, le projet se veut **évolutif** avec des axes de recherche évoluant au grès des avancées technologiques, méthodologiques et des pressions émergentes.

2012

	1 Suivi du cadre hydrographique et physico-chimique
	2 Suivi et quantification des pressions anthropiques
	3 Ecosystème planctonique
	4 Benthos de substrats meubles
	5 Benthos de substrats durs et faune vagile
	6 Zones protégées et recrutement
	7 Magnioliophytes marines et écosystèmes associés
	8 Mouillages et processus d'altération des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i>
	9 Ecotoxicologie et polluants émergents
	10 Bilan CO ₂ des écosystèmes

2024

	1 Météorologie
	2 Courantologie
	3 Physico-chimie de la colonne d'eau
	4 Phytoplancton et zooplancton
	5 Herbiers de posidonie et autres magnioliophytes
	6 Associations algales
	7 Benthos de substrats meubles
	8 Benthos de substrats durs
	9 Peuplements ichtyologiques
	10 Des espèces d'intérêt : recrutement, abondance et cycle de vie
	11 Bilan CO ₂ des écosystèmes
	12 Quantification des pressions anthropiques
	13 Ecotoxicologie et chaînes trophiques
	14 Pollutions (micro)plastiques et polluants émergents
	15 Restauration écologique
	16 Bancarisation et analyse de données
	17 Transmission de l'information, communication
	18 Suivi des espèces ALIEN
	19 Site atelier

AVERTISSEMENT

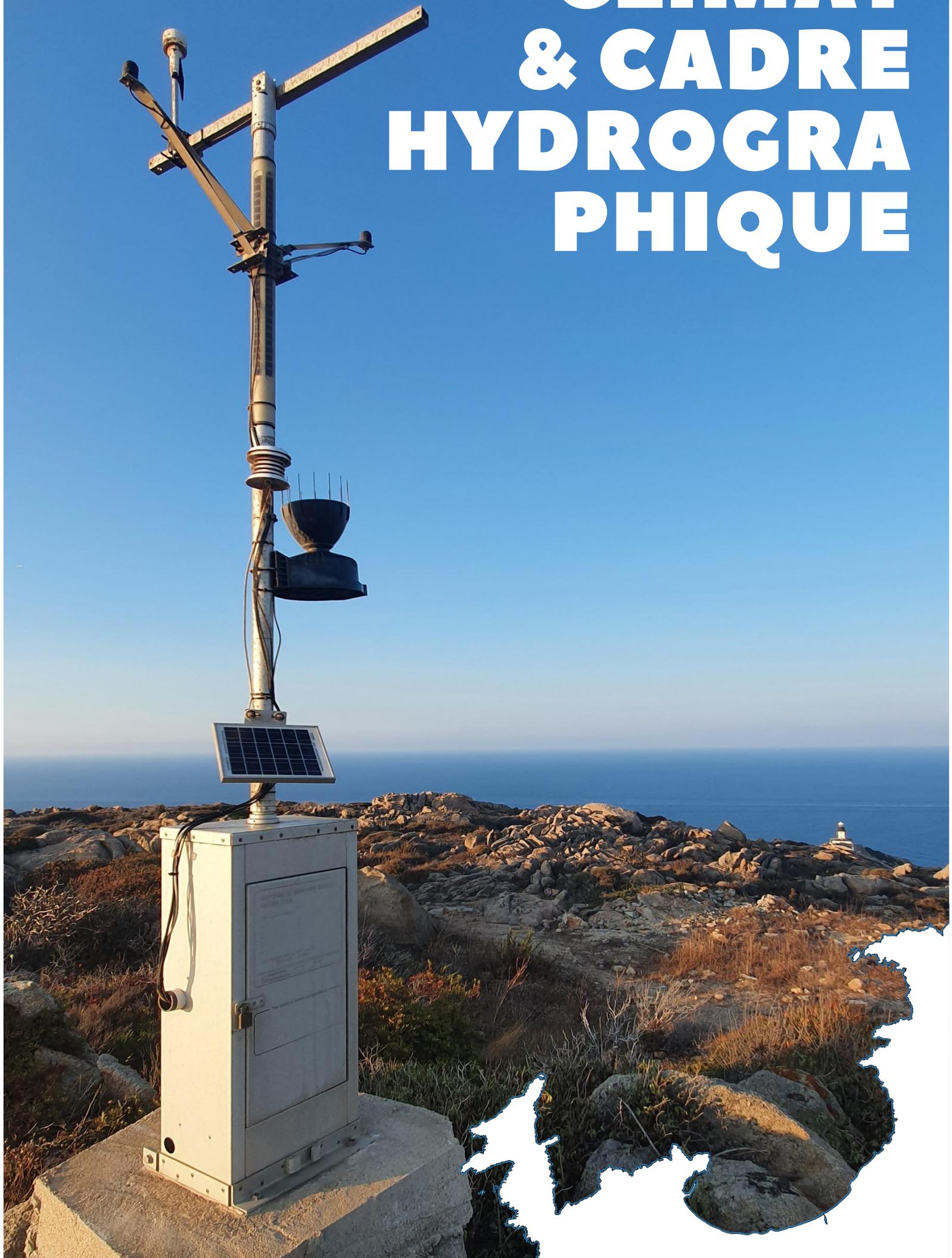
Le présent rapport ne peut, à lui seul, refléter toute la richesse du projet STARECAPMED. En 13 ans, STARECAPMED a développé une grande quantité de thématiques de recherche qui ont générés plusieurs centaines de milliers de données.

Afin de rester lisible, il a été choisi d'articuler ce rapport autour d'exemples ou de synthèses de travaux classés par grands compartiments écosystémiques ou domaines de recherche ou activités humaines :

• Climat & cadre hydrographique.....	20
• Le zooplancton.....	36
• La faune ichtyologique.....	45
• L'herbier de posidonie.....	69
• Les associations algales.....	102
• Des espèces d'intérêt : recrutement, abondance et cycle de vie.....	111
• Le benthos de substrats meubles.....	130
• Le suivi des espèces ALIEN.....	139
• Ecotoxicologie.....	145
• La pression de pêche.....	153
• La fréquentation plaisancière.....	162
• Des observations remarquables.....	172
• Le site atelier.....	189
• Sensibilisation & communication.....	193



CLIMAT & CADRE HYDROGRA PHIQUE



CLIMAT & CADRE HYDROGRAPHIQUE



Véritable colonne vertébrale de tout milieu marin interconnectant les dynamiques pélagiques et benthiques, la colonne d'eau, caractérisée par un large panel de phénomènes physico-chimiques et biologiques, joue un rôle déterminant sur la fonctionnalité écologique, le maintien de la biodiversité, et celle de la qualité des milieux. D'autre part, la colonne d'eau étant particulièrement réactive et sensible aux variations climatiques et de circulation, constitue une véritable sentinelle des variations environnementales. Le suivi du cadre hydrographique apparaît ainsi comme primordial à une interprétation efficace des

phénomènes observés au sein du règne animal et végétal et notamment de ceux étudiés dans le cadre des autres axes de travail réalisés à STARESO.

C'est ainsi que STARESO réalise le suivi à haute résolution temporelle et spatiale d'une multitude de paramètres physico-chimiques et planctoniques, y compris météorologiques, le climat affectant directement les dynamiques de la colonne d'eau.

Sélection d'aspects présentés

TEMPÉRATURE DE L'EAU

NIVEAU DE L'EAU

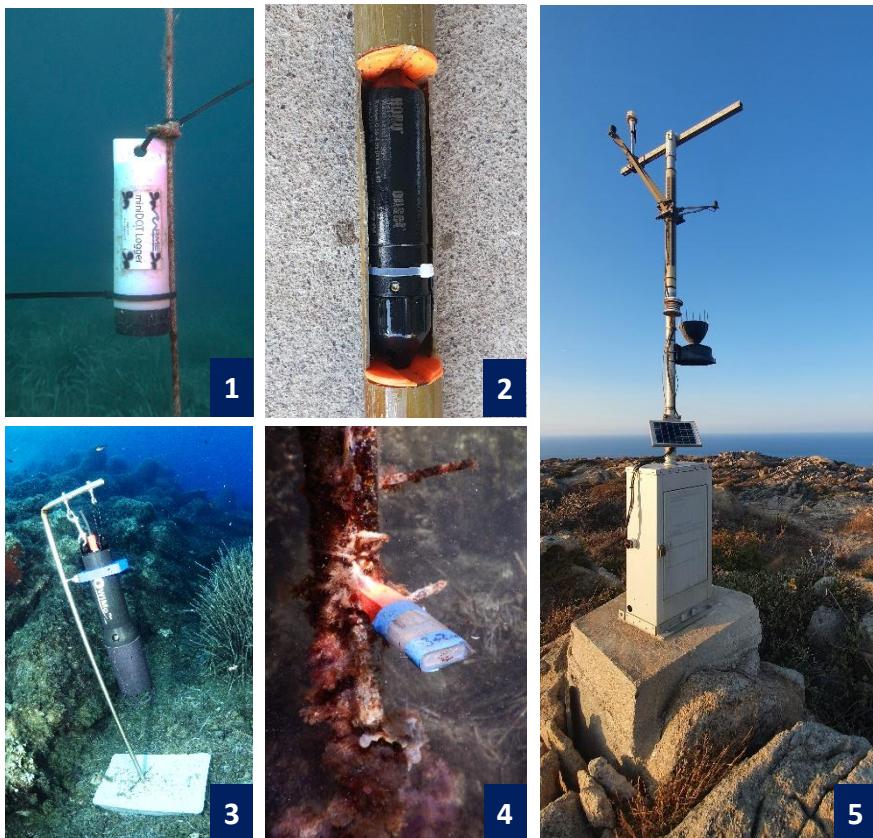
RÉGIME DES VENTS

EPISODES MÉTÉOROLOGIQUES INEDITS

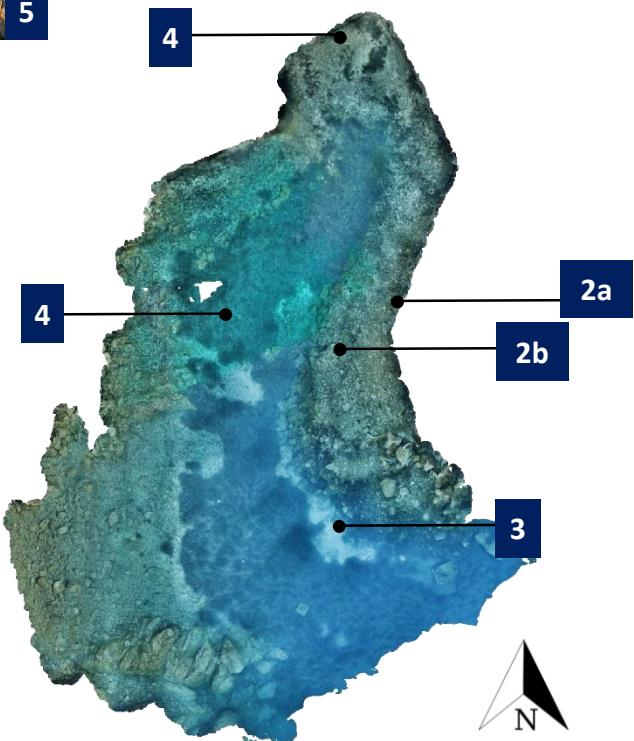
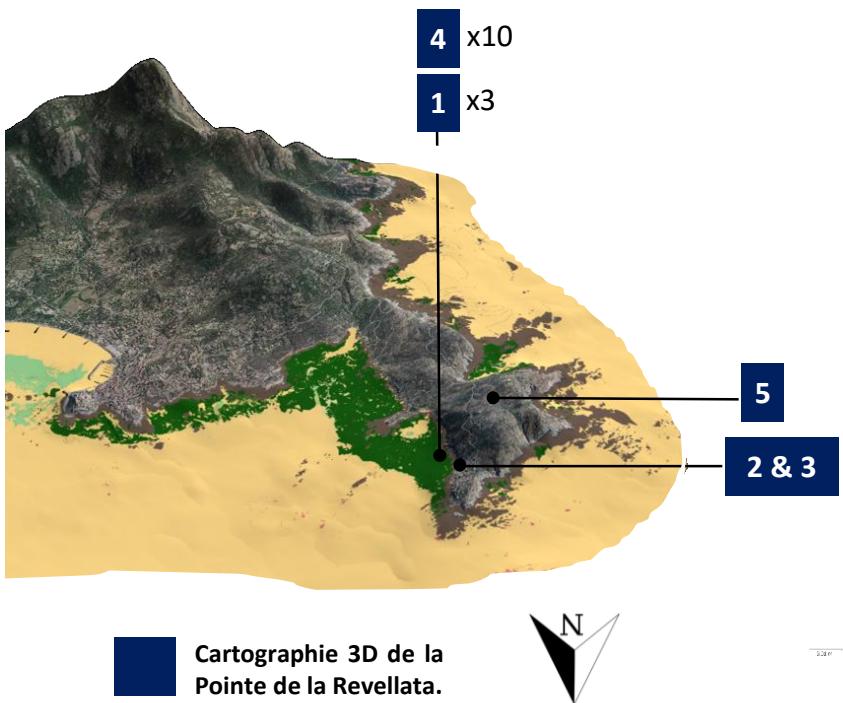
Des suivis en continu : enregistreurs fixes

Un suivi en continu est assuré par la mise en place de capteurs et systèmes d'enregistrements en continu sous l'eau (devant et au sein du port de STARESO et à la Revellata) mais aussi sur terre dont la fréquence d'enregistrement de la donnée varie de 10min à 1h selon les paramètres considérés.

Exemple de matériels utilisés pour le suivi en continu



- 1** Optodes puis miniDOT mesurant l'oxygène dissous à 4, 7 et 9m;
- 2** Loggers de pression et température de l'eau à 3m de type Onset HOBO (2a) et sonde mjK connectée à un serveur (2b);
- 3** Sonde multiparamétrique (5 capteurs) WIMO à 6m;
- 4** Loggers de température installés à 5 stations différentes, au-dessus et à la base de l'herbier à chaque station soit à 10 profondeurs différentes allant de 1m à 38m;
- 5** Station météorologique enregistrant 17 paramètres différents sur le sommet de la pointe de la Revellata.



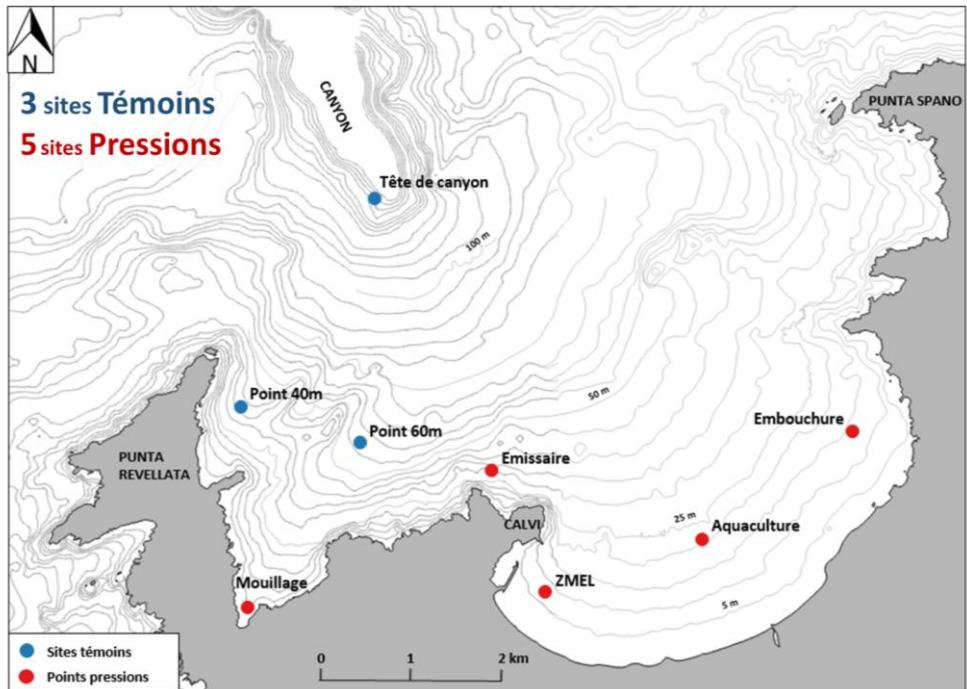
Des suivis réguliers : campagnes en mer

Un suivi régulier du cadre physico-chimique et planctonique est réalisé via des campagnes en mer à raison de deux campagnes par mois toute l'année.

 405 campagnes ont été réalisées de 2012 à 2024.

De plus, un trait horizontal de zooplancton est réalisé de façon hebdomadaire au niveau du site témoin Point 40m.

Ces prélèvements de données font suite à une acquisition de données ayant débuté avant le commencement de STARECAPMED (2012), permettant ainsi d'inscrire la donnée acquise dans un contexte temporel plus large.



Ensemble des 8 sites échantillonnés deux fois par mois toute l'année en bateau depuis 2012.

 Inventaire de l'effort d'échantillonnage concernant les paramètres physico-chimiques et planctoniques de la colonne d'eau dans le cadre de STARECAPMED (2012-2023) et depuis le début des acquisitions de la donnée (antérieure à 2012).

405 campagnes		Profils de sonde multiparamétriques	Traits de zooplancton	Prélèvements de phytoplancton	Dosages de nutriments
2012- 2024		2 848	772	3 214	16 070
Série temporelle complète (avant 2012)		2 847 (depuis 1979)	1 468 (depuis 2003)	6 233 (depuis 1979)	19 680 (depuis 1988)

LA TEMPERATURE DE L'EAU

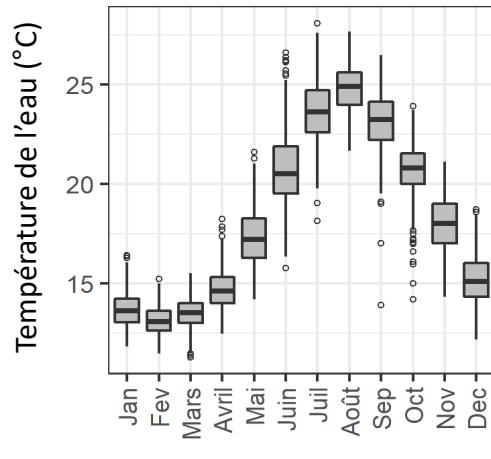
Température de l'eau : 44 ans de données à haute fréquence

La température de l'eau en subsurface (-3 m) est enregistrée depuis **octobre 1981** dans le port de STARESO et présente une moyenne de 18,2°C avec un record de 29,6°C à -3 m (30,1 °C à -1 m) (août 2024) et un minimum de 11,0 °C (mars 2010). Tout comme la température de l'air, les mois d'août et de février représentent respectivement les mois les plus chauds et froids,. Bien qu'une **tendance générale de +0,023 °C/an** caractérise les 4 décennies d'observations, celle-ci n'est pas linéaire et présente une rupture nette des tendances en 2010, notamment expliquée par une période particulièrement froide de mars 2007 à mai 2011. Celle-ci est synchrone avec une phase négative prolongée des Oscillations Nord-Atlantiques (NAO), soulignant l'influence de ce système climatique de large échelle même sur la Méditerranée nord-occidentale.

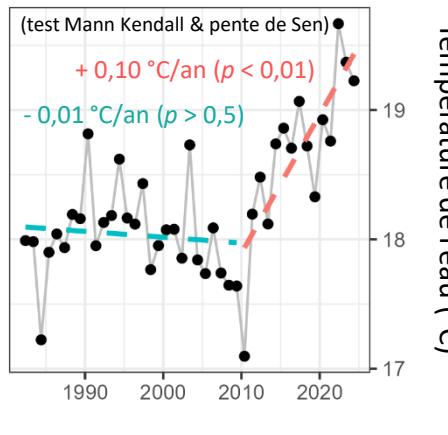
Depuis 2010, le **réchauffement est quasiment 5 fois supérieur (+0,10 °C/an)** à celui des 4 dernières décennies et notamment par un réchauffement des **étés de +0,16 °C/an** en particulier **les mois de juin et d'août**.

Tendances générales et saisonnières (test de Mann Kendall & pente de Sen) et moyennes des températures à -3m

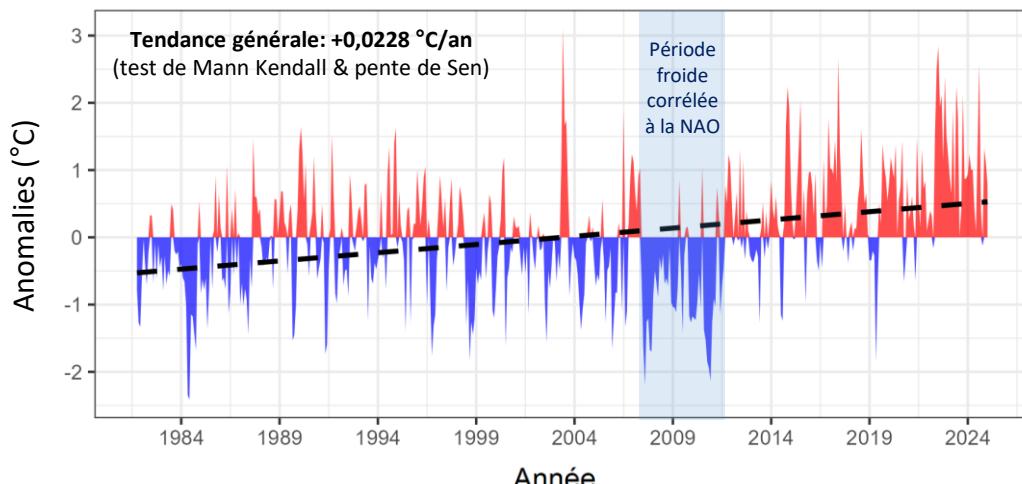
Périodes	Tend. °C/an	Temp. moy.
1982-2024	0,023	18,18
1982-2010	-0,013	18,03
2010-2024	0,104	18,65
Printemps	0,10	15,35
Eté	0,16	23,66
Automne	0,11	21,20
Hiver	0,13	14,37



A Cycle annuel moyen.



B Evolution des moyennes annuelles 1982-2023.



C Evolution des anomalies mensuelles de 1982-2024.

Moyenne annuelle de 18,2 °C avec un maximal saisonnier en août et un minimal en février

Augmentation générale de +0,023 °C/a

Réchauffement accru depuis 2010 (0,10 °C/an) surtout de l'été (0,16 °C/an)

Période froide de 2007 à 2011 corrélée à la NAO

Des événements extrêmes : les vagues de chaleur marine

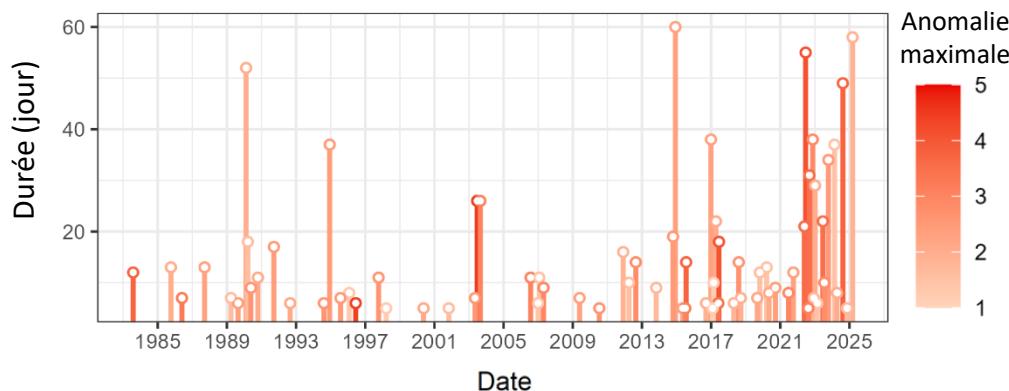
Outre l'augmentation générale de la température de l'eau, des vagues de chaleurs marines, définies comme des **périodes de fortes anomalies thermiques positives** (Hobday et al., 2016), constituent également un autre aspect du réchauffement marin. Ces canicules ont principalement lieu en été (surtout en août) mais peuvent en somme survenir toute l'année.

- Depuis 1982, 73 événements de canicules ont été identifiés représentant une durée cumulée de 1134 jours avec des anomalies positives allant de +1,2 à +4,5 °C et une durée allant de 5 à 60 jours consécutifs (Fig. A).
- L'une des vagues de chaleur marine les plus conséquente a été celle de l'été 2003, dépassant de 4,5 °C la moyenne climatique et ce durant 33 jours consécutifs (Garrabou et al., 2009). Cependant, 2022 constitue une année record en termes de jours cumulés de canicules (187 jours contre 59 en 2003), d'anomalies maximales de plus de 3 °C (contre 4,5 °C en 2003) et de températures maximales records (Fig. B) ayant engendrées des événements de mortalités massives (Fig. C) (Estaque et al., 2023).
- Le nombre de jours de canicule depuis 1982 augmente d'environ 6 jours de plus par décennie soit 2x fois plus que les augmentations

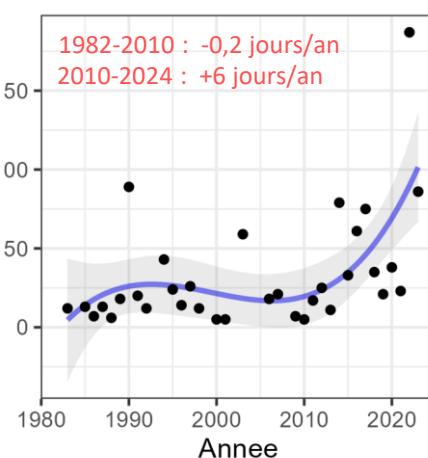
calculées à l'échelle de la Méditerranée 1982-2020 (Hamdeno & Alvera-Azcarate, 2023). Cette tendance est multipliée par plus de 6 fois depuis 2010 avec une augmentation de 60 jours par décennie.



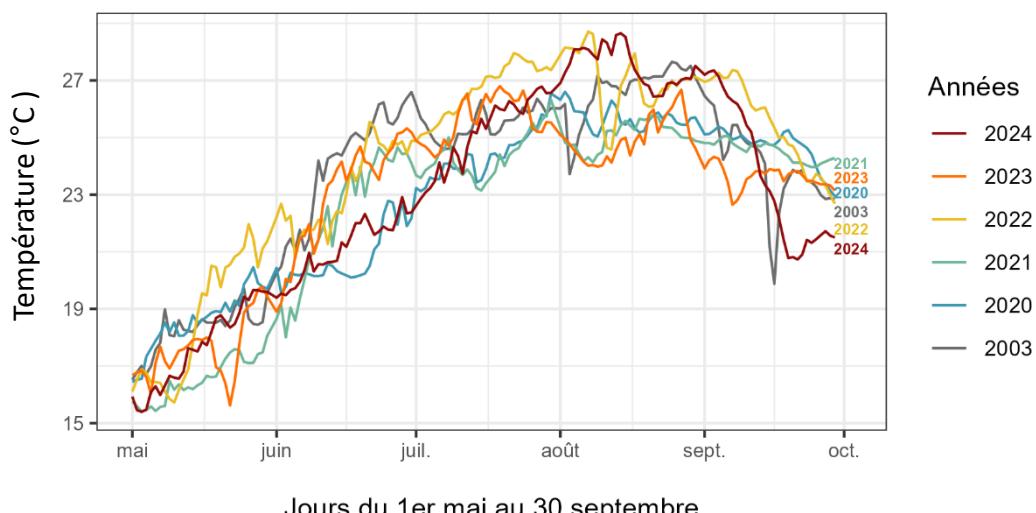
C Eponge nécrosée suite à l'été 2022.



A Événements de vagues de chaleur marine 1982 – 2024. Les anomalies maximales représentent la différence maximale avec la moyenne climatique.



D Evolution du nombre de jour de vagues de chaleur par an.



B Comparaison des températures estivales (du 1^{er} juin à 30 septembre) des années 2020 à 2024 et 2003.

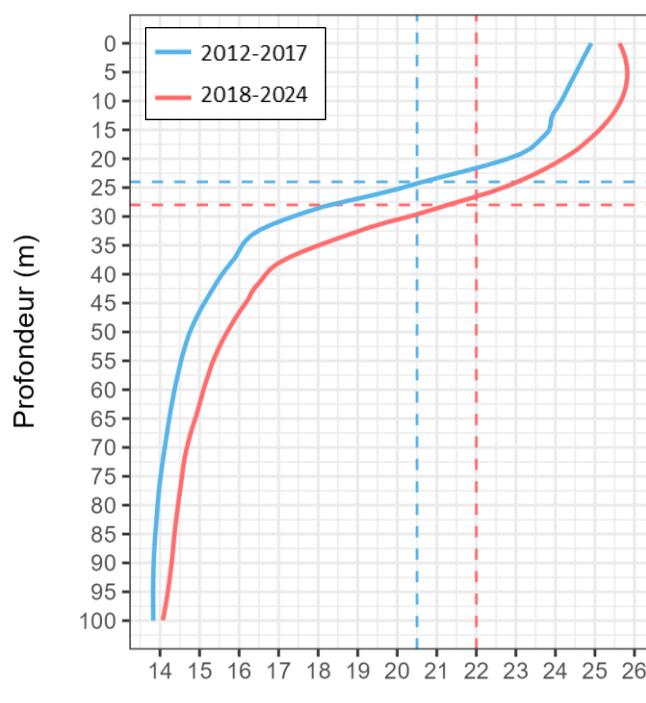
73 vagues de chaleur marines depuis 1982
+6 jours d'événements de plus par an depuis 2010
2003 et 2022 sont des années records

Une thermocline qui s'enfonce

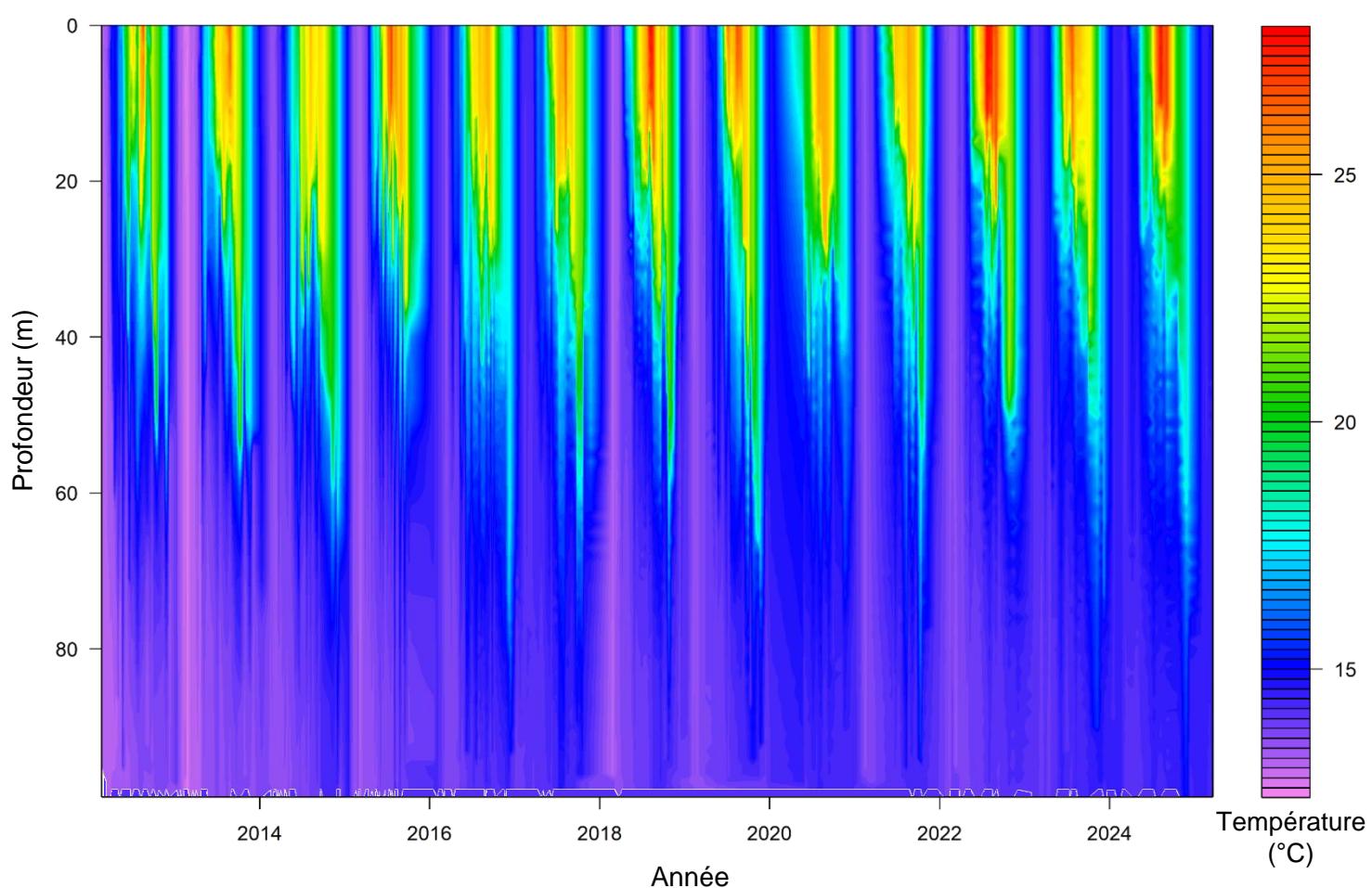
Au sein de la baie, la température de la colonne d'eau est mesurée à 8 sites différents dont les profondeurs varient entre 5 m et 120 m.

Le point de suivi sur 100 m "Tête de canyon" présente des caractéristiques océaniques malgré sa relative proximité à la côte. En effet, situé à l'entrée de la baie et proche de l'ouverture d'un canyon sous-marin (p.6), il est représentatif de masses d'eaux plus profondes, notamment celles remontant par le canyon et alimentant ainsi la baie avec des eaux riches en nutriments.

L'analyse des **393 profils** de sonde effectués à ce site depuis 2012 revèle notamment un **approfondissement de la thermocline**, au mois de juillet, septembre et, surtout, août. En effet, les thermoclines moyennes de 2012 à 2017 sont en moyenne 4 m plus profondes que celles de 2018 à 2024 pour le mois d'août.

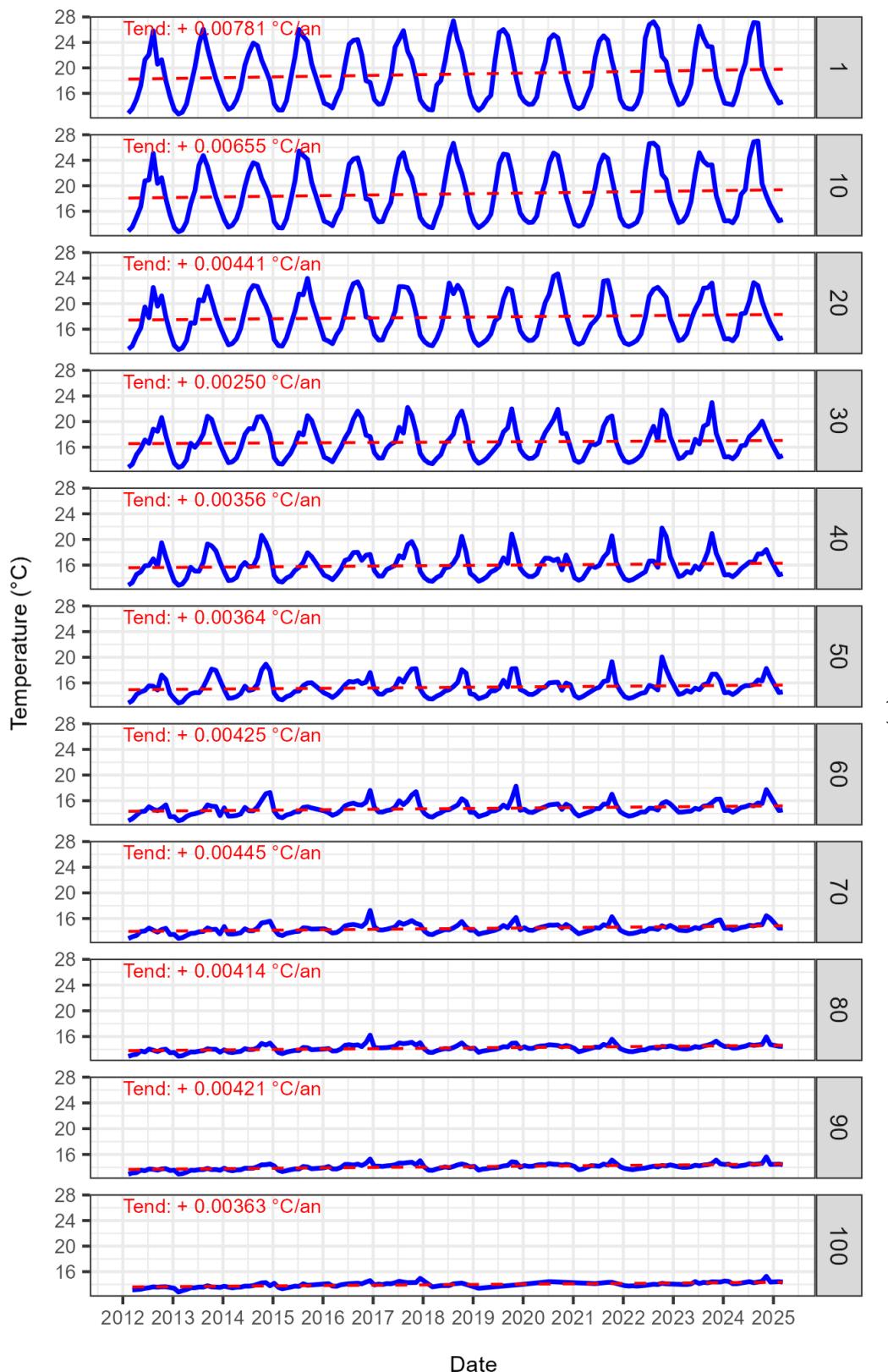


Evolution des profils moyens de température d'août (les thermoclines sont indiquées en pointillés horizontaux).



Evolution de la température sur les premiers 100m au point Tête de canyon intégrant 393 profils de sonde réalisés de 2012 à 2024.

Des tendances différentes selon la profondeur



Evolutions 2012-2024 de la température de l'eau (bleu) à TC100 en fonction de la profondeur (1 m à 100 m) superposées aux tendances (rouge) (pente de Sen et test de Mann Kendall) calculées après désaisonnalisation bimensuelle des séries temporelles.

Les tendances depuis 2012 caractérisant les séries temporelles de la température de l'eau varient en fonction de la profondeur le long des 100 premiers mètres.

Bien que les réchauffements soient maximaux pour les 10 premiers mètres ($0,078\text{ °C / décennie}$), une tendance significative à l'augmentation caractérise également les eaux profondes à 100 m. Cependant, cette augmentation n'est que de l'ordre de $0,036\text{ °C par décennie}$.

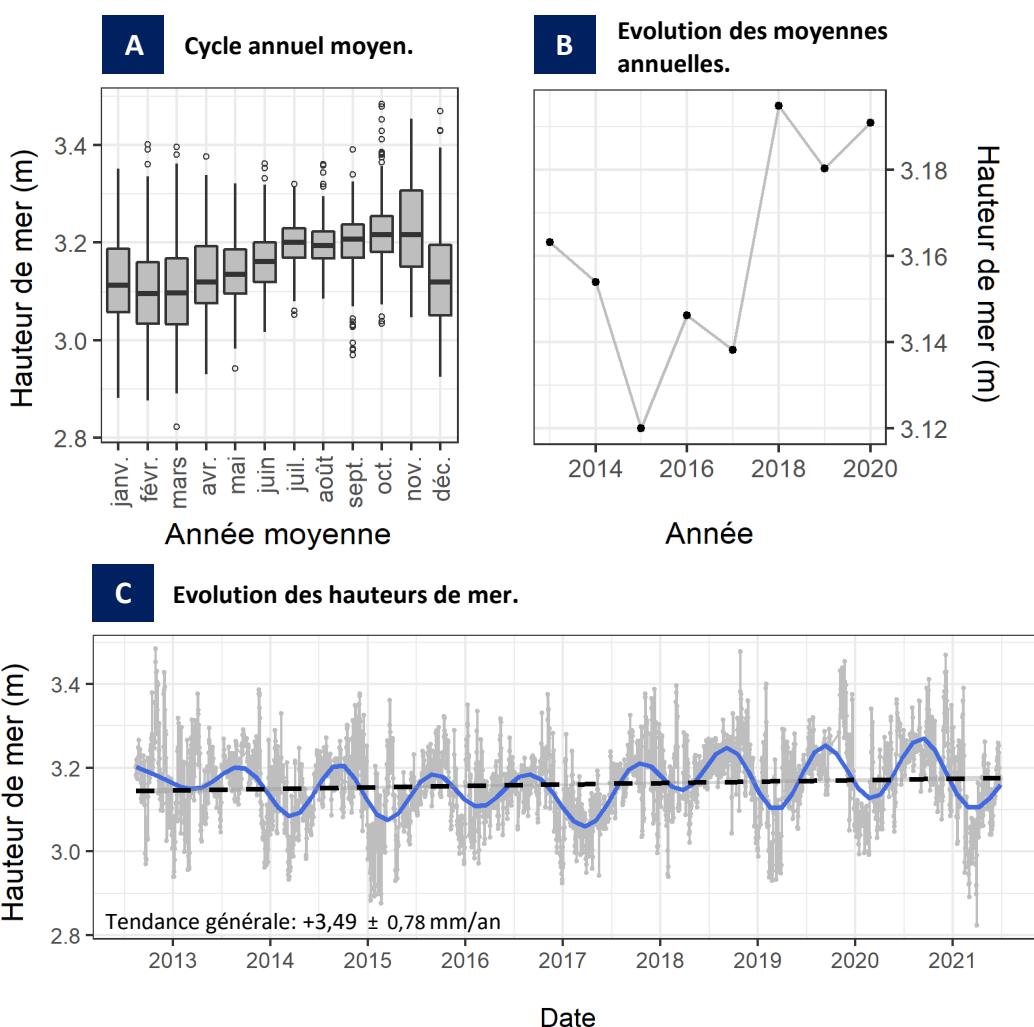
Approfondissement de la thermocline l'été, surtout en août, de plus d'1 m/an

Tendances de réchauffement hétérogènes le long de la colonne d'eau (0 – 100 m) avec un réchauffement même à 100m de de 0,0036 °C/an

LE NIVEAU MARIN

Caractéristiques et évolution du niveau marin

L'élévation du niveau de la mer est principalement causée par la dilatation des océans résultant de l'augmentation de la température de l'eau, mais aussi de la fonte des calottes glaciaires. Dans le Nord-Ouest méditerranéen, des tendances d'élévation de +1.08 mm/an de 1849 à 2012, et de +3.4 mm/an de 1990 à 2009, ont été respectivement mesurées à Marseilles (Wöppelmann et al., 2014) et à l'Estartit (Calvo et al., 2011). STARESO participe également au suivi du niveau marin en Corse en enregistrant toutes les 10min dans le port de STARESO la température et la pression de l'eau avec deux sondes fixes. Une sonde de pression atmosphérique fixée sur le mur du quai permet de calculer la hauteur d'eau sur base de la différence de ces deux pressions. Ces données à haute résolution temporelle permettent à la fois une analyse fine sur des fenêtres de temps précises ainsi qu'un suivi de l'évolution sur le long terme.



Figures : Analyse de la hauteur de mer avec A) le cycle annuel moyen (les lignes horizontales et les cercles représentent respectivement la médiane et les extrêmes; les boîtes contiennent 75% de la donnée), B) l'évolution des moyennes annuelles et C) l'évolution du niveau marin composée de 332 217 mesures (en gris), lissée (bleu) et dont la tendance générale est indiquée par une régression linéaire (pointillés noirs).

Quai du port de STARESO.



L'analyse de données de 2012 à 2020 permet d'apprécier la variation saisonnière du niveau marin d'une amplitude moyenne de 10 cm, avec un maximum et un minimum respectivement en automne et en hiver (Figure A). Ce phénomène est dû pour une large part à l'**expansion et contraction thermique** de l'eau (effet stérique) sous l'effet de variations de température.

En termes d'évolution sur le long terme, une **augmentation significative de +3,5 mm/an** caractérise la période 2012 – 2020 à Calvi soit une élévation d'environ 2,4 cm en 7 ans.

Augmentation moyenne de 3,5mm/an de 2012 à 2021

Cycle saisonnier avec maximum et minimum respectivement en automne et hiver

LES VENTS

Les vents dominants

Calvi est principalement balayé par les vents du Libecciu, vent provenant du secteur Sud-Ouest (à tendance Ouest à Calvi), constituant en moyenne 35% des vents (18% pour le secteur Ouest), avec une vitesse moyenne annuelle de 25,9 km/h. Il s'agit du vent dominant, tout particulièrement en hiver, été et printemps.

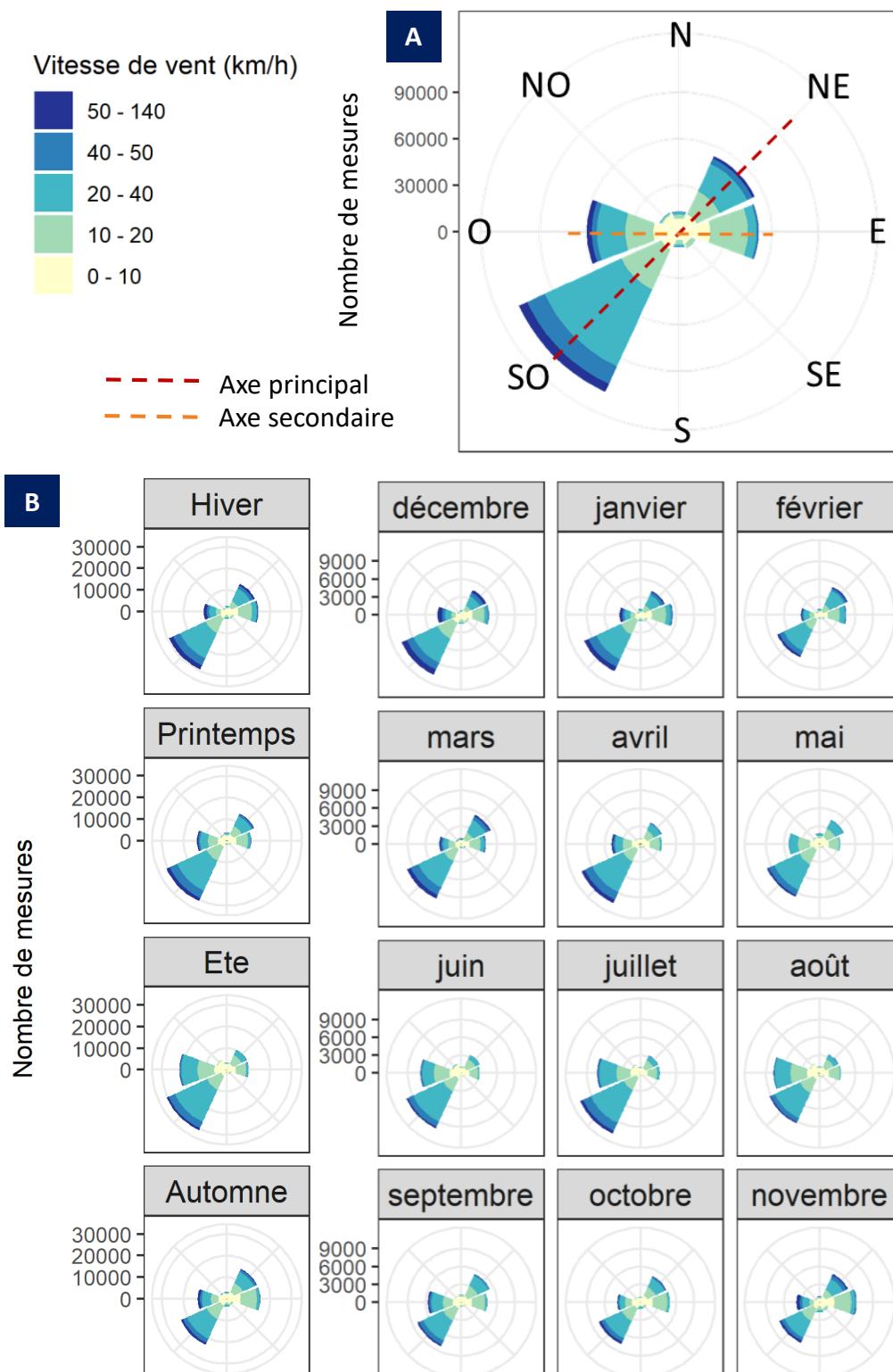


Figure : Description des caractéristiques moyennes A) générales, B) saisonnières et mensuelles du régime des vents de 1998 à 2023;

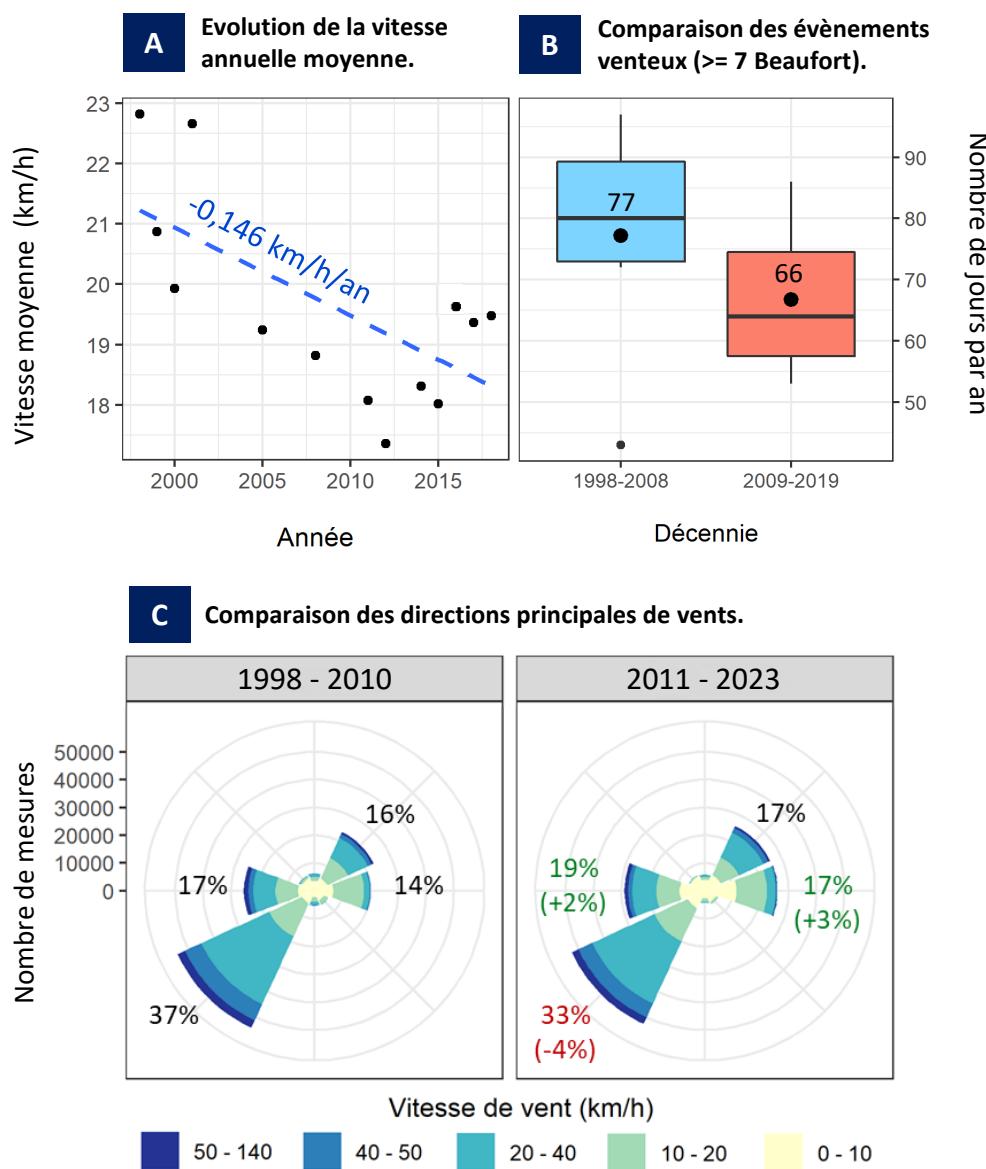
Une saisonnalité du régime

De septembre à octobre, le régime des vents dominants est moins unidirectionnel: Libecciu et Grecale (Nord-Est) s'opposent de façon plus ou moins égale en termes de fréquence et d'intensité, le Grecale soufflant en moyenne à 21,3 km/h tout au long de l'année et constituant 16% des vents. De même, les vents d'Ouest et d'Est s'opposent tout le long de l'année formant l'**axe secondaire des vents**. Toutes directions confondues les mois caractérisés par la vitesse de vents la plus importante sont les mois de décembre (22,4 km/h), janvier (21,7 km/h) puis mars (21,6 km/h). C'est cependant au mois de décembre qu'ont lieu les intensités maximales à la fois en termes de rafales (140 km/h en décembre 1999) et de moyennes mensuelles (29,6 km/h). Inversement, les mois pour lesquels la vitesse des vents est en moyenne la plus faible sont les mois d'août (16,6 km/h) et de mai (17,3 km/h) (Fig. A et B).

Vents dominants: Sud-Ouest > Ouest > Nord-Est
Saisonalité du régime avec opposition des vents dominants SO-NE en automne
Vitesses maximales en décembre > janvier > mars

Modification du régime des vents

Avec plus de 20 ans de mesures à haute-fréquence, des changements du régime des vents à la fois en termes de direction et d'intensité sont observés. En effet, une tendance à la **diminution des vitesses moyennes** de vents de $-0,146 \text{ km/h/an}$ caractérise ces 2 dernières décennies (Fig. A). Cette diminution générale de l'intensité moyenne est notamment expliquée par une légère baisse des événements de vents de fortes intensités. En effet, le nombre de jour par an caractérisé par des événements de vents d'une vitesse supérieure ou égale à 7 Beaufort (Fig. B) a été plus faible cette dernière décennie comparée à celle de 1998-2010. Une analyse des fréquences des vents en fonction de leur direction souligne une **diminution des vents du Libecciu (SO)** de 4% à profit d'une



Figures: Evolution temporelle sur 20 ans des vents représentée par A) la tendance de l'intensité annuelle des vents, B) la comparaison des jours caractérisés par des événements de vents dont la vitesse est supérieure ou égale à 7 Beaufort (soit 50km/h) avec les moyennes (points) ainsi que C) la comparaison des fréquences des vents en fonction de leur direction et des décennies;

augmentation de la fréquence des vents d'Est (+3%) et d'Ouest (+2%) entre 1998-2008 et 2009-2019. Il y a donc eu une augmentation de l'occurrence des vents de l'axe secondaire (O-E) au détriment du Libecciu et de l'axe principal (SO-NE) (Fig. C). Une telle modification de l'intensité mais aussi de la direction des vents peut notamment moduler la courantologie et les phénomènes de remontée d'eaux profondes (upwelling) qui enrichissent les eaux superficielles de l'espace côtier via l'apport en sels nutritifs.

Port de STARESO en mars 2010 recevant des rafales de 80km/h du secteur Nord-Est.



Diminution des vitesses moyennes de vents et de l'occurrence d'évènements venteux ($>50\text{km/h}$)

Modification des directions de vents avec une augmentation de la contribution des vents d'Est et d'Ouest

UN CAS D'EVENEMENTS METEOROLOGIQUES REMARQUABLES

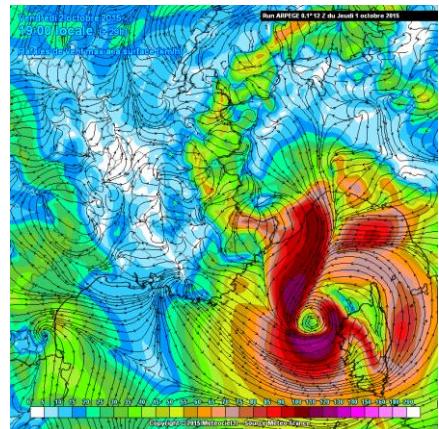
Episodes méditerranéens tels que les médianes

La fréquence et l'intensité des événements météorologiques violents sont communément prévus d'augmenter à l'avenir, bien que les projections futures demeurent, dans l'ensemble, très incertaines (e.g. Tilinina et al., 2013 ; Zappa et al., 2013). Parmis ces événements extrêmes en Méditerranée, des ouragans méditerranéens appelés "médicane" (contraction de "Mediterranean hurricane") font l'objet d'une attention particulière. Ces dépressions subtropicales dits à centre chaud donnent lieu à une activité orageuse intense et présentent des caractéristiques se rapprochant de celles d'un cyclone de type tropical sans pour autant en atteindre l'envergure ni la puissance. Tirant une partie de son énergie de la chaleur de la mer, un médicane se forme entre 1 à 2 fois par an en Méditerranée (Cavicchia et al., 2014), principalement à la fin de l'été ou à l'automne lorsque la Méditerranée est encore chaude et que de l'air froid en altitude vient déstabiliser la masse d'air. Or une tendance de réchauffement de l'eau de surface et de l'air concerne en particulier la période automnale avec l'élargissement de la saison estivale. Des simulations montrent que cette augmentation de la durée de la saison estivale a une importante influence sur l'intensité de ces événements (Gaertner et al., 2016; Tous et al., 2016; Noyelle et al., 2018) qui sont prévus d'être tout aussi voire moins fréquents mais plus violents avec des phénomènes extrêmes (>30m/s).

La Corse se présente comme particulièrement menacée par ce genre d'événements météorologiques extrêmes. En effet, en dépit des différences d'approches et de périodes considérées, la quasi-totalité des études s'accordent sur une répartition spatiale des médianes identifiant la Méditerranée Occidentale et la mer Ionienne comme étant les aires de préférence (Cavicchia et al., 2014 ; Tous & Romero, 2013 ; etc.). De plus, les médianes se forment au-dessus des eaux chaudes et atteignent donc en premier, c'est-à-dire lorsqu'ils sont au maximum de leur intensité, les régions côtières. Enfin, ces dernières sont d'autant plus violemment touchées par ces phénomènes à cause de leur exposition à la houle et aux inondations.

L'analyse et la comparaison de 2 événements remarquables ayant touché la Corse dernièrement, un médicane dont "l'oeil" est passé proche de Calvi en Octobre 2015 et la tempête Adrian –non médicane- en Octobre 2018, permettent d'apprécier les particularités de chacun d'eux. Alors que la tempête Adrian est caractérisée (à Calvi) par une très forte dépression, une forte baisse de la température de l'air et des rafales de vents importantes, l'événement médicane en 2015 se démarque en effet par l'absorption de l'énergie de la chaleur de la mer entraînant la chute brutale de la température de l'eau d'environ 6°C en seulement 4 jours.

Rafales de vents maximales à la surface le 2 octobre 2015 (source: Météociel.fr).

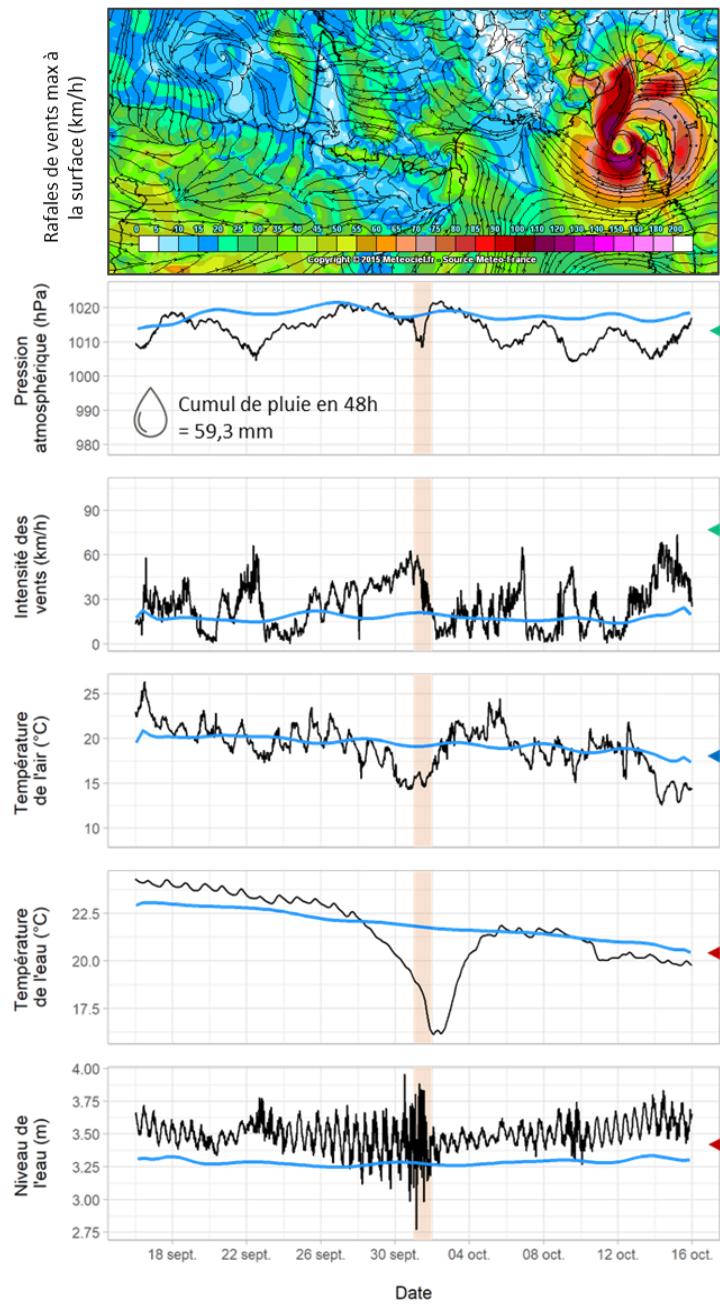


Dégâts à Ajaccio suite au passage de la tempête Adrian.

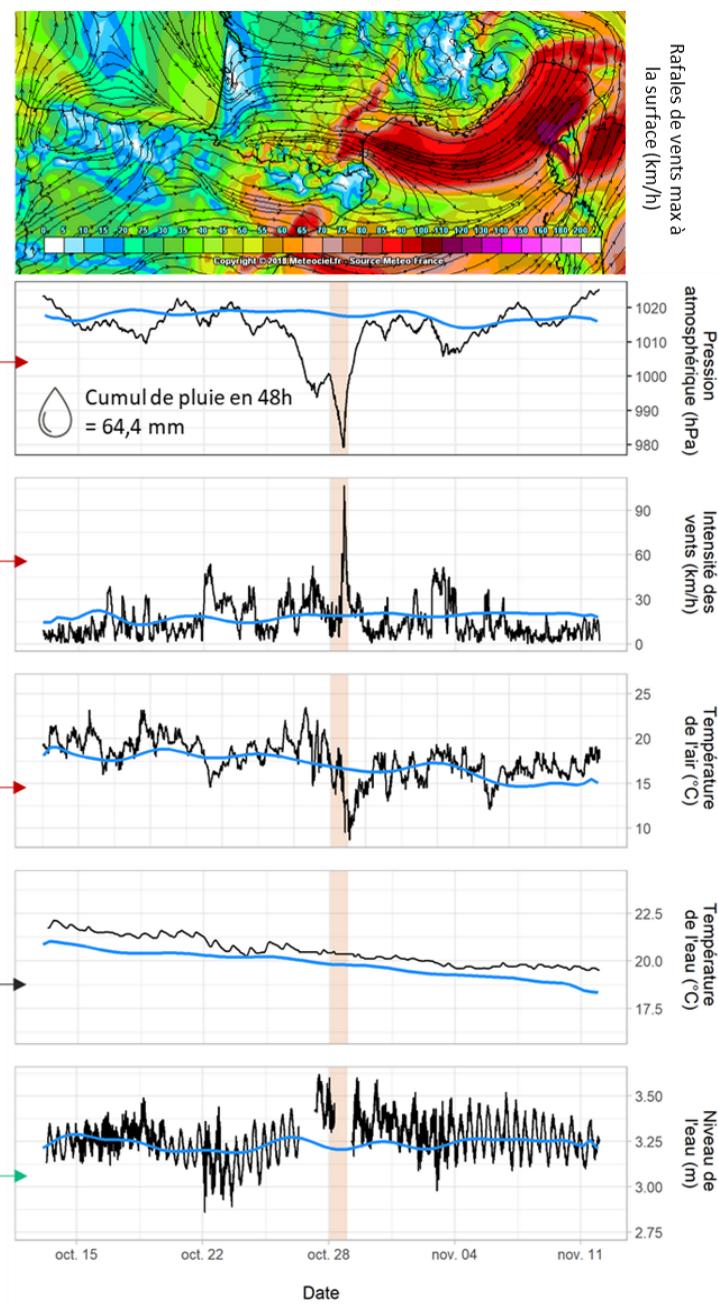


Favorisée par l'augmentation des températures de l'eau en automne, l'intensité de tempêtes de type "médicane" pourraient augmenter et notamment touchée la Corse

2 Octobre 2015 : tempête de type médicane



29 Octobre 2018 : tempête Adrian



Comparaison de deux événements météorologiques remarquables tels qu'enregistrés à Calvi avec la mise en valeur du jour de l'événement (zone rosée) et des caractéristiques de différents paramètres météorologiques et hydrographiques dont la moyenne climatique à cette époque sont représentées par la ligne bleue.

On observe une absorption de l'énergie thermique marine lors du médicane en 2015, entraînant une chute de la température de l'eau. Ce phénomène n'est en l'occurrence pas observé lors de la tempête Adrian en 2018, bien que les rafales de vents alors aient été plus fortes.

LIEN ENTRE LA TEMPERATURE ET UN EVENEMENT INEDIT

Derecho du 18 août 2022: un évènement inédit

Le 18 août 2022, la Corse a été frappée par une tempête exceptionnelle avec des rafales de vents de 225 km/h à Marignana ou 197 km/h à Calvi. De telles valeurs de rafales n'avait jamais été observées auparavant en métropole. Cet évènement, dont l'intensité tout à fait exceptionnelle n'avait pas pu être anticipée pour différentes raisons, a laissé derrière lui cinq victimes (en Corse) et des dégâts considérables.

Ce phénomène exceptionnel a pu par la suite être qualifié de « **derecho** », une ligne de grain en forme d'arc étendu associée à des vents très violents et se déplaçant rapidement pendant plusieurs heures.



Les mécanismes sous-jacents à cet évènement inédit seraient une combinaison de facteurs météorologiques avec 1) une masse d'air très chaude et humide qui s'était accumulée dans les basses couches de l'atmosphère depuis plusieurs jours et 2) des eaux de surface extrêmement chaudes en Corse, mer Ligure et mer Tyrrhénienne, avec des températures dépassant les 29°C.

Ces conditions ont fourni une grande quantité d'énergie thermique à l'atmosphère, agissant comme un carburant pour intensifier les mouvements de convection, qui sont un mécanisme clé dans la formation et l'intensification des orages. Certains évènements, tels que les **médianes**, sont d'ailleurs capables de faire chuter brutalement les températures de l'eau en absorbant l'énergie thermique disponible en mer.



Les dégâts ont été particulièrement considérables au village de Girolata.



Port de STARESO durant la tempête le 18 août à 9h19.



Arrivée du mur tempétueux sur les Sanguinaires, Ajaccio, le 18 août à 7h45 avec des rafales sur place à 158 km/h (crédit photo : Paolini Photographie).

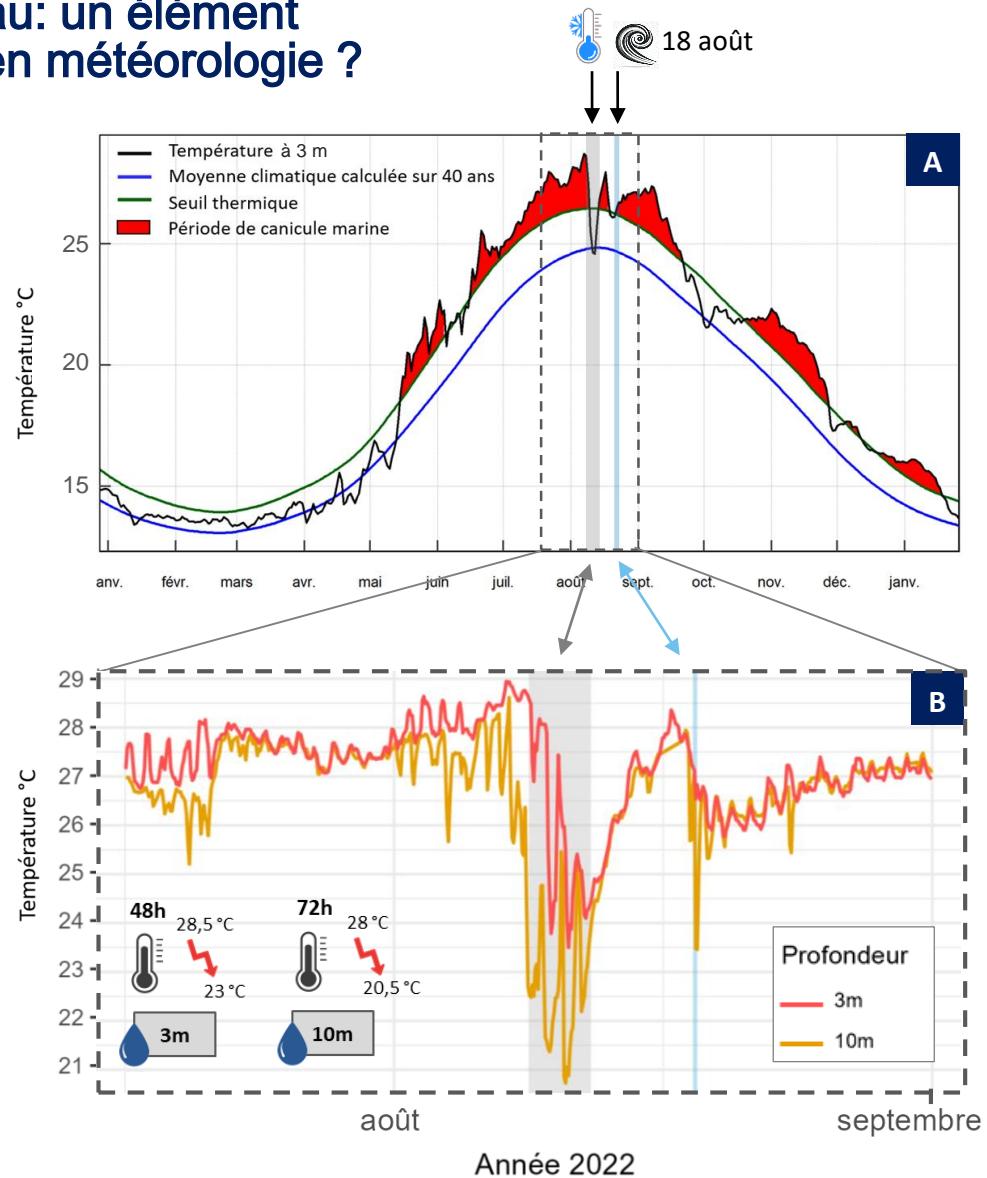
La température de l'eau: un élément prédictif sous-estimé en météorologie ?

La mesure à haute résolution temporelle, sur le long-terme et à différente profondeur de la température de l'eau a permis de constater une chute brutale de la température de l'eau quelques jours avant l'évènement tempétueux du 18 août.

Plus précisément, la température de l'eau à 3 m et à 10 m a chuté de 5,5 °C en 48h (du 9 au 11 août) et de 7,5 °C en 72 h (du 8 au 11 août), respectivement.

En 42 ans d'acquisition continue de la température de l'eau en subsurface, il a été comptabilisé 9 événements où la température de l'eau en subsurface a chuté d'au moins 5 °C en seulement 48 h. Ces chutes surviennent toujours entre juin et novembre et sont généralement liées à des coups de vent, refroidissant la température de l'eau en surface. Or aucun coup de vent particulier n'avait précédé cette chute, les vitesses de vent plafonnant à 30 km/h depuis le début du mois d'août.

Par ailleurs, certains de ces refroidissements brutaux sont directement engendrés par des événements tempétueux, soit par les rafales de vent refroidissant les couches superficielles (bien que ça ne soit pas toujours le cas, exemple avec la tempête Adrian, voir page suivante), soit lorsque l'évènement tempétueux tire en partie son énergie de la température de l'eau en surface tel que lors du médicane survenu



Température de l'eau A) à 3 m sur l'ensemble de l'année 2022 avec les périodes de canicules marines calculées selon Hobday et al., 2016, B) moyennées toutes les 2h à 2 profondeurs différentes du 15 juillet au 31 août 2022; la période de chute de la température est grisée et l'évènement tempétueux du 18 août apparaît en bleu

en octobre 2015 (voir page suivante).

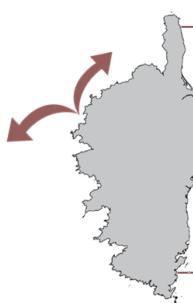
Quoiqu'il en soit, une analyse approfondie intégrant notamment des experts en météorologie et des données satellitaires est en cours. Celle-ci permettra de mieux comprendre cet évènement et surtout de définir si la surveillance de la température de l'eau pourrait à l'avenir constituer un outil prédictif de tels évènements inédits et difficilement prévisibles.

Une chute particulière de la température de l'eau avant une tempête exceptionnelle

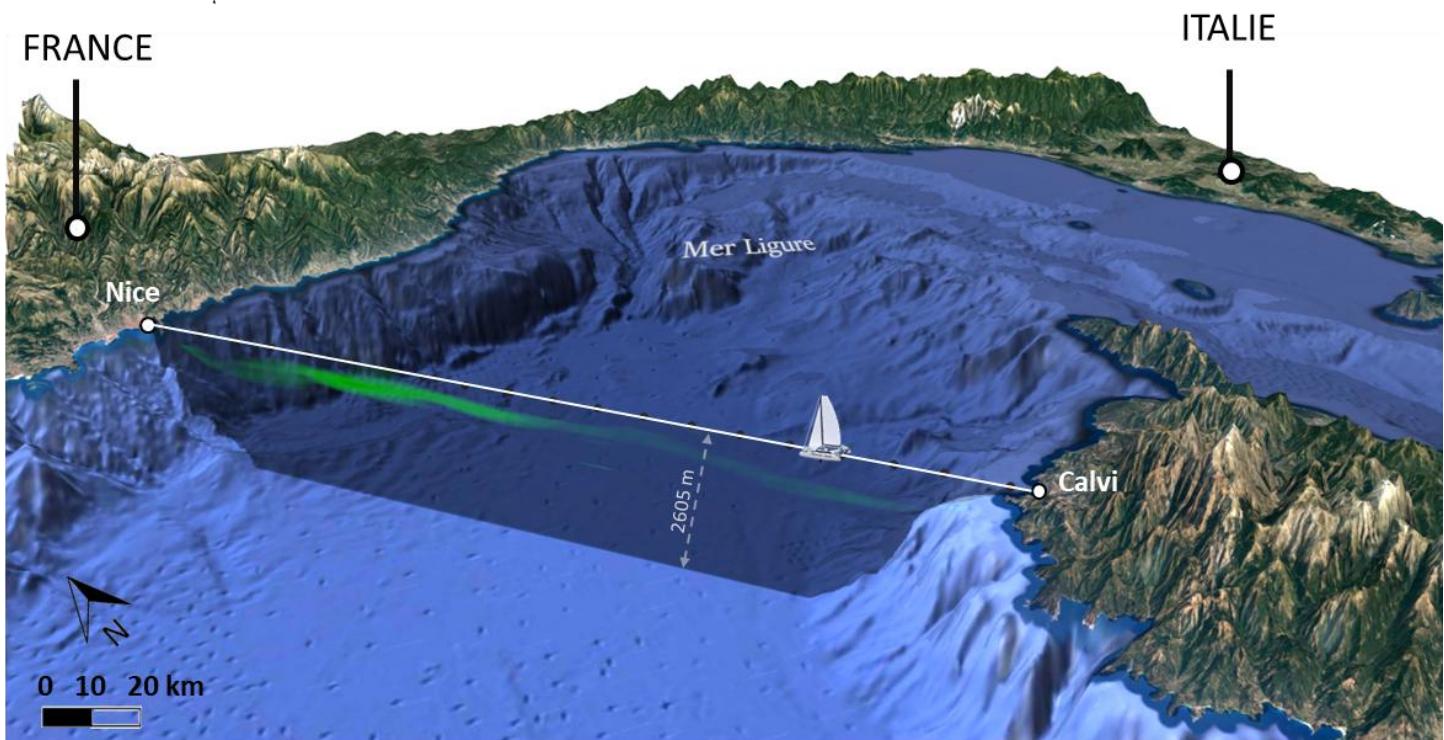
La température de l'eau: un outil prédictif pour de tels évènement inédits et actuellement imprévisibles ?

La complémentation des enregistrements en continu avec la collecte de données via les suivis réguliers en mer permet ainsi :

- 1) De définir les dynamiques de la colonne d'eau, véritable colonne vertébrale structurant le milieu marin. La caractérisation de paramètres majeurs du cadre hydrographique et climatique de la baie permet d'appréhender le fonctionnement de celle-ci, et ainsi de contextualiser et interpréter des phénomènes et tendances observées mais aussi de mieux discriminer les impacts imputables aux pressions anthropiques de celles imputables aux processus naturels ou du changement climatique.
- 2) D'identifier les évolutions et les tendances de la colonne d'eau sur le long-terme mettant en évidence et quantifiant certains aspects du changement climatique, ce qui finalement permet la considération d'impacts engendrés sur les écosystèmes nécessaire à l'encouragement et à la formulation de dynamiques d'adaptation;
- 3) D'assurer une vigilance sur les événements conjoncturels et ponctuels allant de phénomènes météorologiques violents tels que les médianes à des événements de canicules sous-marines.



CAP SUR L'EXPORTATION :
l'expertise générée via ces années de suivis est désormais exportable et exportée vers d'autres sites autour de la Corse, à la fois sur des zones côtières comme hauturières.



Radiale Nice-Calvi réalisée en mai 2023 : une coupe transversale de la colonne d'eau au niveau de la radiale montre la distribution des concentrations en chlorophylle *a* (en vert).

LE ZOOPLANCTON



LE ZOOPLANCTON EN BAIE DE CALVI



Parmi les grands compartiments constituant l'écosystème méditerranéen, celui du zooplancton fait parti de ceux étudiés historiquement à STARESO.

Le zooplancton correspond aux organismes animaux faisant parti du plancton. La définition du plancton a changé de multiples fois depuis sa première description scientifique par Victor Hensen en 1887. Dans sa définition moderne, le plancton désigne tous les organismes en suspension dans la colonne d'eau, ne pouvant pas nager contre les courants et vents, y compris les organismes de grande taille.

Dans la pratique, ces organismes sont souvent mobiles à la fois à petite échelle, comme par exemple pour l'alimentation et la reproduction, et à plus grande échelle durant la migration nychémérale - un aller-retour vertical quotidien des profondeurs vers la surface ayant

lieu principalement la nuit.

Bien qu'étudié sporadiquement depuis la création de la station en 1972, le mészozooplancton (0.2 à 20 mm) est échantillonné à fréquence hebdomadaire depuis 2003. Ces échantillonnages constituent une série temporelle aux enjeux multiples, permettant d'étudier la saisonnalité et les changements sur le long terme des communautés de zooplancton, en lien notamment avec les autres compartiments suivis par le programme STARECAPMED. Parmi les organismes retrouvés dans les échantillons, certains font parti du méroplancton, regroupant toutes les larves de futurs organismes benthiques ou pélagiques. Le suivi de celles-ci ajoute à la compréhension de l'écologie des espèces marines de Méditerranée et présente un enjeu d'évaluation anticipé des stocks halieutiques et de suivi de progression d'espèces invasives.

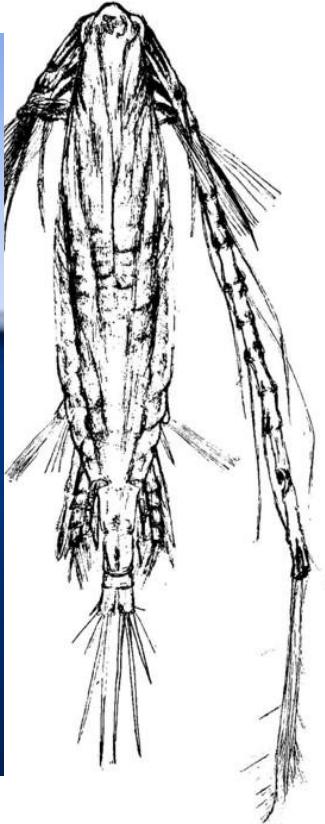
Un suivi ciblé des méduses *Pelagia noctiluca* a par ailleurs été mis en place depuis quelques années. Ces méduses très communes présentent des enjeux écologiques et socio-économiques justifiant leur suivi. Une application mobile a été développée à cette fin pour faciliter la saisie de données sur téléphone, alimentant automatiquement un jeu de données exploitable.

Sélection d'aspects présentés

UNE SERIE TEMPORELLE DE PLUS DE 20 ANS

SUIVI PELAGIA : MEDUSES DU PORT DE STARESO

UNE SERIE TEMPORELLE DE PLUS DE 20 ANS



La série de prélèvements hebdomadaires de mésozooplancton au sein de la baie de Calvi a été initiée au cours de l'année 2003, couvrant ainsi à ce jour une **plage temporelle de plus de 20 ans**. Cette série a déjà mené à une publication (Fullgrabe et al., 2020) caractérisant les communautés zooplanctoniques de la baie de Calvi sur une période de 13 ans (de 2004 à 2016). Cette publication a soulevé l'importance de facteurs environnementaux influençant les communautés tels que les vents dominants et leurs effets sur la disponibilité en nutriments, la tendance du réchauffement des eaux de surface hivernales depuis 2010

et l'effet de l'Oscillation Nord Atlantique (NAO) sur les pics d'abondances printanières, suggérant des dynamiques spatiales ayant lieu à plus grande échelle. Le programme STARECAPMED permet la continuité de cette série temporelle aux enjeux multiples. Deux types de prélèvements réguliers sont réalisés au filet WP2 au sein de la baie de Calvi : des traits verticaux à fréquence bi-mensuelle, remontés de 100 m de profondeur à la surface au niveau du site de la tête de Canyon; des traits horizontaux à fréquence hebdomadaire tirés derrière le bateau pendant 20 minutes dans l'axe entre la station STARESO et la citadelle de Calvi. Ces derniers sont analysés en priorité en

laboratoire, au vu de leur emprise temporelle plus grande et des abondances et diversité plus importantes observées dans ces filets. Ce type de trait horizontal est peu utilisé par la communauté scientifique, mais recèle cependant dans les échantillons prélevés en baie de Calvi une grande richesse d'organismes et de larves.

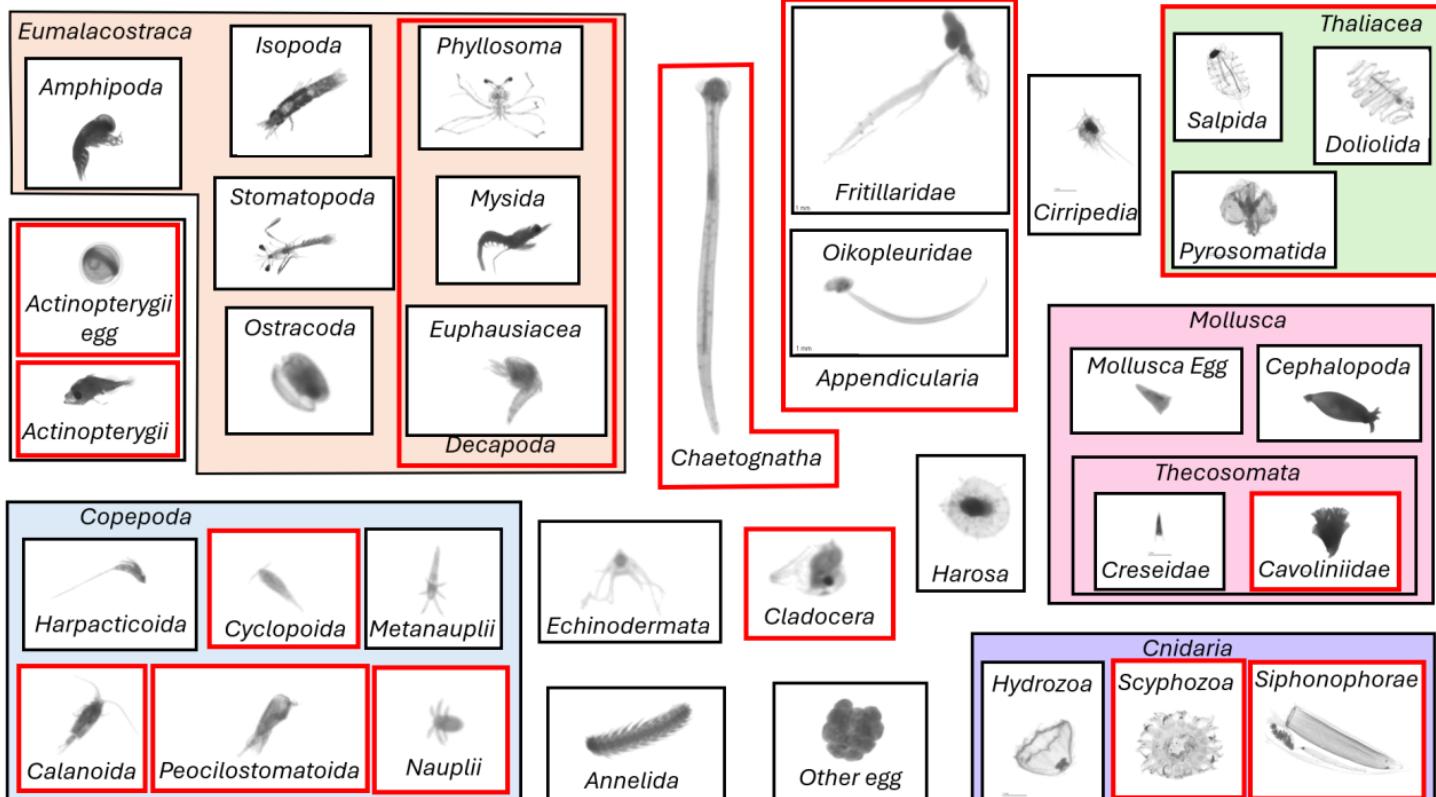


Les échantillons récoltés sont analysés dans un **laboratoire** au sein de la station. Le zooplancton est séparé du formol, tamisé en 3 phases aux mailles de 200, 450 et 1 000 µm puis dilué si nécessaire. Il est ensuite scanné au Zooscan - un outil **spécialisé** d'**acquisition d'images à haute fréquence** - après séparation manuelle des individus (Fig. A). Une suite de processus informatiques semi-

automatisés permet d'obtenir un dossier d'images associé à chaque phase tamisée, contenant les vignettes de chaque individu zooplanctonique et un jeu de données correspondant (Fig. B). Ce dernier contient les métadonnées ainsi que des caractéristiques visuelles propres à chaque image, comme par exemple la longueur de l'organisme ou son degré de sphéricité.



A Séparation du zooplancton sur le Zooscan à l'aide d'une aiguille de cactus.



B Les principales catégories de zooplankton retenues utilisées pour les analyses de la série temporelle en baie de Calvi. Ces catégories sont issues de la compilation de 80 catégories taxonomiques initiales classifiées à l'aide de l'application EcoTaxa. En rouge, les catégories communes utilisées sur la plage temporelle de 2004 à 2021.

Les images obtenues durant le processus d'acquisition de données au Zooscan sont ensuite transférées en ligne sur le site-application EcoTaxa dédié à la **classification d'images de plancton**. Les images transférées sont **prédites automatiquement dans 80 catégories taxonomiques** par EcoTaxa à l'aide de modèles de machine learning combinant l'utilisation de réseaux de neurones et d'arbres de régression et se basant sur les diverses caractéristiques des images. Les prédictions automatiques sont ensuite **validées ou modifiées manuellement** par l'utilisateur du Zooscan depuis STARESO. Le projet EcoTaxa associé aux filets horizontaux de la baie de Calvi est accessible en ligne (<https://ecotaxa.obs-vlfr.fr/prj/7067>) et compte à ce jour **plus de 340 000 images**. Les jeux de données incluant les informations de catégorisation taxonomique sont ensuite téléchargés et utilisés pour les analyses statistiques du mészozooplancton de la baie de Calvi, basées sur la compilation en 42 catégories taxonomiques finales.

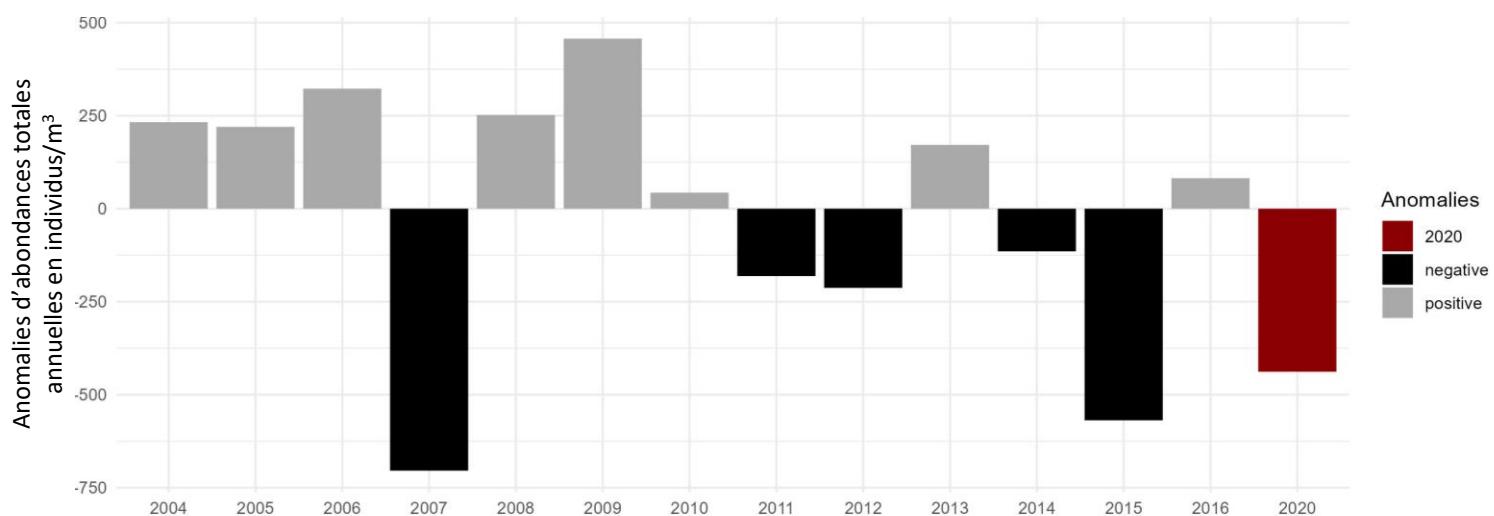
LE ZOOPLANCTON

Depuis l'acquisition du Zooscan en 2022, la STARESO poursuit l'analyse de la série temporelle initialement numérisé avec un autre type de scanner (Epson V750 Pro) avec la numérisation des échantillons de 2018 à mi-2021. Les résultats révèlent que l'année 2020 est une année d'anomalie négative de zooplankton en prenant en

référence les années de 2004 à 2016 (Fig. C). Les variations de chaque catégorie taxonomique sont typiques des observations des années précédentes, avec par exemple un bloom des cladocères en été. Outre les analyses classiques issues des scans de zooplankton de l'année 2020,

SERIE TEMPORELLE

toutes les larves intéressantes de cette année spécifique ont été **individuellement observées, conservées à part et photographiées** (Fig. D). Contrairement aux années précédant 2020, tous les échantillons ont été filtrés pour récupérer les larves. Cet effort a permis de mettre en valeur la présence de plusieurs



C Anomalies d'abondances totales annuelles zooplanctoniques (par rapport à la moyenne de référence de 2004 à 2016).



D Plusieurs larves peu communes, voire rares, issues des échantillons de 2020 (de gauche à droite et de haut en bas) : hippocampe à museau court *Hippocampus hippocampus* (Linnaeus, 1758), barbier *Anthias anthias* (Linnaeus, 1758) de la famille des Serranidae, serpent imberbe *Dalophis imberbis* (Delaroche, 1809), larve de squille de l'ordre des stomatopodes au stade Erichthus, larve de calamar de la famille des Loliginidae, larve de poisson de la famille des Sparidae, Cicerelle de méditerranée *Gymnammodytes cicerelus* (Rafinesque, 1810) et larve de calamar de la famille des Loliginidae.

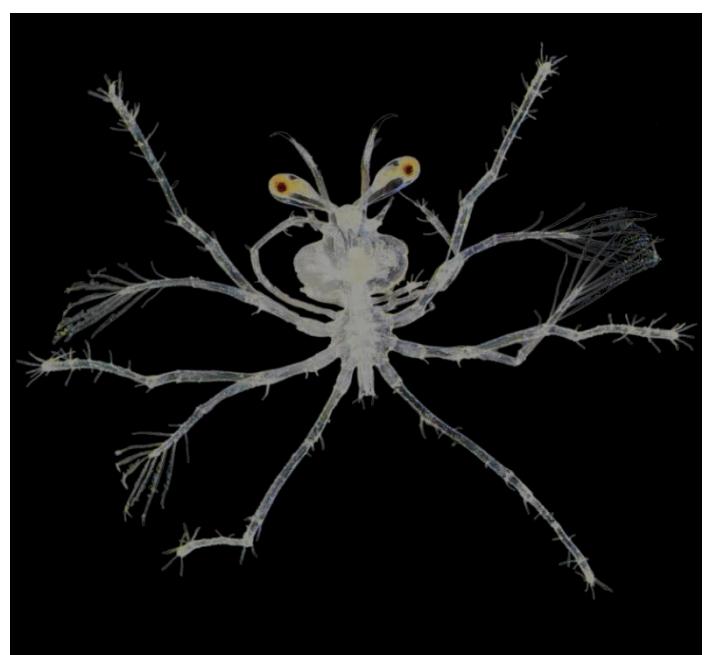
larves rarement observées telles que deux larves d'hippocampes, une larve de *syngnathe*, plusieurs larves de céphalopodes (poulpe commun, calamars), une multitude de larves de poissons dont plusieurs membres de la famille des *Serranidae*, etc. (Fig. D). Ainsi, certaines larves échantillonnées sont celles d'espèces à intérêt économique, notamment liées à la pêche, ainsi que d'espèces protégées comme l'hippocampe à museau court.

Au total, 29 phyllosomes ont été dénombrés durant cette année, dont deux larves de *Palinuridae* (langoustes) (Fig. E). Les 27 autres phyllosomes sont des larves de *Scyllaridae* (cigales de mer) (Fig. F), pour lesquelles on observe une moyenne mensuelle d'abondance plus élevée durant les efflorescences phytoplanctoniques printanière et automnale (Fig. G). Suivre l'évolution des abondances de

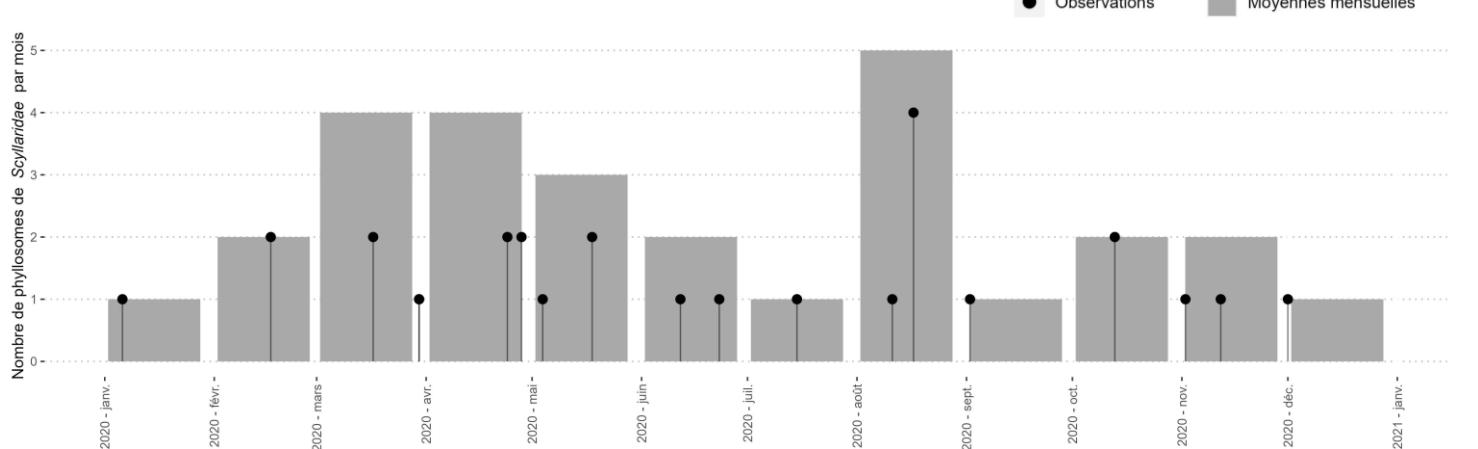
ces larves sur le long terme présente des enjeux de mise en place d'indicateurs de suivi anticipés des stocks d'espèces pêchées, de suivi de populations d'espèces protégées ainsi que de détection d'espèces invasives comme celle du crabe bleu dont l'emprise spatiale semble croître sur la côte Est de la Corse.



E Stade phyllosome de langouste, *Palinuridae*, un stade larvaire pouvant passer jusqu'à 6 mois dans le plancton en Méditerranée.



F Stade phyllosome de cigale de mer, *Scyllaridae*.



G Occurrences et moyennes mensuelles de phyllosomes de la famille des *Scyllaridae* (cigales de mer) retrouvés dans les échantillons de l'année 2020.

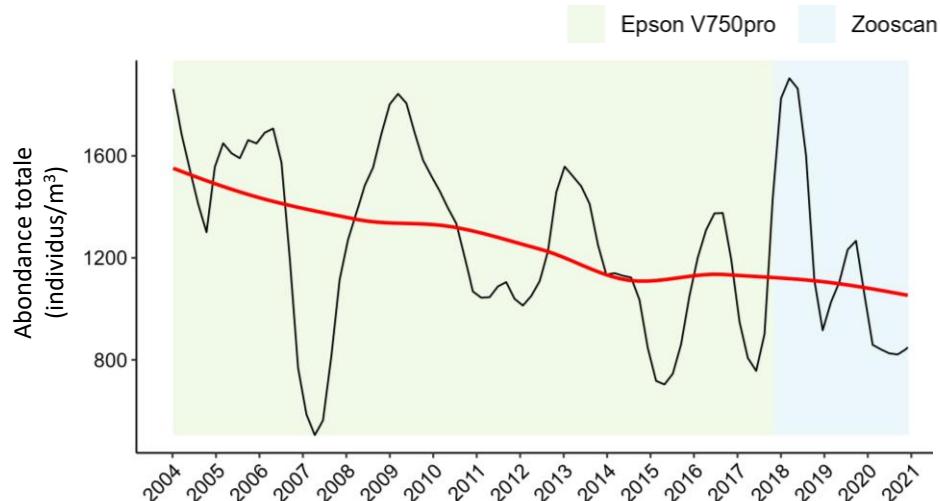
L'utilisation exploratoire de plusieurs modèles statistiques propres aux séries temporelles (décomposition de saisonnalité et diverses fonctions de lissage) combinant les données de 2004 à 2021 semble indiquer une tendance à la diminution progressive de l'abondance totale de zooplancton en baie de Calvi depuis 2004 (Fig. H).

La classification taxonomique en plusieurs catégories réalisée sous Ecotaxa permet de trier ces tendances par catégorie de plancton. Sans évoquer l'ensemble des tendances, dont quelques unes sont croissantes, certaines catégories sont caractérisées par une baisse plus marquée, et ce notamment pour le cas des larves de décapodes (Fig. I).

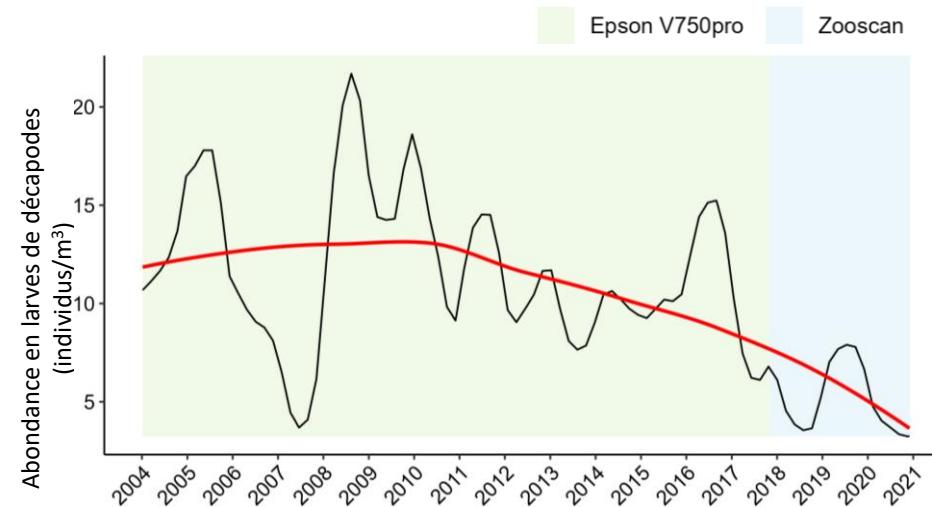
Cette diminution de concentration à l'état larvaire peut avoir des conséquences sur les populations adultes de décapodes benthiques, et doit donc être suivie attentivement.

L'analyse en laboratoire des échantillons de filets horizontaux de la série temporelle a mis en évidence la richesse et l'importance des phases larvaires dans la colonne d'eau. Ainsi toutes les larves sont maintenant séparées, photographiées et feront l'objet d'identifications au cours des prochaines années, débutant dès 2025 avec un stage de master 2 dédié au sujet.

Les efforts futurs visent à poursuivre les acquisitions de données jusqu'aux échantillons les plus récents, approfondir les analyses menées et explorer l'utilisation d'indicateurs zooplanctoniques.



H Série temporelle de l'abondance totale de zooplancton de 2004 à 2021 (courbe noire), ainsi qu'un lissage supplémentaire pour indiquer la tendance générale de 2004 à 2021 (courbe rouge).



I Série temporelle de l'abondance de décapodes (courbe noire) ainsi qu'un lissage supplémentaire pour indiquer la tendance générale de 2004 à 2021 (courbe rouge).

Une importante série temporelle permettant de mettre en évidence une diminution de l'abondance totale de zooplancton en baie de Calvi depuis 2004, avec une évolution variable selon les catégories d'organismes

En 2020, l'analyse larvaire a permis de mettre en évidence la présence de plusieurs larves rarement observées, dont 2 larves de *Palinuridae* (langoustes) et 27 larves de *Scyllaridae* (cigales de mer)

SUIVI PELAGIA



Par définition, le zooplancton englobe tout organisme animal ne pouvant nager à l'encontre des courants et vents de grande ampleur. Souvent pensé à tort comme étant de petite taille, le zooplancton inclut aussi les organismes de grande taille comme les «gélatineux» individuels ou coloniaux, tels que certains siphonophores ou méduses. Puisqu'ils font partie du plancton, les «gélatineux» dérivent parfois selon les vents et les courants jusqu'aux côtes et aux plages, où ils participent au fonctionnement de l'écosystème côtier mais risquent parfois de causer des désagréments socio-économique. Néanmoins les apparitions d'essaims de méduses ne sont pas évidents

à comprendre et à prédire sans un suivi régulier, puisque les variations d'abondances présentent souvent une périodicité marquée, par exemple de 12 ans chez la pélagie (Goy et al., 1989 ; Berard et al. 1988). La pélagie, *Pelagia noctiluca*, est justement l'une des méduses les plus abondantes en Méditerranée et assurément la plus connue du grand public - cette méduse rose-violacée que l'on peut croiser souvent sur les plages ou dans les ports. Au rôle longtemps sous-estimé dans la chaîne trophique, quelques publications font état de comportements de préation sur les méduses par certains poissons communs comme la bogue (Milisenda et al., 2014). Afin de mieux comprendre

l'écologie de la méduse *P. noctiluca* et potentiellement de mettre en place des modèles prédictifs à petite échelle, STARESO a mis en place depuis 2003 un comptage journalier des *P. noctiluca* dans son port.

La station innove dans le cadre du programme STARECAPMED en concevant et en développant en 2024 sa première application interactive de saisie et de visualisation automatique de données, utilisable sur téléphone.



Application Pelagia : une saisie des données portable, intuitive, interactive et simplifiée

La nouvelle application Pelagia permet de saisir les données de comptage des méduses de l'espèce *Pelagia noctiluca* (Fig. A) du port de Stareso à l'aide de son téléphone ou de son ordinateur. Son utilisation évite de consacrer un temps inutile à la saisie manuelle des données une première fois sur papier puis une seconde fois sur l'ordinateur. Pelagia a été conçue pour être une application de type PWA (Progressive Web App), un format d'application web assez récent. Ce format permet de l'installer sur une grande diversité de supports (ordinateur et téléphone) sans avoir à développer une application séparée pour chaque système d'exploitation (Android, IOS, Windows, Mac, etc.). Conçue à l'aide du langage de programmation R et basée sur l'utilisation du concept Shiny, l'application permet d'utiliser directement les avantages de ce langage statistique facilitant la visualisation esthétique des données directement après leur saisie.

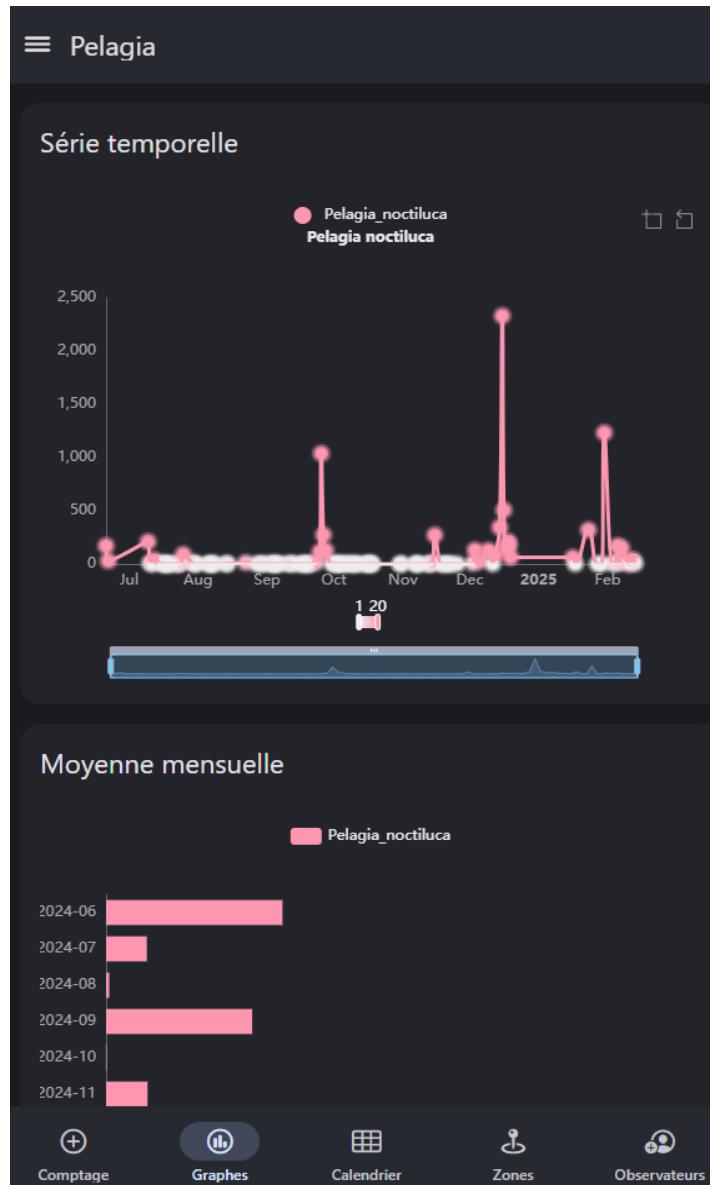
Toutes les données historiques sont conservées dans un même fichier propre et constamment mis à jour. Ces données sont soit téléchargeables par un scientifique de la station, soit visualisables directement sous plusieurs formes dans l'application.



A Individu de *Pelagia noctiluca*.

Ainsi, l'onglet Graphes (Fig. B) permet de visualiser la série temporelle, ainsi que les moyennes mensuelles d'abondance.

Des analyses plus poussées permettront d'évaluer les liens avec les paramètres environnementaux mesurés.



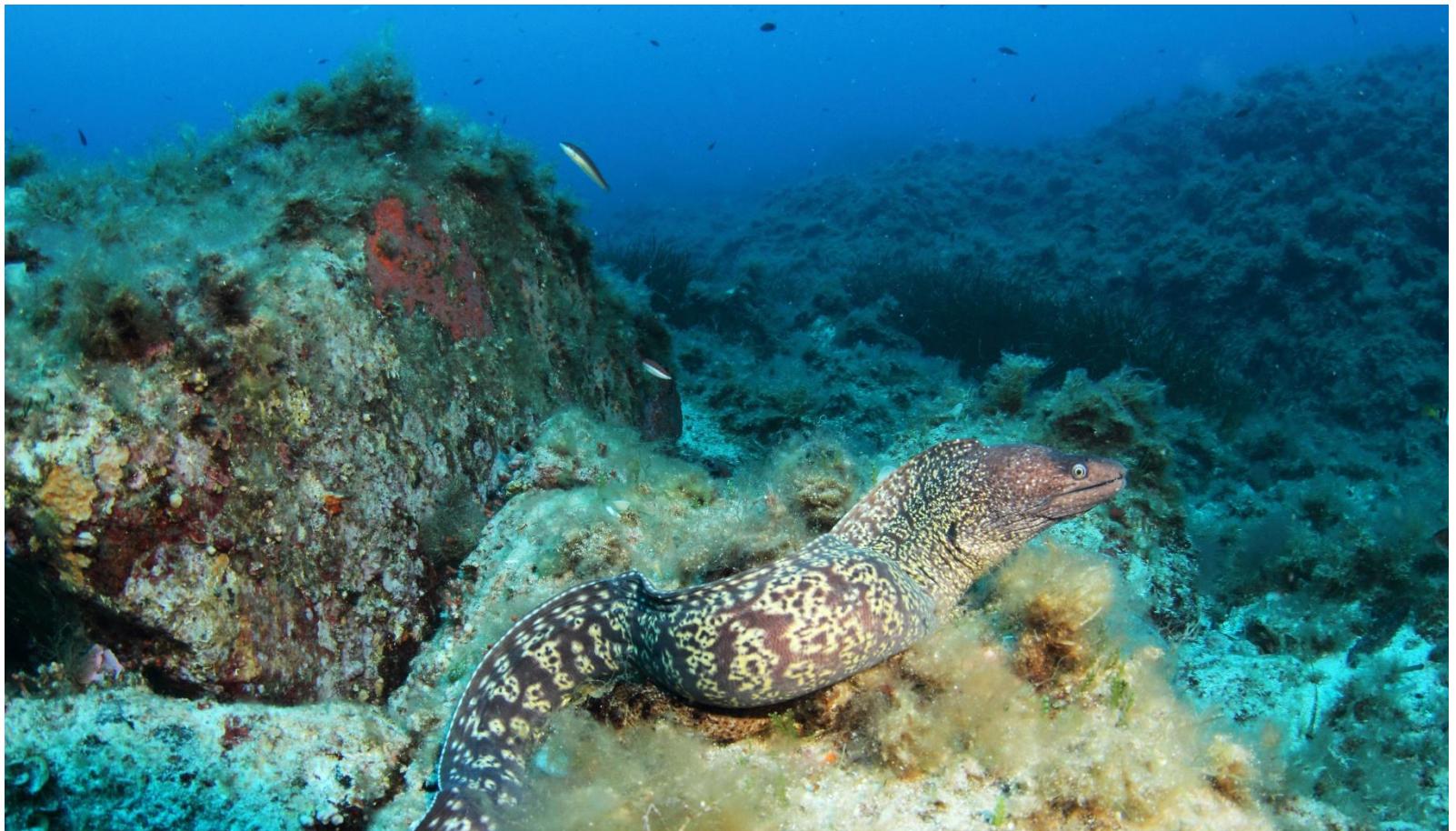
B L'onglet Graphes permet de visualiser la série temporelle de comptage des méduses avec interactivité temporelle ainsi que de visualiser les moyennes mensuelles des abondances de méduses.

Une application pour simplifier l'implémentation des données et visualiser directement la série temporelle

LA FAUNE ICHTYOLOGIQUE



LA FAUNE ICHTYOLOGIQUE



La baie de Calvi, riche de sites emblématiques de plongée, d'une diversité d'habitats marins et de pressions localisées offre des sites idéaux pour l'étude des poissons. Ainsi, des

comptages de poissons à haute fréquence sont réalisés dans le cadre de STARECAPMED.

Parallèlement, une connaissance générale concernant l'écologie de cette faune est continuellement alimentée

par des études plus ponctuelles concernant les dynamiques trophiques, écotoxicologiques, comportementales ou bien de cycles de vie. Enfin, de la donnée est également récoltée via des embarquements avec des pêcheurs professionnels et plaisancier, cette pratique étant le fruit d'une relation de confiance de longue date entre pêcheurs et STARESO.

Sélection d'aspects présentés

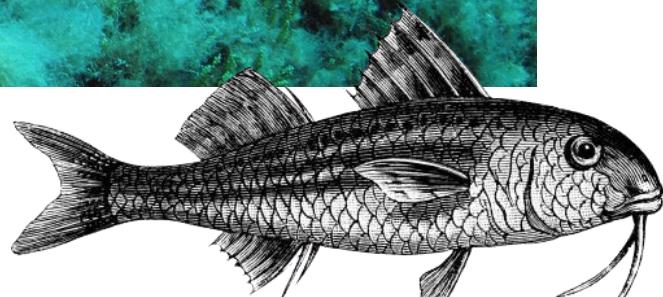
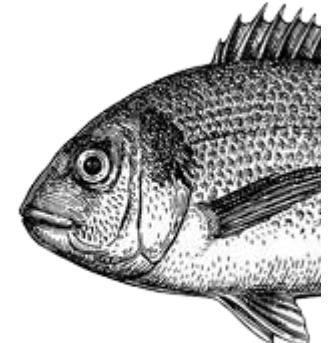
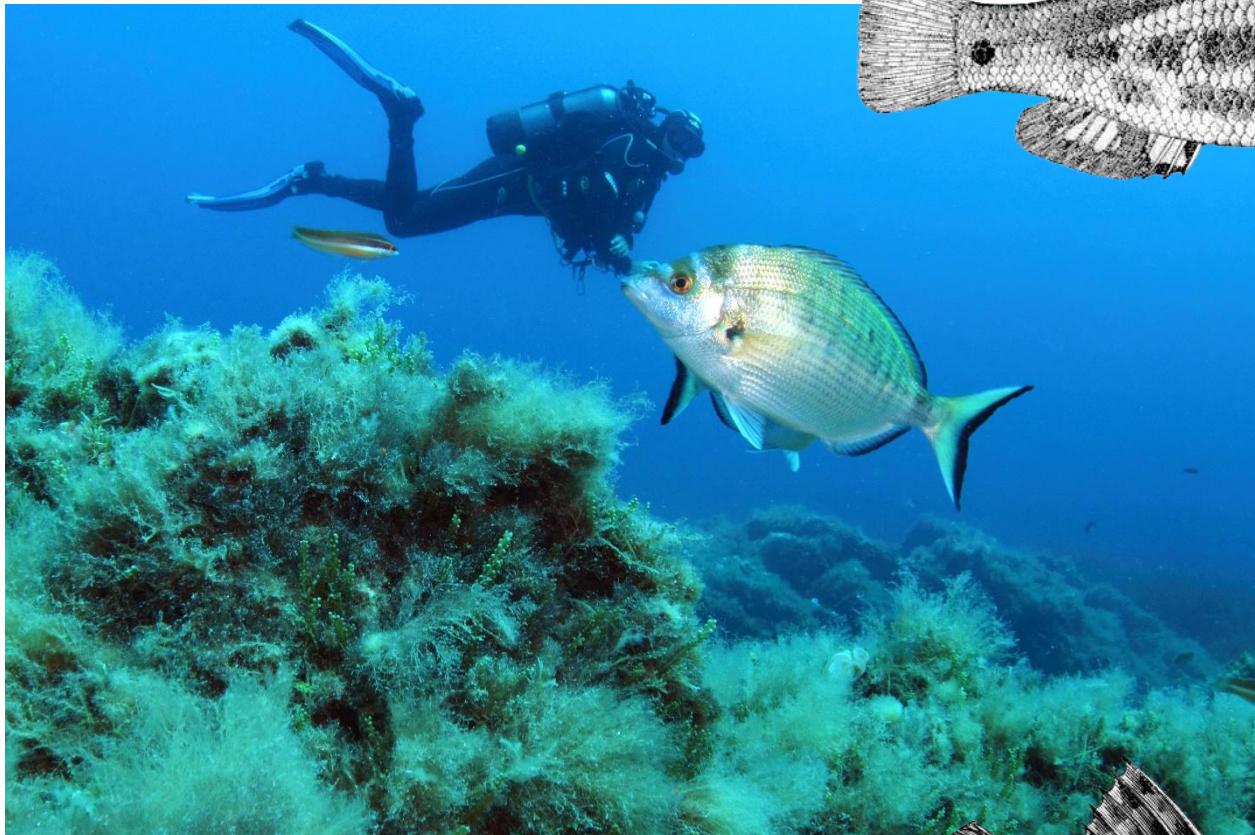
**SUIVI DES PEUPLEMENTS
DE POISSONS - FOCUS
MEROU**

**LES CAS DE NODAVIROSE
EN CORSE**

**OUTIL DE PHOTO-
RECENSEMENT**

**UNE THESE DE DOCTORAT
RESEAU RESPIRE**

LES PEUPLEMENTS DE POISSONS



Suivi des peuplements ichtyologiques

Des changements dans les assemblages de poissons peuvent refléter l'**effet des facteurs environnementaux et anthropiques**, tels que le changement climatique, la pêche, la pollution, les espèces invasives, etc. Il est donc fondamental d'évaluer l'état de santé du compartiment ichtyologique en baie de Calvi et d'étudier l'influence des pressions qu'il subit. Des comptages visuels en plongée

de poissons sur des sites présentant des caractéristiques et pressions distinctes sont ainsi réalisés depuis 2012 dans le cadre du projet STARECAPMED.

Un bilan des suivis exposant certains résultats marquants est présenté dans cette partie.



Bilan des suivis de 2012 à 2024

Depuis 2012 les **comptages visuels** sont réalisés :



- sur **3 sites** au sein de la baie de Calvi;
- chaque année **d'avril à octobre** à raison de **1 à 2 comptages par mois et par site**;
- avec une évolution de la méthode de comptage :



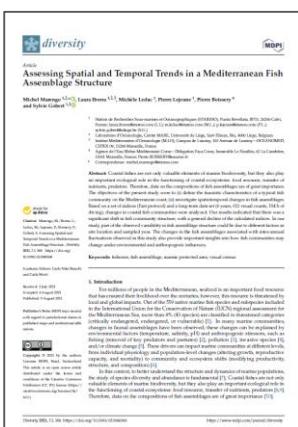
2012 à 2020

depuis 2021

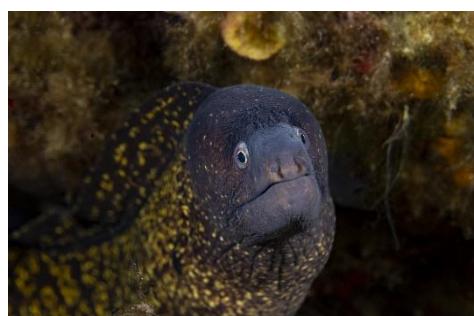
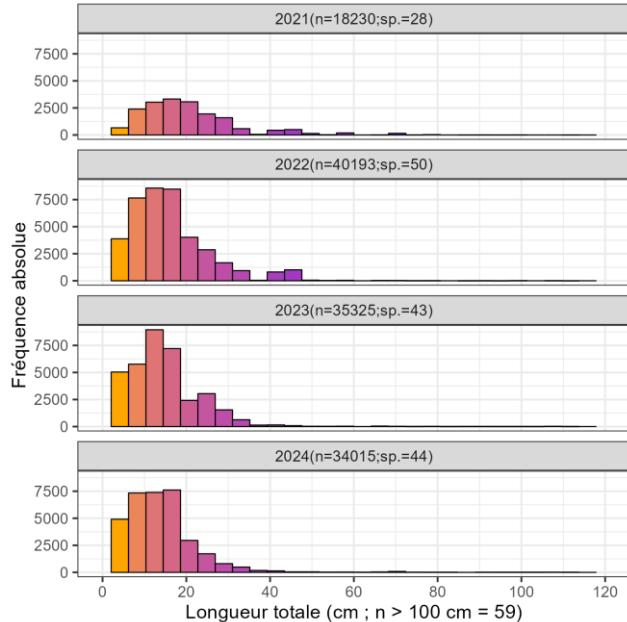
Comptage selon la méthode FAST (Fish Assemblage Survey Technique) (Seytre & Francour, 2009), recensant une sélection de **28 espèces d'intérêt** (avec un dénombrement depuis 2017) et permettant le calcul de **différents indices**

343 plongées en binômes
2058 comptages de 15 min
soit 515 h de comptage
avec de la donnée sur
63 espèces différentes

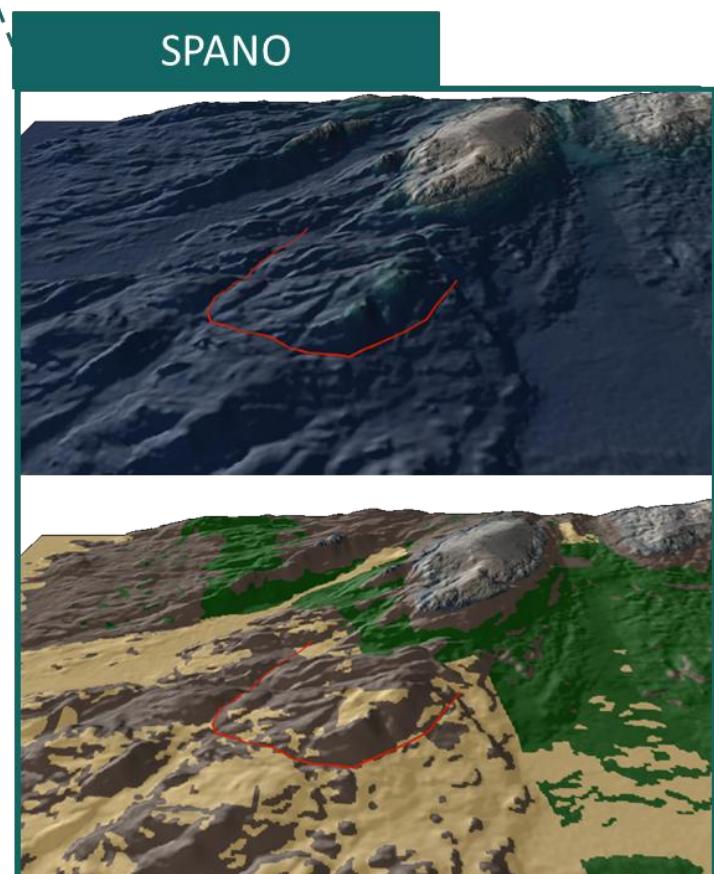
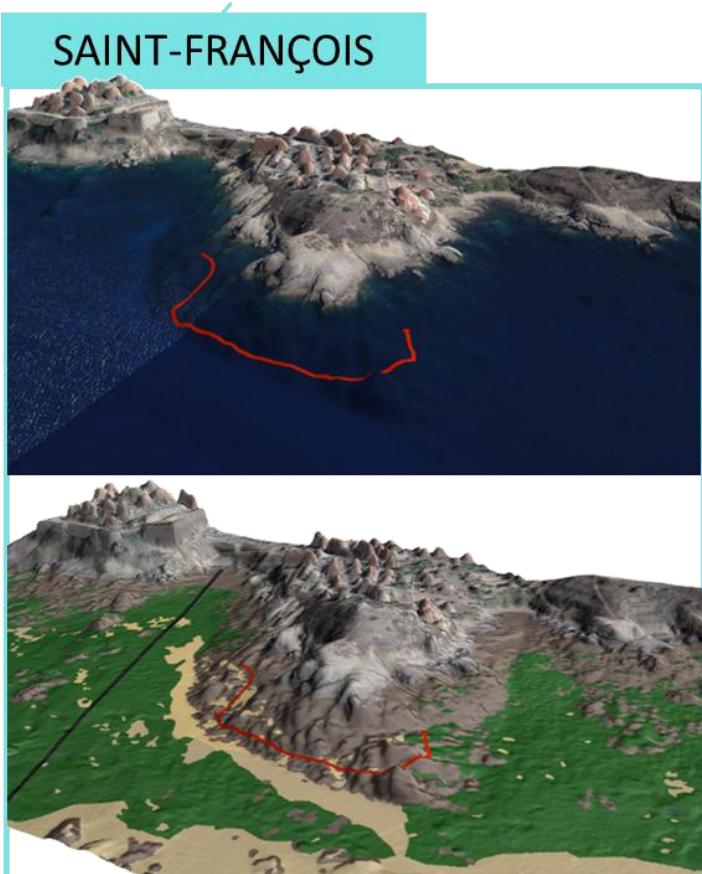
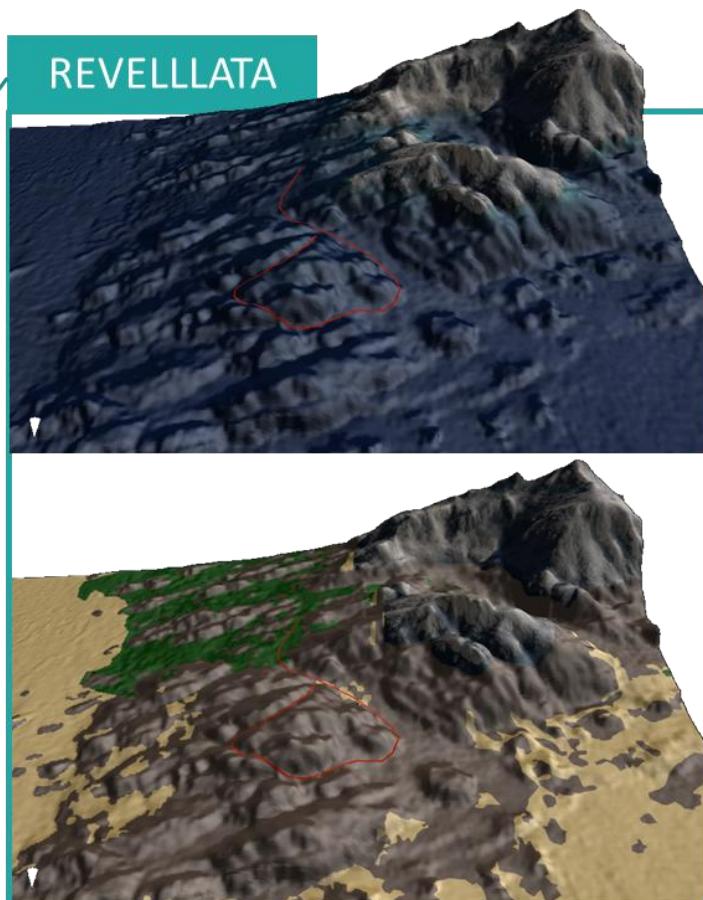
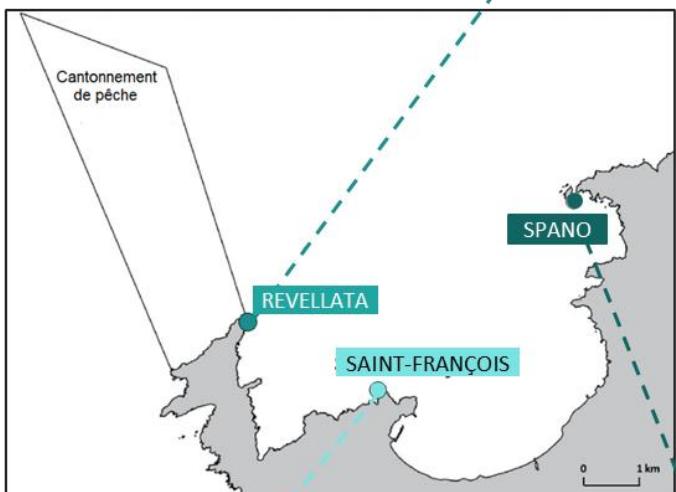
La méthode FAST a permis le calcul de plusieurs indices reflétant les densités, structures trophiques et tailles des poissons. L'étude de la structure des populations de 2012 à 2017 sur base des indices FAST a été publiée par Marengo et al., 2021.



Exemple d'évolution des structures de taille pour une population de poissons de la baie de Calvi composée des 58 espèces recensées entre 2021 et 2024.



Cartes sans (haut) et avec (bas) la nature du substrat des trois sites de suivi des peuplements de poissons en comptage visuel. Le parcours réalisé en chaque site est représenté en rouge.



Substrats:



Herbier à *Posidonia oceanica*

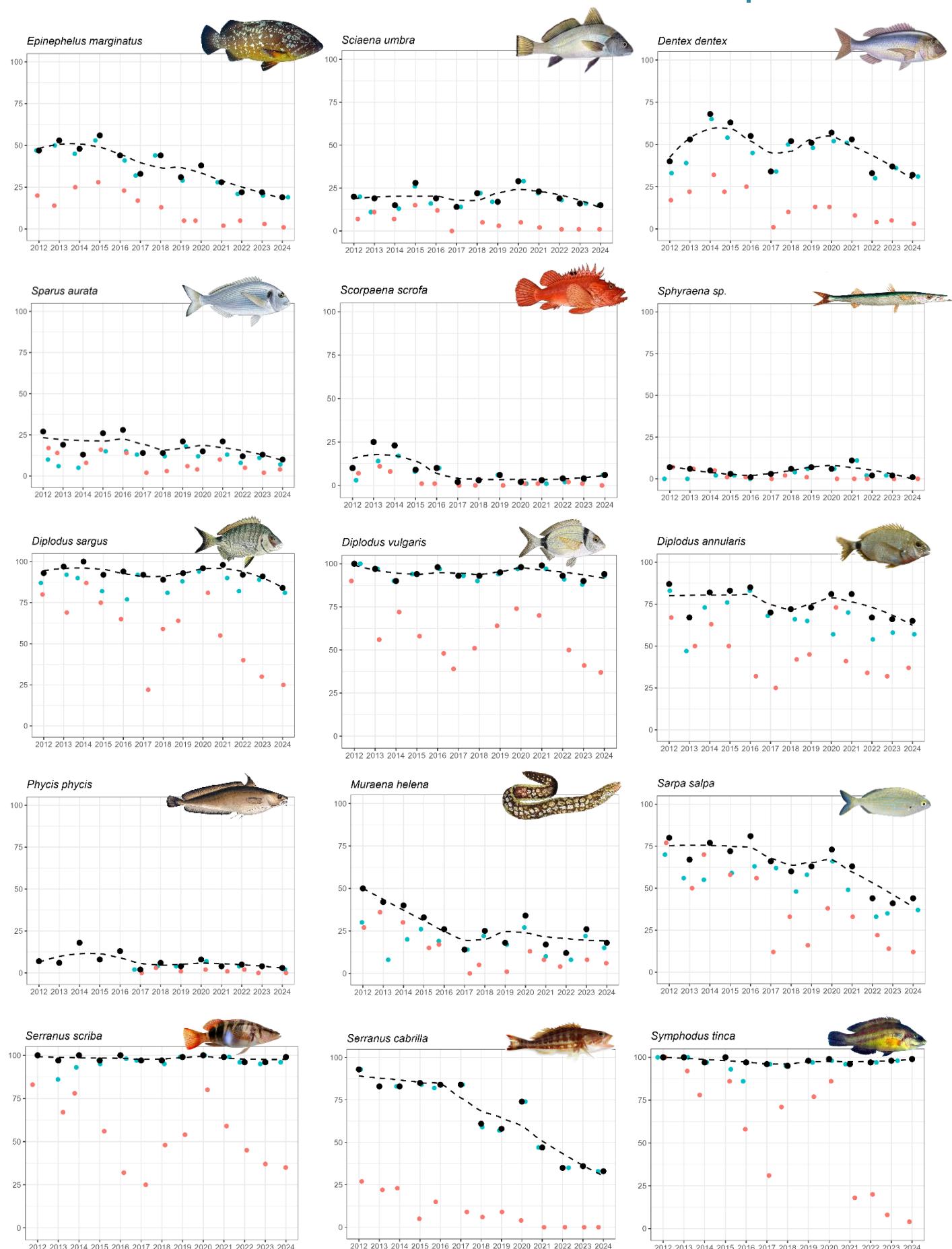


Substrat meuble



Fond rocheux

Probabilité d'observation (%)

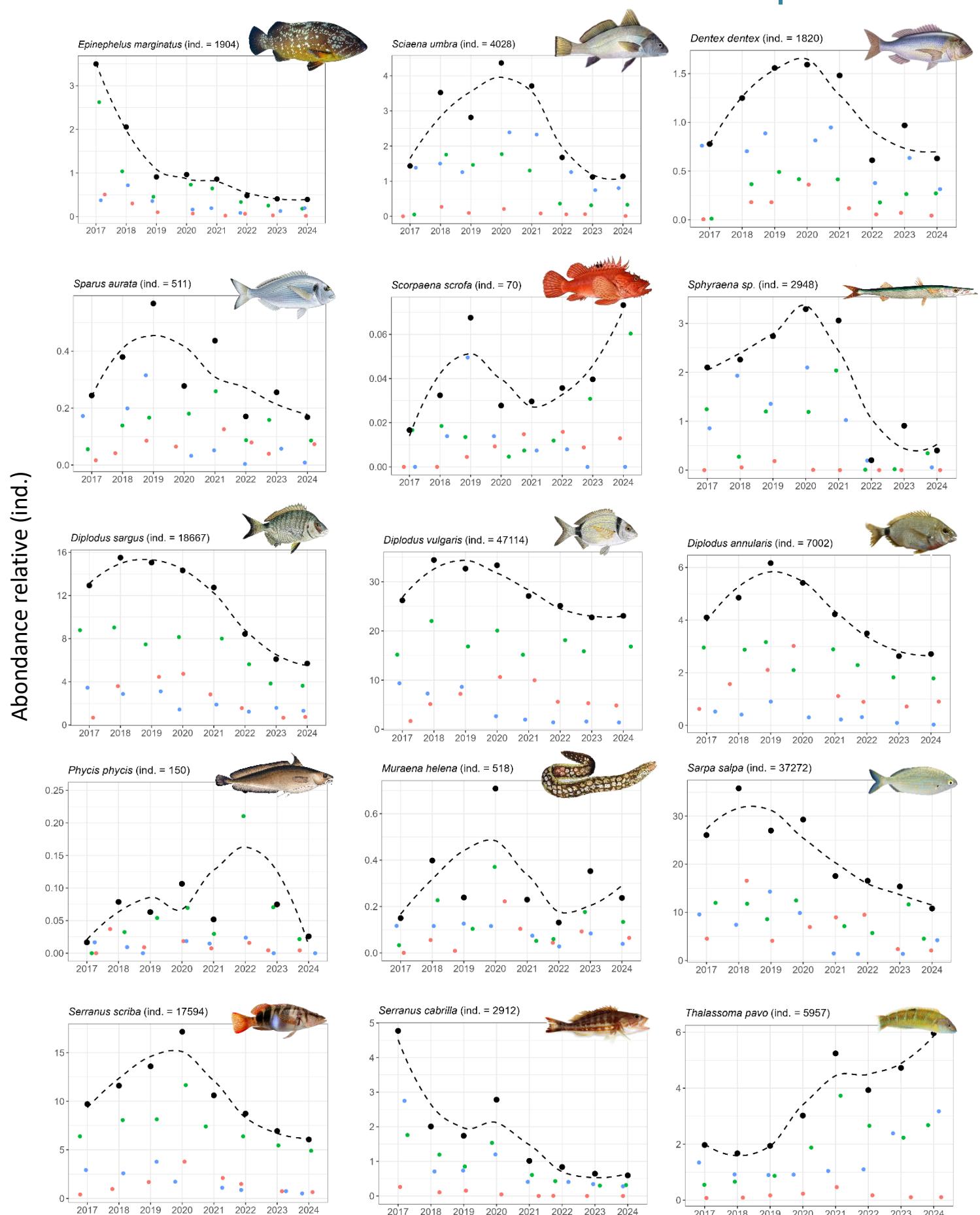


Evolution des probabilités (%) annuelles d'observer au moins un individu toutes les 15 minutes de comptage pour une sélection d'espèces de 2012 à 2024. Le détail des classes de tailles est indiqué par les points :

● Grand

● Moyen/Petit

● Toutes tailles confondues



Evolution des abondances relatives annuelles (nombre moyen d'individus recensés par tranche de 15 min) pour une sélection d'espèces de 2017 à 2024. Le nombre entre parenthèse correspond au nombre total d'individus comptabilisés.
Le détail des classes de tailles est indiqué par les points :

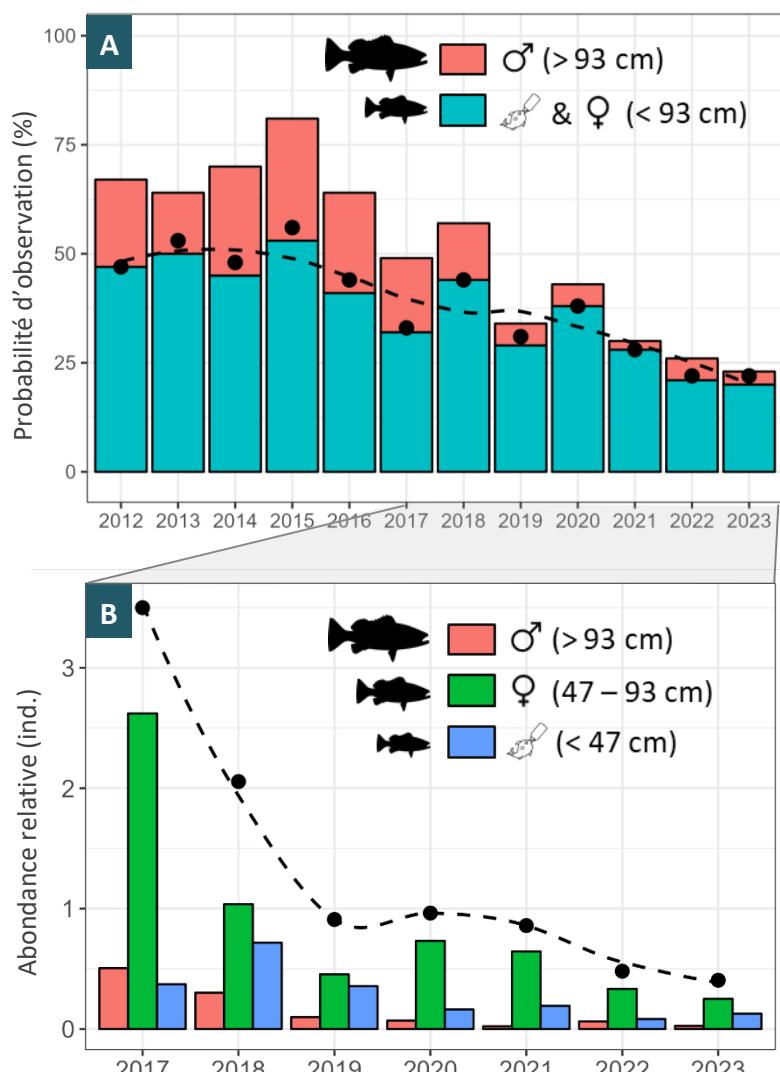
● Grand ● Moyen ● Petit ● Toutes tailles confondues

Focus sur une espèce protégée: le mérou brun

Le suivi des populations ichtyologiques mené dans le cadre de STARECAPMED offre la double possibilité d'analyser les tendances tant au niveau de l'ensemble des espèces qu'à celui d'une espèce ciblée. Le mérou, en l'occurrence, suscite actuellement une attention particulière due au renouvellement (décembre 2023) du moratoire réglementant sa pêche et celle du corb. STARESO a pu fournir un avis favorable à cette reconduite sur 10 ans, notamment sur base d'au moins 2027 observations de mérous réalisées dans le cadre de STARECAPMED.

Le mérou brun, *Epinephelus marginatus*, est un pilier écologique en Méditerranée, dont la présence témoigne d'un écosystème méditerranéen sain. C'est pourquoi, sa population est, comme le montrent d'ailleurs les archives des expéditions de Jean-Yves Cousteau, naturellement abondante sur les côtes méditerranéennes. Grâce à des mesures de protection, l'espèce a été sauvée d'une probable disparition dans les années 80 en raison d'une pêche excessive puisqu'elle représente une cible particulièrement facile. Dans ce contexte, plusieurs réglementations se sont succédées dès 1980 en Corse, concernant la chasse sous-marine, et dès 1993 pour toutes les eaux françaises méditerranéennes, concernant la pêche récréative, protégeant ainsi l'espèce de toute forme de pêche, sauf en Corse, où le moratoire actuel tolère la pêche professionnelle.

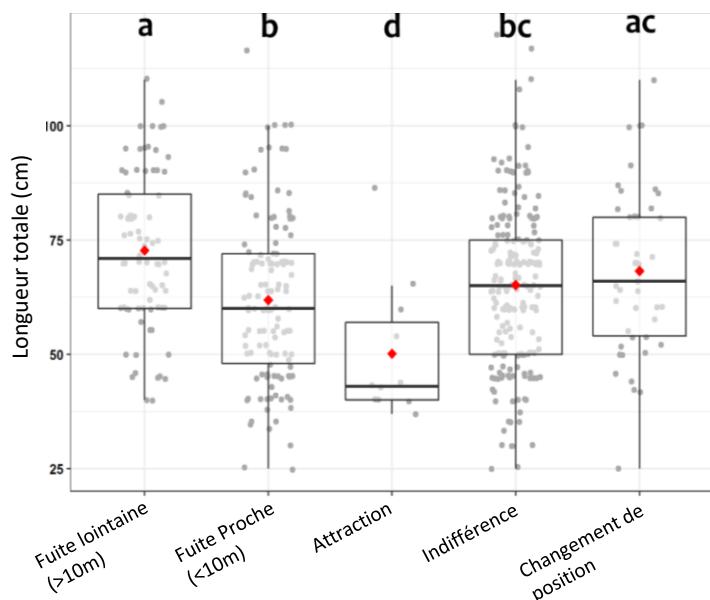
Les résultats issus des suivis des populations de mérou montrent que la probabilité d'observer un mérou toutes les 15 minutes, sur l'ensemble des 3 sites de la baie de Calvi, a diminué d'environ 50 % depuis 2015. L'évolution en termes d'abondance relative depuis 2017 confirme cette tendance à la baisse, avec en moyenne 3 individus par tranche de 15 min en 2017 contre 0,5 en 2023. Cette baisse concerne toutes les classes de taille mais est particulièrement marquée depuis 2015 pour les individus de plus grande taille et donc, principalement les mâles.



Moyennes annuelles A) des probabilités d'observer un mérou toutes les 15 minutes de 2012 à 2023 sur base de 2027 observations (●) et B) du nombre de mérou recensé toutes les 15 minutes entre 2017 et 2023 sur base de 1818 mérous recensés (●) aux 3 sites confondus de Calvi. Les histogrammes bicolores (A) et tricolores (B) détaillent les classes de taille et stades de potentiellement sexuelle. La ligne de pointillés est une régression locale lissée.

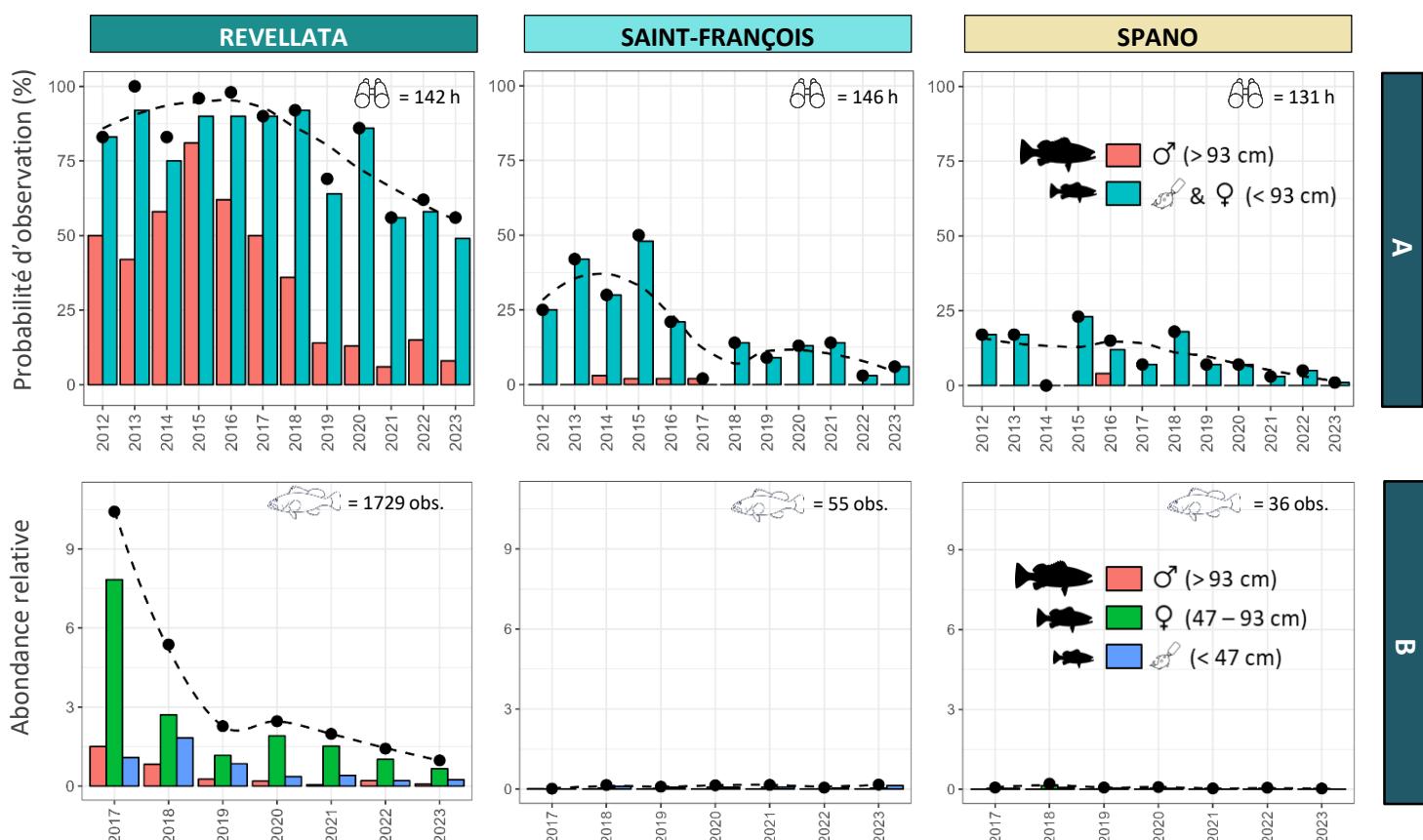
Mérou brun - variabilité spatiale

Les tendances à la baisse sont communes aux 3 sites suivis en baie de Calvi malgré une importante **variabilité spatiale** avec le site de la Revellata présentant la plus grande densité de mérous, en moyenne 3,5 mérous observés toutes les 15 min. Le sec de la Revellata est en effet un site emblématique de plongée en Corse, attirant annuellement plus de 6500 plongeurs séduits notamment par la présence de ces gros poissons (Iborra et al., 2020). Cependant, malgré une relative stabilité des probabilités d'observation de mérous de 2012 à 2018 voire même d'une augmentation des gros individus jusqu'en 2015, leur densité montre une chute pouvant aller jusqu'à -75 % en 10 ans pour les individus potentiellement sexuellement actifs (> 47 cm). Une étude du comportement du mérou à la Revellata face aux plongeurs indique que, plus le mérou est grand, plus sa probabilité d'une fuite lointaine ou d'un changement de position est grande. Bien qu'un dérangement des comportements de reproduction ne soit pas impossible, la fréquentation en plongée ne semble pas être un facteur expliquant cette tendance à la baisse



Comportement des mérous face à un plongeur à la Revellata selon leur taille. Les lettres en commun signifient que les groupes ne sont pas significativement différents (régression logistique multinomiale, $p < 0,05$).

puisque celle-ci est commune à tous les sites, qu'ils soient fréquentés ou non pour la plongée.



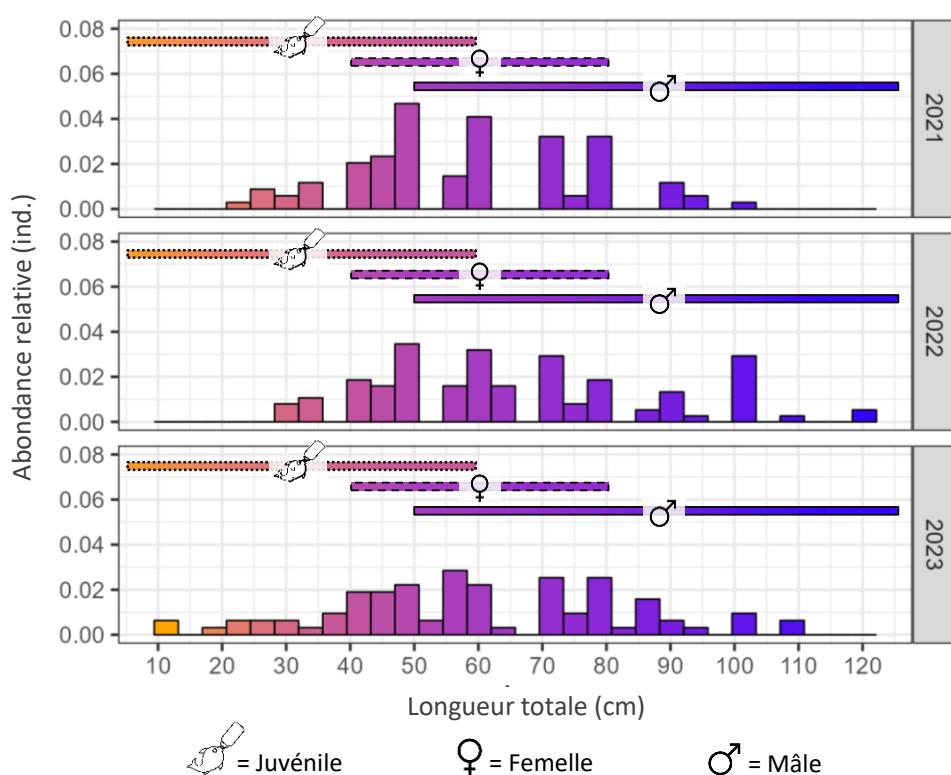
Evolution annuelle (A) des probabilités d'observer un mérou toutes les 15 minutes de 2012 à 2023 (●) et (B) du nombre moyen de mérou recensé toutes les 15 minutes entre 2017 et 2023 (●) respectivement sur les 3 sites dans la baie de Calvi. Les histogrammes bicolorés (A) et tricolorés (B) détaillent les classes de taille et stade de potentiellement maturité sexuelle.

Mérou brun - structure de taille de la population

Le mérou, espèce hermaphrodite protogyne, change de sexe au cours de sa vie, les juvéniles devenant ainsi d'abord femelles puis mâles. Cependant, l'âge et la taille auxquelles s'effectuent ces changements de sexe varient fortement selon les populations (Reñones et al. 2010 ; Condini et al. 2014). Les suivis des poissons intégrant désormais un dénombrement des individus accompagné d'une estimation précise de la taille permettent d'analyser finement l'évolution de la structure de taille des populations. Les résultats indiquent que, face à une diminution moyenne de 36% en 2 ans de la densité des mérous ayant potentiellement atteints la maturité sexuelle (>47 cm), une augmentation d'environ 50% des juvéniles de petite taille (<40 cm) est observée pour l'année 2023 comparée aux 2 années précédentes. Or, un individu de 10 cm (photo A) devra grandir entre 3 et 6 ans avant de pouvoir atteindre une taille à laquelle il sera potentiellement sexuellement actif (Fennessy, 2006). L'évolution récente de la structure de taille de la population montrant une diminution des individus actuellement aptes à se reproduire et une augmentation d'individus encore inaptes à se reproduire souligne ainsi la pertinence d'une protection sur le long-terme de cette espèce dont la croissance est particulièrement lente.



A) Juvénile de 10 cm et B) adulte de 110 cm
©Stéphane Jamme – Aquanaute.



Evolution de l'abondance relative (nombre moyen de mérou observé par tranche de 15 minutes) en fonction de leur taille et stade de potentiellement maturité sexuelle de 2021 à 2023 sur les 3 sites de suivis confondus et sur base de 329 observations de mérous.

466 heures de comptages depuis 2012 recensant plus de 60 espèces

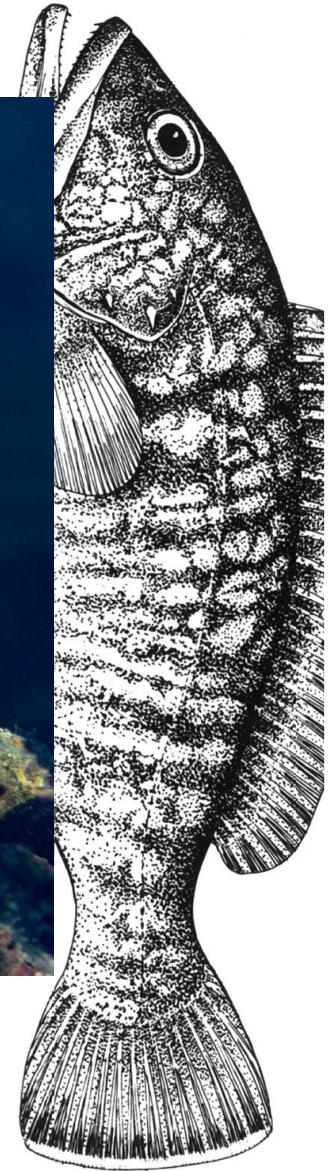
Optimisation de la méthodologie de suivis

Analyse de la population des mérous avec au moins 2027 observations

Une baisse des densités de mérous en 10 ans commune à tout les sites de suivis malgré une forte variabilité spatiale

Un basculement dans la structure de taille en faveur d'une protection sur le long-terme

CAS DE NODAVIROSE



Nodavirose, infection à nodavirus, nécrose nerveuse virale, encéphalopathie et rétinopathie virale, bon nombre de dénominations pour parler de cette **infection virale** qui touche les mérous et une cinquantaine d'autres poissons. Le bétanodavirus à l'origine de cette infection ne constitue aucun danger pour l'homme mais est fortement **contagieux pour le poisson**. Il peut, ou non, conduire à la mort de l'individu porteur, le plus souvent de juillet à octobre (en Méditerranée). En effet, le virus attaque le cerveau et les yeux qui sont

les organes à tester pour le diagnostic en laboratoire. Les cas observés mondialement concernent essentiellement les fermes aquacoles mais peuvent également survenir en milieu naturel. Ainsi, des cas sont observés depuis 1979 en Méditerranée et depuis 2015 en Corse, y compris dans la baie de Calvi. Un réseau de surveillance a donc été mis en place en Corse par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation) dont STARESO constitue l'une des antennes en Corse.

Mérou retrouvé par un chasseur sous-marin dans la baie de Calvi et ramené à STARESO.



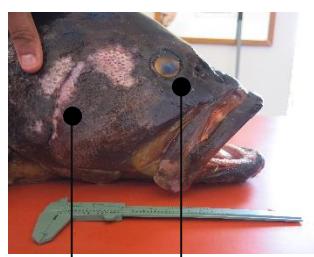
L'ensemble des signalements de suspicion de poissons infectés est ainsi repertorié auprès de STARESO et permet:



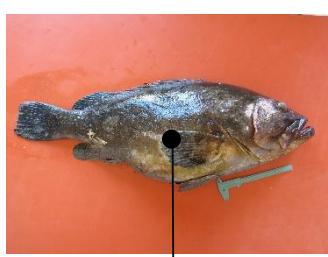
- La **bancarisation des données relatives** au signalement (taille/poids des poissons, symptômes, lieu, date, contacts, etc.);
- L'envoi d'échantillons en laboratoire pour **analyses virologiques**;
- La **prise de contact** avec les contacts d'études concernés;
- Le **stockage** en cas d'échantillons récupérés;



Sur les **24 signalements** de 2015 à 2025 de mérous suspectés infectés, 9 d'entre eux étaient morts, 6 moribonds et les autres vivants, généralement flottant en surface. La taille et le poids des individus signalés vont de 50cm à 85cm et 1,5kg à 12kg, respectivement. Tous présentaient un ou plusieurs symptômes caractéristiques présentés ci-dessous:



Yeux vitreux



Les poisson morts ou moribonds flottent généralement en surface à cause d'une vessie natatoire gonflée



Les poissons encore actifs au fond sont identifiables par une perte du contrôle des mouvements

Mauvais état et/ou dépigmentations de la peau



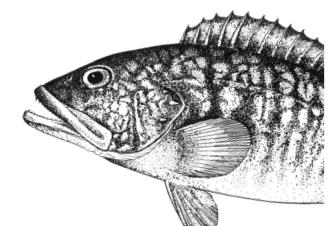
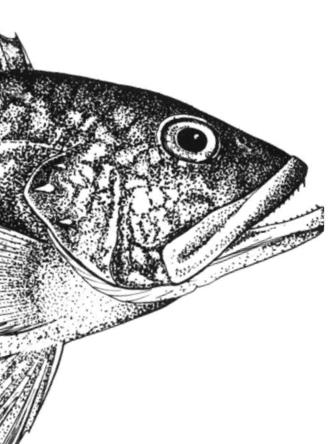
La cinétique de transmission au sein des individus en milieu naturel est actuellement encore **inconnue** malgré quelques **hypothèses** (Bandín & Souto, 2020), notamment liées à l'**aquaculture** (Valencia et al., 2019). De même, malgré la thermosensibilité de certaines souches virales, le lien avec la température n'est pas clairement démontré. Ainsi la récolte de donnée relative aux cas signalés en Corse, individus vivants comme morts, permet d'améliorer les connaissances de la maladie et des facteurs sous-jacents tout en surveillant sa propagation géographique et parmi les espèces.

Quelques préconisations pour lutter contre la maladie (selon l'ANSES):

- Surveiller les élevages ou la faune sauvage (diagnostic en laboratoire);
- Empêcher l'introduction de poissons contaminés en élevage ou lors de repeuplements du milieu naturel (sélection de poissons indemnes);
- Détruire rapidement les poissons malades ou morts pour limiter la propagation du virus. Ne surtout pas utiliser comme appât;
- Désinfecter le matériel en contact avec l'eau;
- Réduire le stress des poissons

STARESO contribue à la surveillance et l'amélioration des connaissances de la nodavirose en Corse

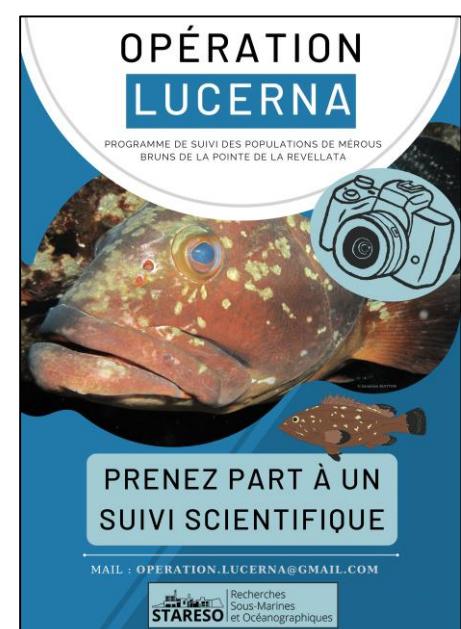
OUTIL DE RECENSEMENT DES MÉROUS



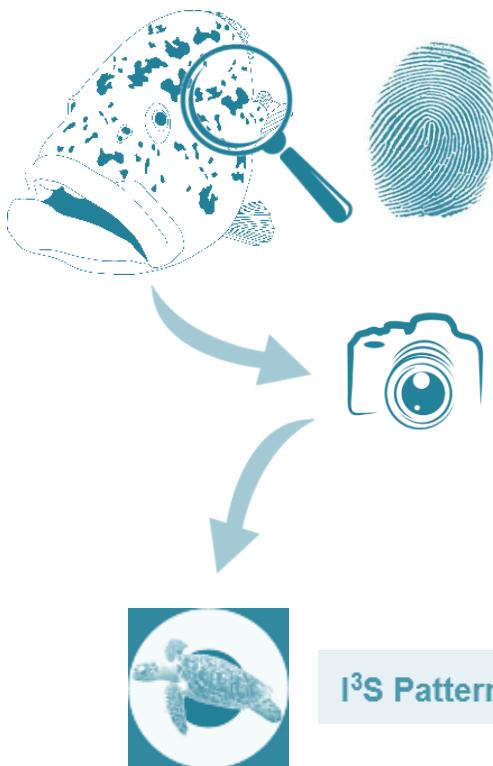
Face au déclin des populations du mérou brun *Epinephelus marginatus* ces dernières décennies, des moratoires interdisant la pêche sous-marine et récréative en Corse se sont succédés depuis 1980. En 2023, les autorités ont sollicité l'expertise de STARESO afin d'évaluer la pertinence de prolonger ce moratoire. Les avis scientifiques ont contribué à la reconduction de l'interdiction de la pêche pour une période de 10 ans. Afin de renforcer la

connaissance de la structure démographique de l'espèce protégée, les comptages visuels à haute fréquence de la faune ichtyologique réalisées depuis 2012 sont complétés par un programme de recensement des individus de mérou brun sur un site emblématique de plongée tel que la Pointe de la Revellata via l'emploi de l'intelligence artificielle. Ce projet présente également une dimension sociétale de sciences participatives : l'Opération Lucerna.

Plaquette de diffusion de l'Opération Lucerna.



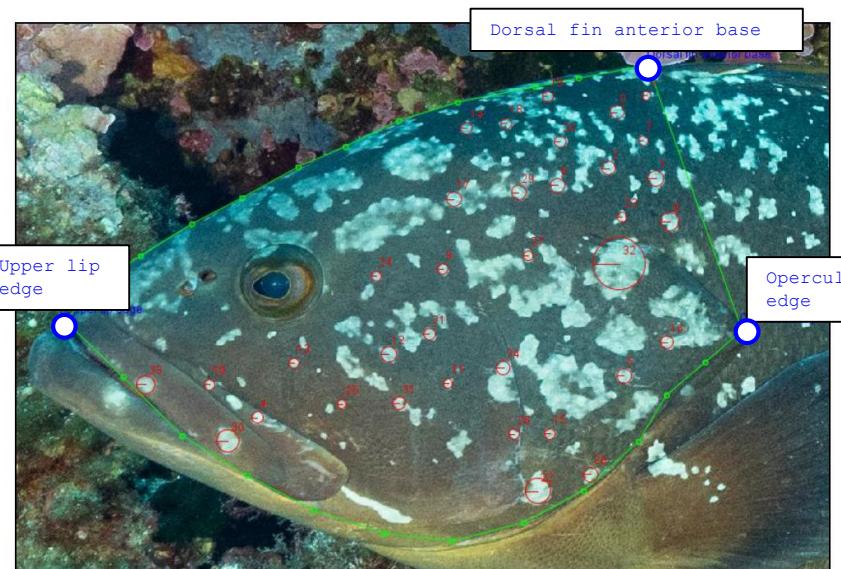
Recensement des individus via IA



A l'image des empreintes digitales pour les êtres humains, les mérous bruns arborent des motifs (taches blanches sur livrées brunes) **uniques à chaque individu** qui restent relativement stables avec le temps (Lelong, 1999) malgré la capacité des mérous à changer rapidement de patrons de coloration (Louisy & Culoli, 1999).

Dans cette présente étude, la disposition et la forme des **motifs céphaliques latéraux** sont utilisées afin d'identifier chaque mérou grâce à une **analyse semi-automatisée de photographies** tels que réalisée par Desiderà et al. (2021) en Italie.

Exemple de tracé du contour de la zone étudiée (vert), des 3 points de référence (blanc), les points clefs (rouge).



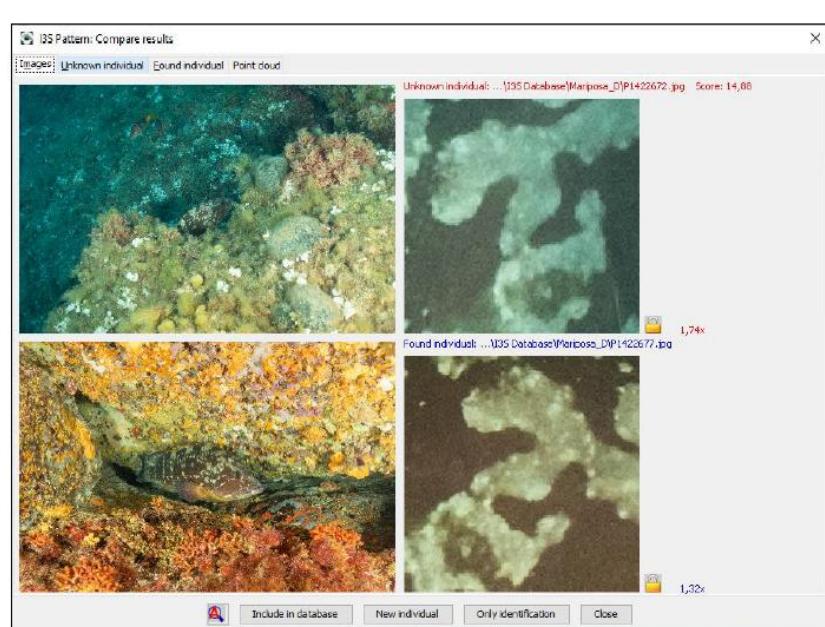
Pour cette identification, le **Système Interactif d'Identification Individuelle I3S Pattern** (version 4.0.2 ; Den Hartog & Reijns 2014) est utilisé. Ce logiciel open-source permet une mise en correspondance semi-automatique qui nécessite l'interaction de l'utilisateur. Ce système peut être appliqué à un large panel d'espèce à condition d'un paramétrage préalable, robuste et spécifique à chaque espèce.



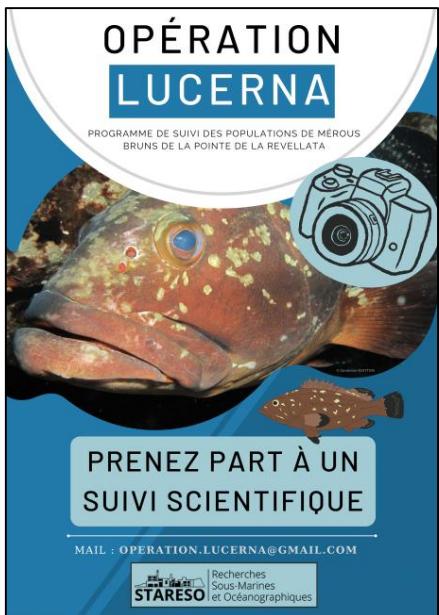
Ce paramétrage spécifique a pu être réalisé via une base de donnée de plus de 300 photos de 58 individus différents afin d'obtenir un score de correspondance satisfaisant (>95%).

L'outil a ainsi fait l'objet d'une première application sur le site de la Pointe de la Revellata via la prise photos et vidéos d'une dizaine d'individus, pour commencer.

Exemple de fenêtre comparant les résultats de correspondances proposées par le logiciel.



Une dimension populaire: l'Opération Lucerna



Un projet de sciences participatives, baptisé "Opération Lucerna", a été lancé pour surmonter les exigences strictes des images exploitableables en augmentant la quantité de photos de la base de données. Ce projet vise à collecter des photos prises par des plongeurs loisirs qui pourraient avoir plongé sur ce site attirant plus de 6500 plongeurs chaque année (Iborra et al., 2020). Des supports pédagogiques multilingues ont été créés et distribués à la FFESSM et à une dizaine de clubs de plongée locaux lors de leur rencontre sur place. Une adresse e-mail spécifique a été créée afin de recevoir les photos envoyées par les participants.

Affiches et supports pédagogiques de l'Opération Lucerna, créés et transmis aux clubs de plongée et à la FFESSM.



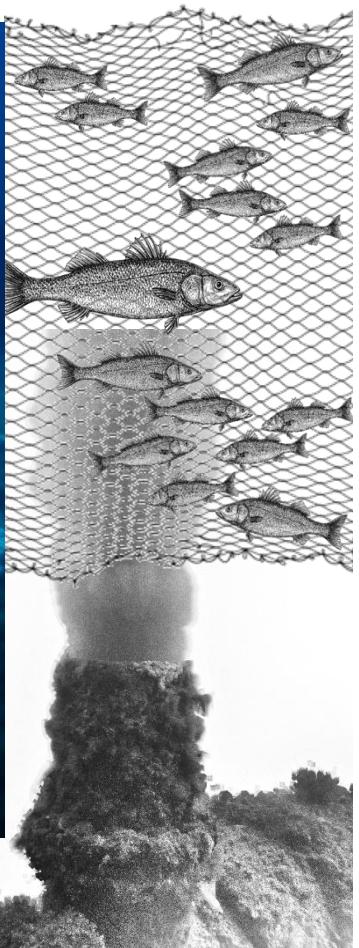
operation.lucerna@gmail.com

Ainsi, grâce à la soumission des photos dans le cadre d'initiatives collectives comme l'Opération Lucerna, cela permet d'offrir une expérience éducative aux participants, en donnant au grand public l'occasion de s'impliquer directement dans des projets scientifiques tout en donnant une dimension populaire à ce genre de programme, ce qui pourrait contribuer à assurer sa pérennité, en termes d'acceptation sociale (Scherhaufner et al., 2018).

Paramétrage et application d'un outil d'Intelligence Artificielle permettant le recensement d'une population de mérou tout en faisant participer le grand public

UNE THESE DE DOCTORAT

“ Réponses des communautés ichtyologiques aux pressions anthropiques locales dans un contexte de changement climatique ”

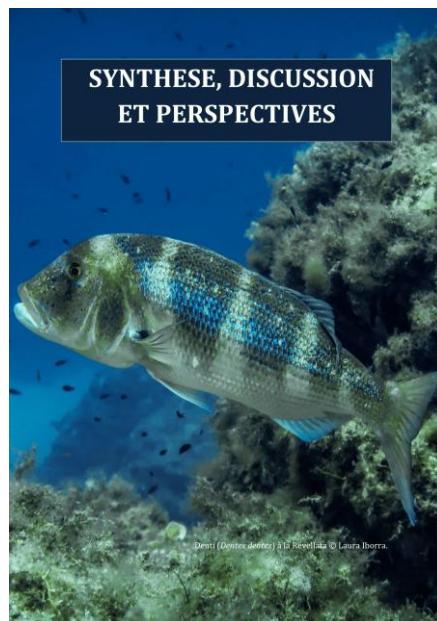
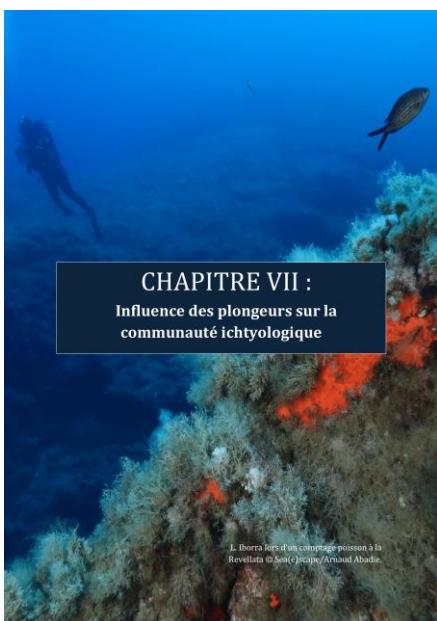
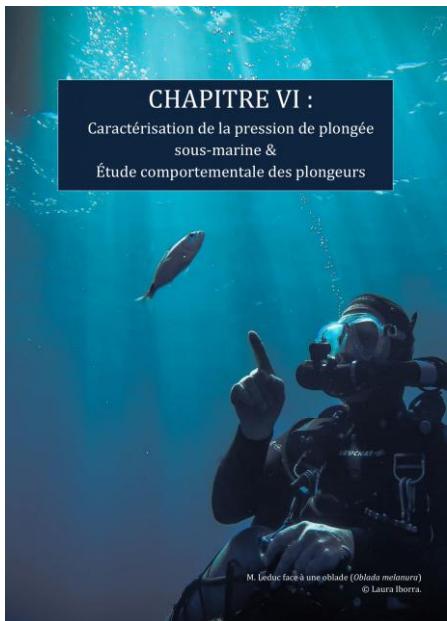
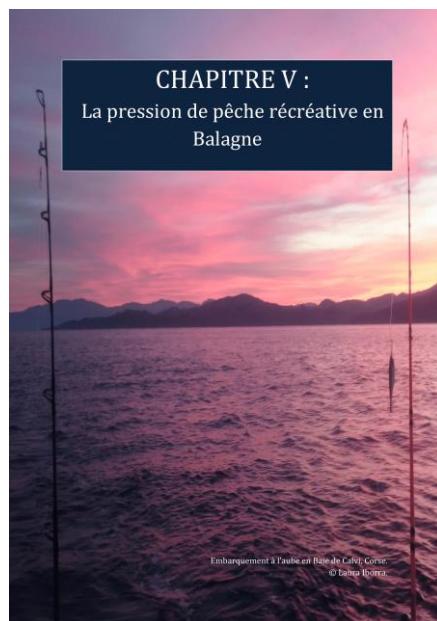
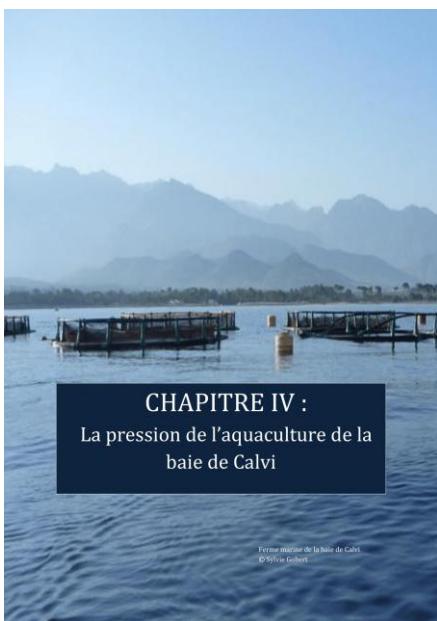
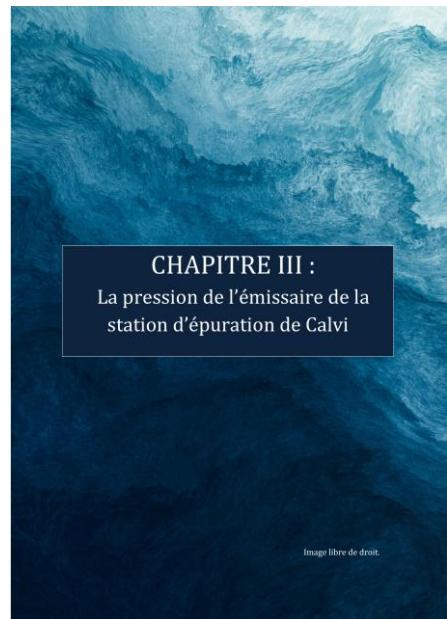
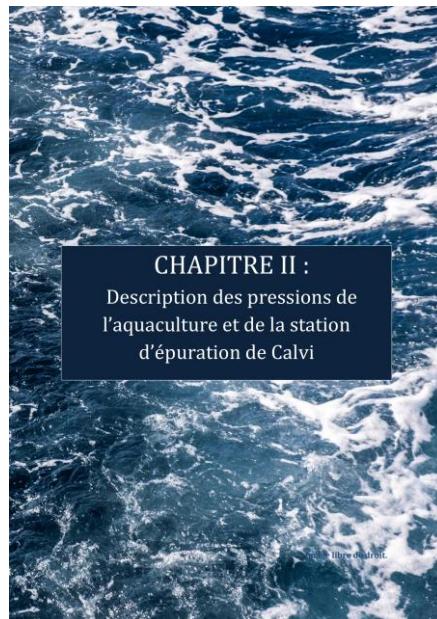
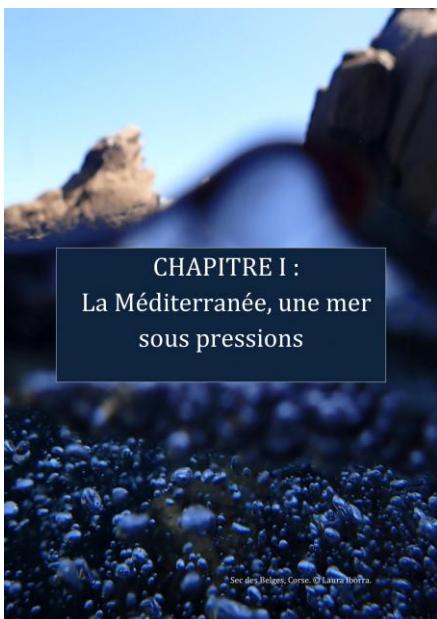


La mer Méditerranée, riche en biodiversité avec **684 espèces de poissons dont 9,2% sont endémiques**, fait face à différents types de pressions anthropiques qui peuvent être aggravées par le changement climatique. Contrairement à la dynamique liée au changement global, les pressions anthropiques locales peuvent être identifiées et gérées plus facilement à l'échelle régionale. Pour cela, il est nécessaire de quantifier et d'évaluer précisément les impacts de ces pressions notamment sur la

communauté ichtyologique.

C'est ainsi, conformément à l'approche générale du « **lien état-pression** » animant le projet STARECAPMED, qu'une thèse doctorale a été finalisée en décembre 2022 étudiant les « **Réponses des communautés ichtyologiques aux pressions anthropiques locales dans un contexte de changement climatique** ». Les travaux examinent notamment les **effets de quatre pressions anthropiques sur les poissons** dans la baie de Calvi.





Différents chapitres composant la thèse.

Les travaux examinent les effets de quatre activités anthropiques sur les communautés de poissons dans la baie de Calvi:

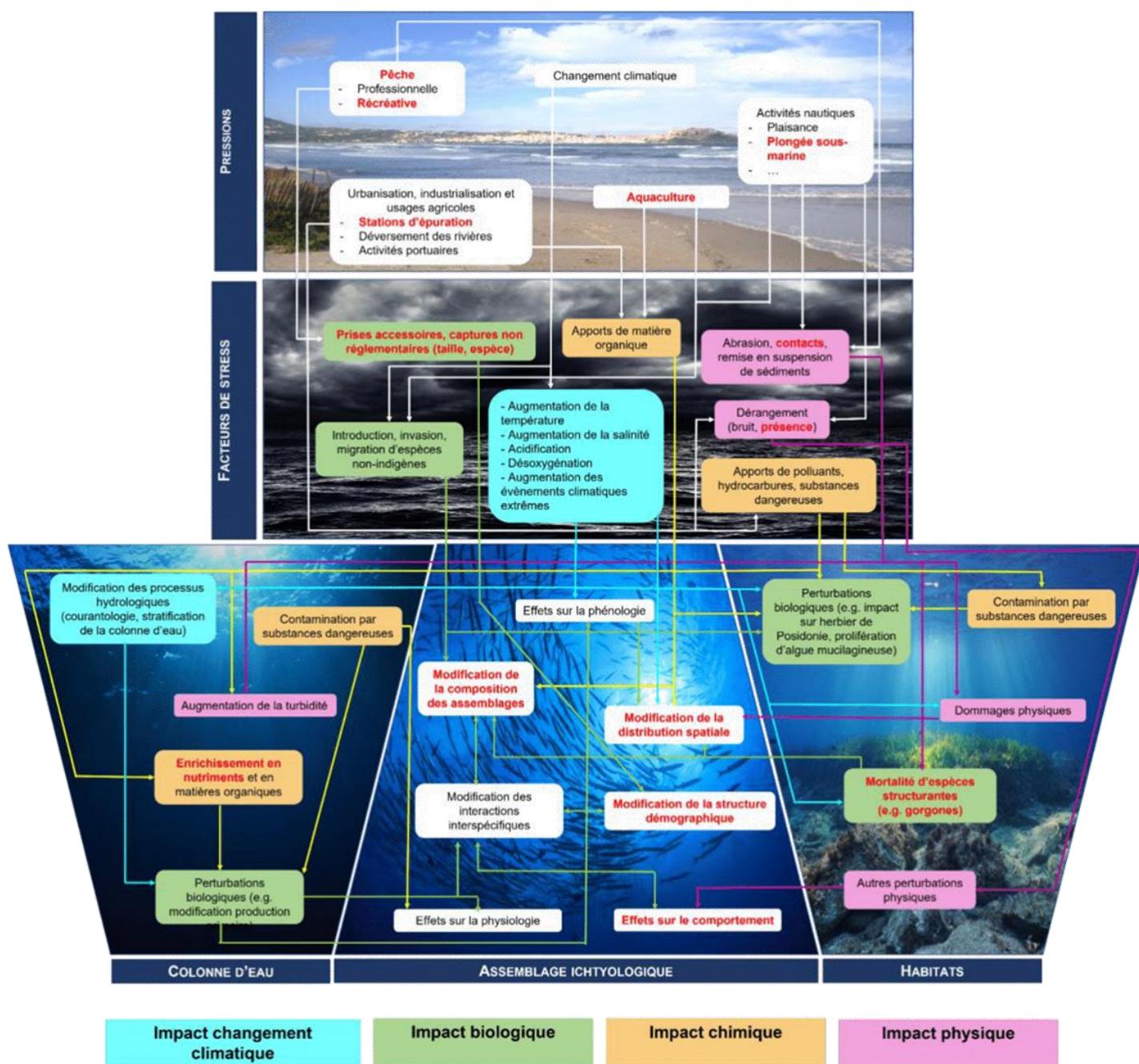
- les effluents d'une station d'épuration,
- une ferme aquacole,
- la pêche récréative,
- la plongée sous-marine.

L'ensemble est discuté dans un contexte de changement climatique.

Pour atteindre ces différents objectifs, le projet doctoral (2019 – 2022) a fait l'objet d'un travail de terrain conséquent et diversifié comprenant:

- de nombreux **recensements visuels sous-marins** des communautés ichtyologiques le long de divers **transects-gradients** depuis les sources des pressions étudiées;
- des recensements stationnaires ou mobiles comparant l'état des populations de poisson et leur comportement avant et après l'arrivée de plongeurs de loisirs;

- des plongées visant à recenser le comportement des plongeurs récréatifs;
- la mise en place de caméras fixes;
- des enquêtes et des évènements de sensibilisation auprès de plongeurs et de pêcheurs de loisirs;
- l'intégration de données physico-chimiques collectées durant des campagnes en mer;
- Etc.



Représentation simplifiée des multiples interactions entre pressions anthropiques, stress et perturbations induites par ces pressions et impacts dans la baie de Calvi. Impacts liés au changement climatique (en bleu), impacts biologiques (en vert), chimiques (en orange) et physiques (en rose). Les paramètres étudiés dans le cadre de la thèse sont soulignés en rouge.

Quelques résultats clés

L'EMISSAIRE

- Les rejets de la station d'épuration enrichissent localement l'eau en nutriments sans pour autant affecter l'abondance ou la diversité des poissons;
- Des déchets visibles sur l'herbier de posidonie indiquent une inefficacité dans le traitement des eaux usées, notamment lors des maintenances ou des pluies violentes qui entraînent un débordement des systèmes de traitement.



L'AQUACULTURE

- La présence d'une petite ferme aquacole (produisant 8 à 10 tonnes / an) augmente localement l'abondance et la diversité des poissons autour des cages, bien que cet effet soit géographiquement limité (< 50m);
- La saisonnalité n'a pas affecté l'abondance totale, indiquant la présence d'espèces résidentes à l'année autour des cages;
- Il est suggéré que les opérations d'aquaculture à petite échelle, avec des exigences de haute qualité, pourraient être un bon compromis pour le développement d'une aquaculture plus durable.

LA PÊCHE RÉCRÉATIVE

- La pêche récréative est analysée de manière détaillée, révélant que les pêcheurs locaux prélèvent 28 tonnes de poissons par an, dont environ 50 % ne respectent pas la taille minimale légale.

LA PLONGEE SOUS-MARINE

- Plus de 25,000 plongées ont été enregistrées en 2019 dans la baie de Calvi, avec un impact notable sur l'habitat des poissons, notamment un contact fréquent avec le substrat;;
- Des interventions pour sensibiliser les plongeurs à réduire leur impact ont été testées;
- Bien que la plongée n'ait pas altéré significativement l'abondance ou la diversité des poissons globalement, l'abondance de trois espèces diminue en présence de plongeurs;
- Les mérous plus grands tendent à fuir lorsqu'ils rencontrent des plongeurs, suggérant un stress comportemental lié à la présence humaine.

Ces résultats sont accompagnés de recommandations de gestion et mettent en évidence l'importance de considérer à la fois les impacts directs et indirects des activités anthropiques sur les écosystèmes aquatiques. Enfin, ces travaux soulignent la nécessité d'intégrer les projections de changement climatique dans la planification et la gestion environnementale pour maintenir la résilience des écosystèmes méditerranéens.

Journée d'échanges et de sensibilisation avec les pêcheurs loisirs de Balagne, permettant d'établir des liens, de collecter de la donnée et de partager des connaissances sur la pêche durable.

Une thèse représentant une avancée significative dans la capacité à comprendre, prioriser et anticiper les impacts des activités anthropiques locales sur les populations ichtyologiques côtières méditerranéennes

Les travaux incluent des recommandations de gestions qui devront être adaptatives en fonction des évolutions futures du changement global.

LE RÉSEAU DE SURVEILLANCE RESPIRE



Un réseau de surveillance du recrutement de poissons sur la côte Méditerranéenne

Initié en 2014 par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse en collaboration avec Ecocean, le réseau de surveillance RESPIRE contribue à la caractérisation des populations de poissons côtiers et à renforcer les connaissances sur leur cycle biologique. Il a en effet pour but de décrire l'évolution spatio-temporelle du recrutement de poissons sur les côtes Méditerranéennes.

Les suivis sont réalisés depuis 2015 sur 23 sites répartis sur la façade Méditerranéenne française dont 1 en Corse

(STARESO, Calvi) et 1 site de comparaison au Maroc. Les suivis sont effectués sur des unités d'observation standardisées (Biohut®) disposées dans les ports sous les pontons ou le long des quais. La méthode d'observation est standardisée selon un protocole précis (issu des programmes NAPPEX (Bouchoucha et al., 2016) et GIREL (Mercader et al., 2017)). Un plongeur s'immerge en apnée et se positionne à 1 m du Biohut® avec une approche discrète afin de limiter les



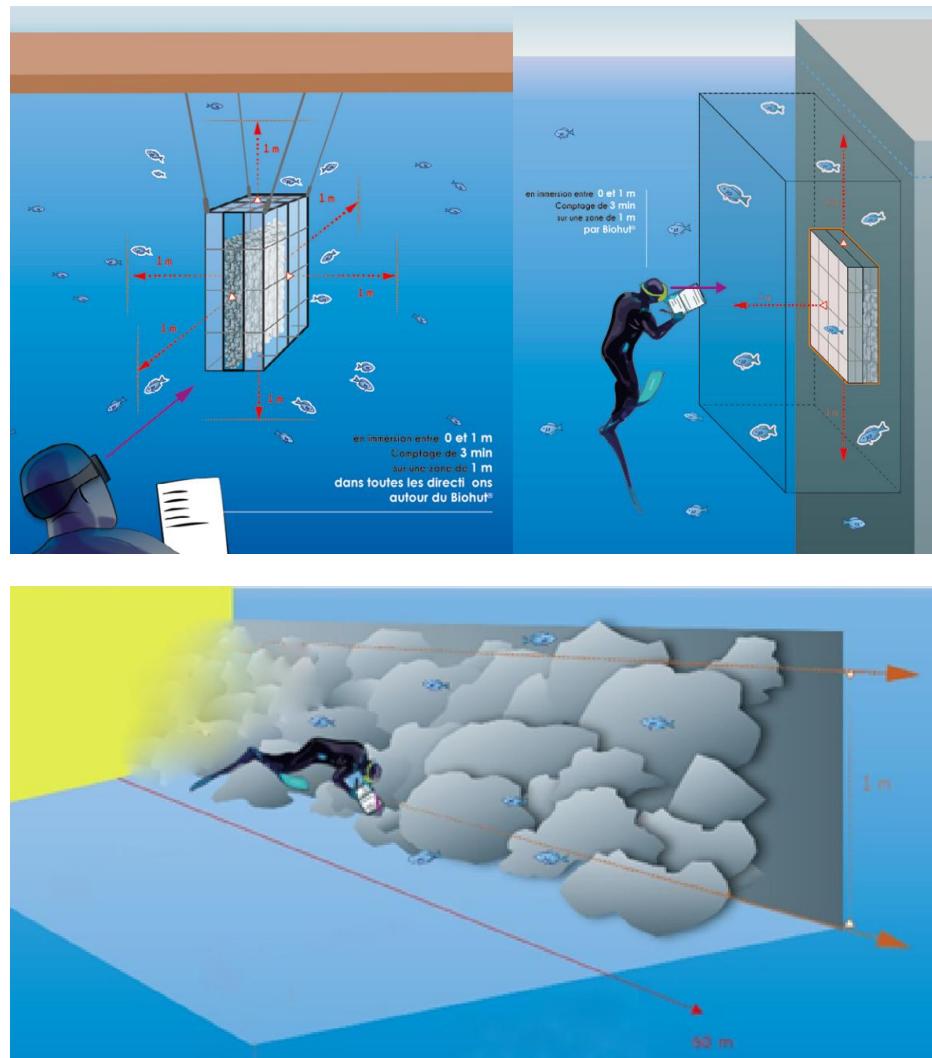
Respire
Réseau pour
le Suivi du Recrutement



Organismes à l'initiative du réseau de surveillance RESPIRE : l'AERMC et ECOCEAN.

perturbations potentielles. Il effectue un comptage des individus < 100 mm, considérés comme des recrues de l'année, des différentes espèces ichtyologiques rencontrées. Le comptage est réalisé sur la tranche (pour les unités fixées sous les pontons) ou sur la face (pour les unités fixées au quai) durant 3 minutes et jusqu'à 1 m de part et d'autre du Biohut®.

Une comparaison avec le milieu naturel proche du port est réalisée, avec un plongeur immergé en apnée entre 0 et 1 m de profondeur qui relève l'espèce, l'abondance et la taille des individus ichtyologiques < 100 mm rencontrés le long d'un transect de 60 m et sur 1 m de large. Ce suivi a été ajusté en 2018 : entre 2015 et 2017, les suivis étaient réalisés en point fixe. Désormais, le suivi par transect est appliqué car il répond mieux aux exigences du terrain. Ces suivis sont réalisés toute l'année mensuellement.



Méthodologie pour la surveillance de l'état du recrutement des jeunes stades de vie des poissons à partir de Biohut® "sous-ponton" (A gauche) ou de "quai" (A droite) et en zone naturelle (en bas).



A



C

(A, B & C)
Plongeurs



B



D

effectuant un suivi sur les Biohuts® en restant dans un premier temps à distance des structures avant de s'en rapprocher au plus près et (D) plongeurs effectuant un suivi sur le milieu naturel proche à la station STARESO.

Entre 2015 et 2023, un total de 8 728 individus appartenant à 13 familles ont été recensés, dont 3 777 individus au niveau des Biohut® et 4 951 individus dans le milieu naturel.

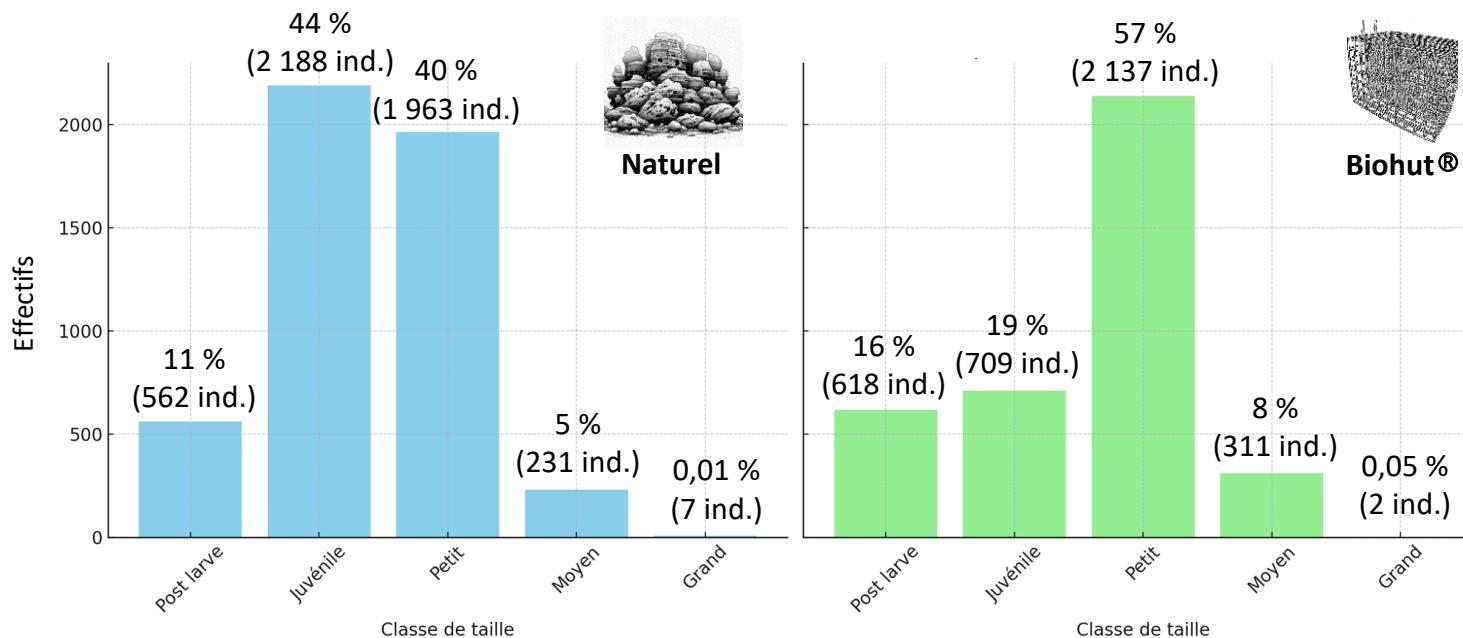
Les espèces les plus représentées, toutes années et mois confondus, dans le milieu naturel proche du port, par ordre décroissant sont:

- les mulets (*Mugilidae sp*),
- les athérines (*Atherina sp*),
- les saupes (*Sarpa salpa*),
- les oblades (*Oblada melanura*),
- les castagnoles (*Chromis chromis*).

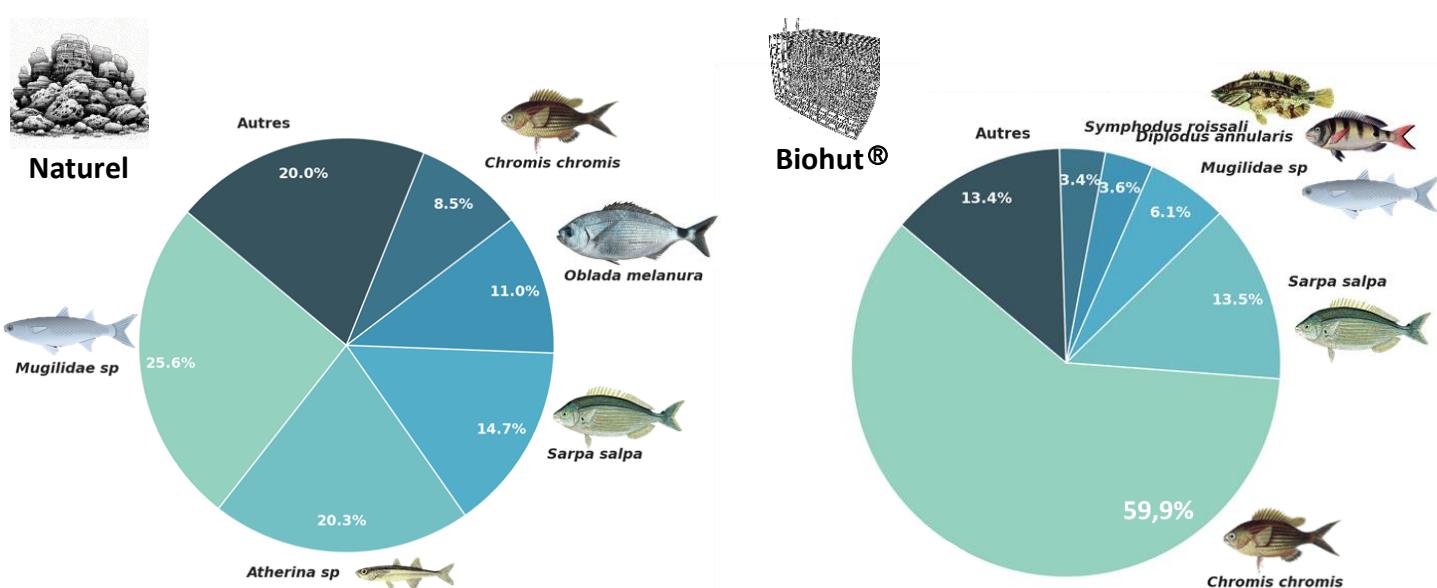
Au niveau des Biohut®, ce sont, par ordre décroissant :

- les castagnoles (*Chromis chromis*),
- les saupes (*Sarpa salpa*),
- les mulets (*Mugilidae sp*),
- les spaillons (*Diplodus annularis*)
- crénilabres à 5 tâches (*Syphodus roissali*).

Une même classe de taille pouvant correspondre à des juvéniles pour une espèce et des adultes pour une autre, des regroupements en 5 classes correspondant aux stades des cycles de vie de chaque espèce ont été réalisés. La distribution entre les 2 milieux est significativement différente pour les classes de taille post-larve, juvénile, petits et moyens. Pour le milieu naturel, proche du port, la classe majoritaire sont les juvéniles, alors que pour les Biohut® ce sont les petits.



Effectifs par classe de taille au niveau du milieu naturel proche du port et des Biohut® et toutes années confondues.



Espèces les plus représentées au niveau du milieu naturel proche du port et des Biohut® et toutes tailles et années confondues.

Par ailleurs, le taux de post-larves présent au niveau des Biohut® est plus important que celui du milieu naturel proche, toutes espèces et années confondues, indiquant qu'ils sont un milieu de vie préférentiel pour cette classe de taille. Le taux de juvéniles est en revanche plus important dans le milieu naturel qu'au niveau des Biohut®, cela est dû à la présence de grands bancs de mullets (*Mugilidae* sp.) et d'athérines (*Atherina* sp.) en milieu naturel.

Le taux de petits poissons fréquentant les Biohut® est plus élevé que celui du milieu naturel avec notamment la présence de très nombreuses petites castagnoles (*Chromis chromis*). Cette espèce est en effet très présente au niveau des Biohut® puisque c'est l'espèce la plus représentée pour les classes de tailles post-larves, juvéniles et petits pour ce milieu.

Le taux de poissons de taille moyenne est aussi plus important au niveau des Biohut® que dans le milieu naturel et représenté principalement par des sparaillons (*Diplodus annularis*). Ce sont cependant des individus opportunistes, puisque cette espèce à ce stade de vie n'est pas exclusivement inféodé aux Biohut®.

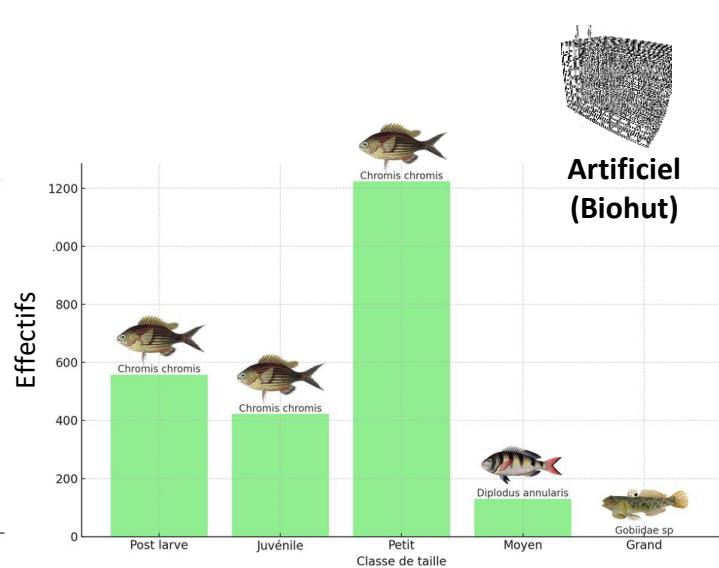
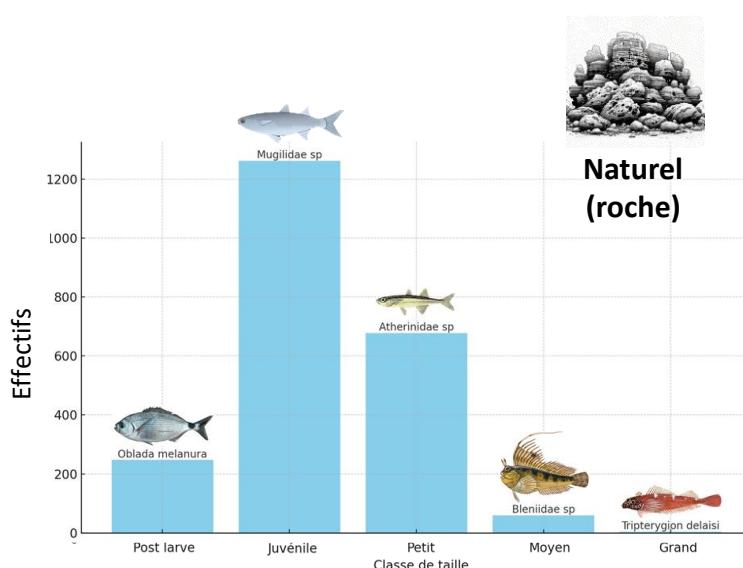
Au niveau des Biohut® comme dans le milieu naturel proche, le taux de grands individus est équivalent. Il est < à 1 % pour les deux milieux, en effet peu d'espèces ont une taille considérée comme grande étant < 100 mm. Ces individus appartiennent majoritairement à des espèces benthiques de petite taille, vivants proche de la surface :

- majoritairement *Tripterygion* sp. pour le milieu naturel,
- majoritairement *Gobidae* sp. au niveau des Biohut®.



Tripterygion jaune (*Tripterygion delaisi*) en milieu naturel.

Les espèces les plus régulièrement observées au niveau des Biohut®, toutes tailles et saisons confondues, sont les blennies (*Blenniidae* sp.) avec 38 mois où ces espèces ont été observées dans ce milieu artificiel sur 53 mois d'observations réalisés au total. Dans le milieu naturel proche du port, l'espèce la plus régulièrement observée, toutes tailles et saisons confondues, est le crénilabre à 5 tâches (*Syphodus roissali*) (présent 36 mois sur 53 mois d'observation).



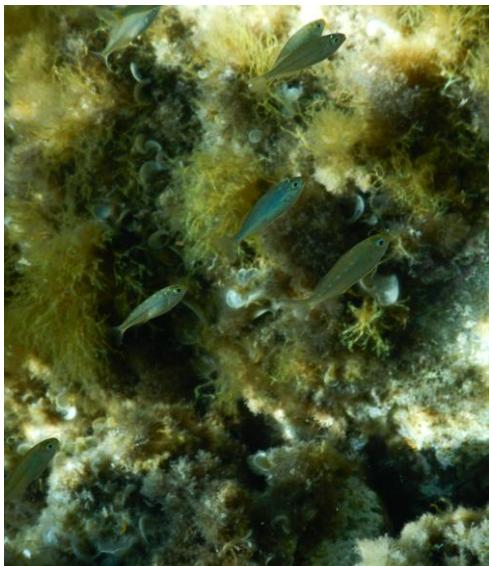
Espèce la plus représentée pour chaque classe de taille au niveau des Biohut® et du milieu naturel proche du port toutes années confondues.

Parmi les post-larves, en milieu artificiel ce sont les blennies (*Blenniidae* sp.) qui sont le plus régulièrement présentes tandis que ce sont les oblades (*Oblada melanura*) en milieu naturel. Pour les juvéniles, c'est la castagnole (*Chromis chromis*) qui est la plus régulièrement observée au niveau des Biohut®, tandis que ce sont les mulets (*Mugilidae* sp.) en milieu naturel proche.

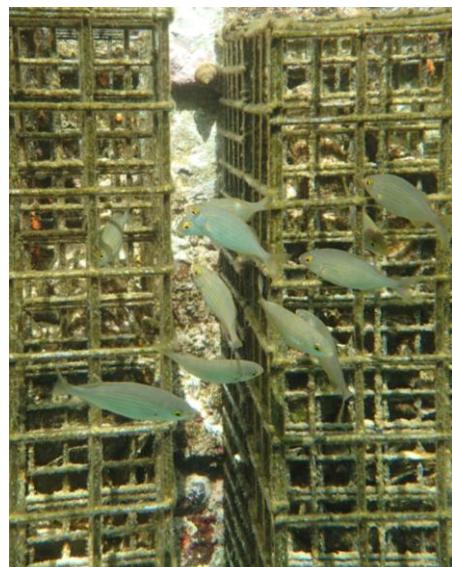
De rares observations d'espèces moins fréquentes mais d'intérêt écologique majeur ont été faites au niveau des Biohut® : Mérou brun (*Epinephelus marginatus*), rascasse brune (*Scorpaena porcus*) et petite rascasse rouge (*Scorpaena notata*). Ce sont cependant de petits individus adultes et non pas des recrues de l'année.



Blennie (*Parablennius zvonimiri*) dans un Biohut®.



Post-larves de saupes (*Sarpa salpa*) (à gauche) et de rougets de roche (*Mullus surmuletus*) (à droite) en milieu naturel proche.



Banc de saupes (*Sarpa salpa*) au niveau des Biohut®.



Rascasse brune (*Scorpaena porcus*) observée au niveau des Biohut®.

Les résultats des suivis depuis 2015 montrent des différences de communautés entre milieu naturel et Biohut®

Bien qu'au total plus d'individus, notamment des juvéniles, aient été recensés sur le milieu naturel que sur les Biohut®, ces derniers semblent être un habitat préférentiel pour les post-larves

L'HERBIER DE POSIDONIE



L'HERBIER DE POSIDONIE



L'espèce *Posidonia oceanica* (L.) Delile est une **espèce protégée** (arrêté interministériel du 15/07/1988) qui forme l'écosystème herbier de posidonie dont la conservation est prioritaire en Europe (inscription à l'annexe I de la Directive Habitat/Faune/Flore n°92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992).

La régression estimée à plus d'un tiers des herbiers sur ces 50 dernières années en Méditerranée (Telesca et al. 2015) est en partie attribuée à diverses pressions locales d'origines anthropiques (eutrophisation, ancrage, aquaculture, urbanisation, pêche) et à l'introduction d'espèces invasives

(Boudouresque et al. 2009, Marba et al. 2014). De plus, étant donné l'importance clé des herbiers et le nombre d'organismes qui, directement ou indirectement, en dépendent (Gobert et al. 2007), leur vulnérabilité face aux pressions anthropiques locales combinées avec le changement climatique (Jordà et al. 2012) doit faire l'objet d'une attention particulière. Enfin, la posidonie est étudiée à la fois en mer comme sur terre, avec notamment un intérêt pour l'enjeu socio-environnemental que représente les banquettes de posidonie.

Sélection d'aspects présentés

LA VITALITE DE L'HERBIER

INVENTAIRE DU STOCK DE CARBONE BLEU DANS LA MATTE

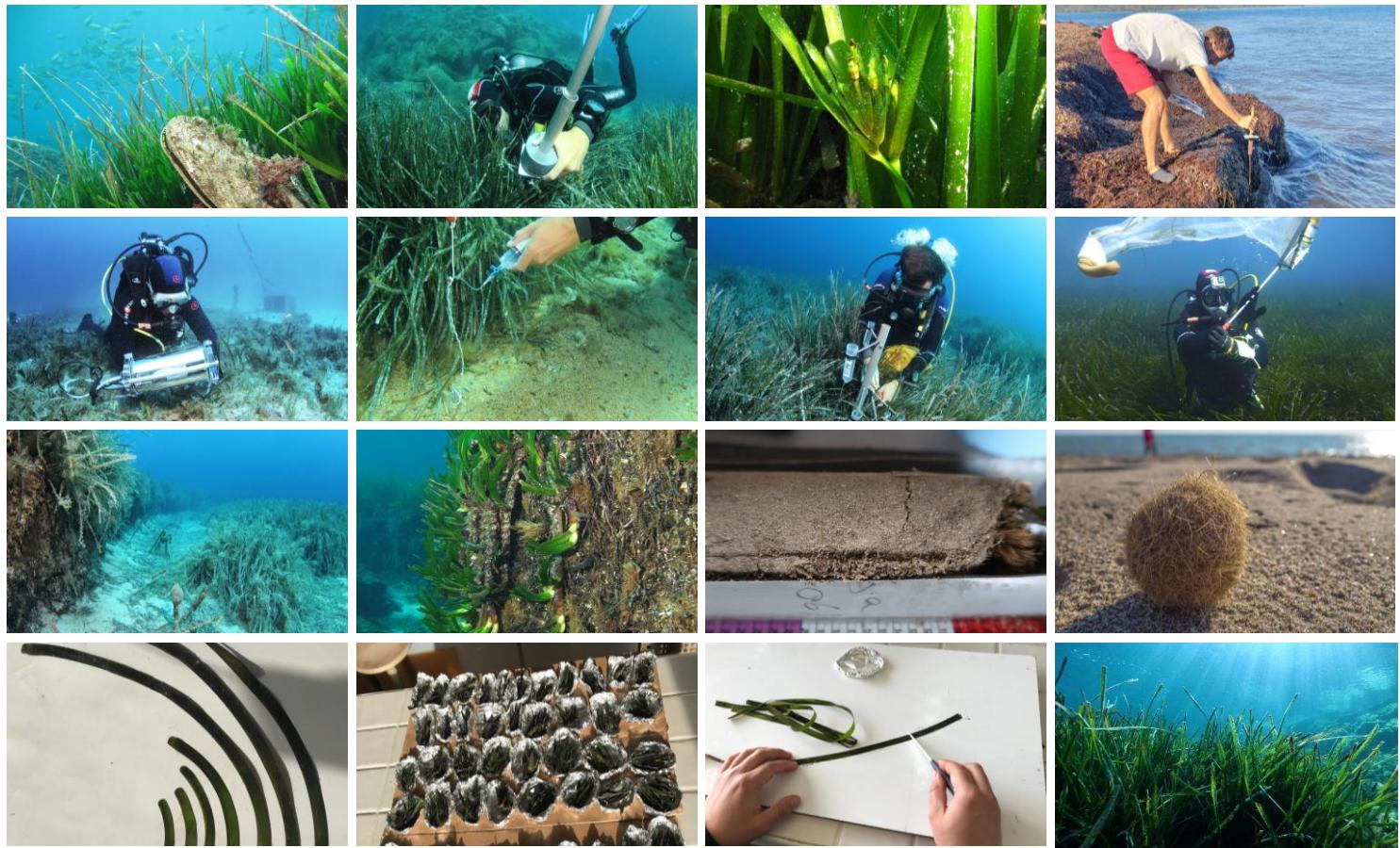
LES FLORAISONS DE POSIDONIE

ÉVOLUTION DE LA LIMITÉ INFÉRIEURE DE L'HERBIER

IMPACT DE L'ANCRAGE

RESTAURATION DES HERBIERS

OUTILS DE GESTION DES BANQUETTES DE POSIDONIE



Dans le cadre de STARECAPMED, la mise en place de suivis et d'études concernant un large panel d'aspects relatifs à l'herbier de posidonie permet une approche holistique de cet écosystème clé représentant environ 18 % des fonds de la baie de Calvi. Ainsi le champ des domaines étudiés relatifs à l'herbier est particulièrement divers et comprend notamment :

- paramètres structurels et fonctionnels,
- phénologie (régime des floraisons),
- méiofaune,
- bilan carbone et flux d'oxygène,
- écotoxicologie,
- physiologie (photosynthèse, allocations des ressources au sein des structures),

- matte et intermatte,
- cartographie et régression,
- impact de l'ancrage,
- banquettes de posidonie,
- aegagropiles,
- etc.

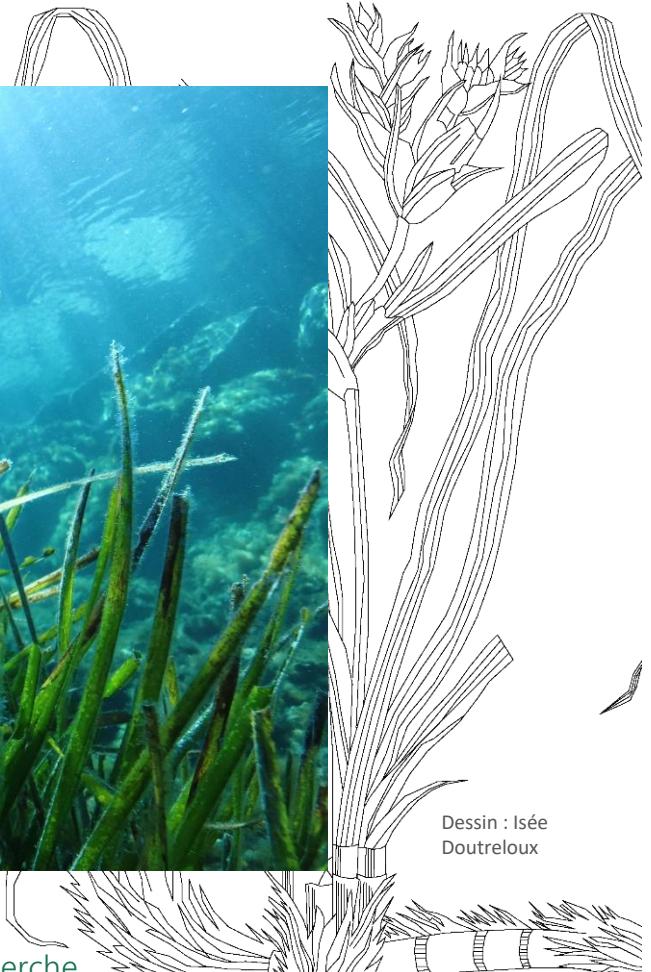
Cette multiplicité des aspects confère à STARESO une expertise permettant d'identifier différents descripteurs de la vitalité de l'herbier, de rechercher les causes de dégradation, ainsi que d'améliorer les connaissances écologiques et physiologiques nécessaires à la compréhension des dynamiques de croissance et à la formulation de mesures de conservation adaptées.

Ainsi, seule une partie du champ d'investigation mené en baie de Calvi autour

de cet écosystème est présentée dans cette partie.



LA VITALITE DE L'HERBIER



Devant l'importance des services écosystémiques rendus par un écosystème tel que l'herbier de posidonie, l'élaboration d'outils tels que des indices permettant d'évaluer sa vitalité est primordial dans le cadre de l'étude de l'impact de pressions anthropiques locales (eutrophisation, ancrage, aquacultures, etc.) ou globales (changement climatique) sur les herbiers. De plus, cette phanérogame marine étant bio-indicatrice de la qualité des eaux marines côtières, l'évaluation de la vitalité d'un herbier permet également d'informer au sujet de la qualité écologique du milieu où elle se trouve. En parallèle de ses

divers projets de recherche, STARESO réalise également de nombreuses études environnementales au cours desquelles l'état de vitalité de l'herbier de posidonie est analysé. La multiplicité de ces travaux participe *in fine* à l'enrichissement du projet STARECAPMED en aiguisant notamment une expertise concernant la connaissance et l'utilité des paramètres de vitalité de l'herbier. La réalisation de suivis d'herbiers de posidonie au sein de la baie via différentes techniques permet à la fois de tester sur le long terme ces méthodes et à la fois d'assurer une veille sur l'état écologique et le fonctionnement des herbiers.

 **Coupe d'un faisceau de Posidonie selon la Méthode Non Destructive (NDSM).**



Evolution spatiale et temporelle d'un herbier en 26 ans

L'historique des travaux effectués à STARESO offre la possibilité de suivre l'évolution des écosystèmes sur parfois plusieurs dizaines d'années. C'est ainsi qu'il a pu être étudié l'évolution spatiale et temporelle d'un herbier de posidonie situé devant la station, dans un site exempt de pressions anthropiques locales, en comparant des mesures géoréférencées et réalisées en 1993, 1996, 1997, 2018 et 2019. Certains sites (à 10 m de profondeur) sont même suivis depuis 1978.

A chaque station sont réalisées des mesures de densité et de biométrie incluant des prélèvements de faisceaux selon une Méthode Non Destructive (NDSM) (Gobert et al, 2020) permettant la repousse des feuilles après la découpe.

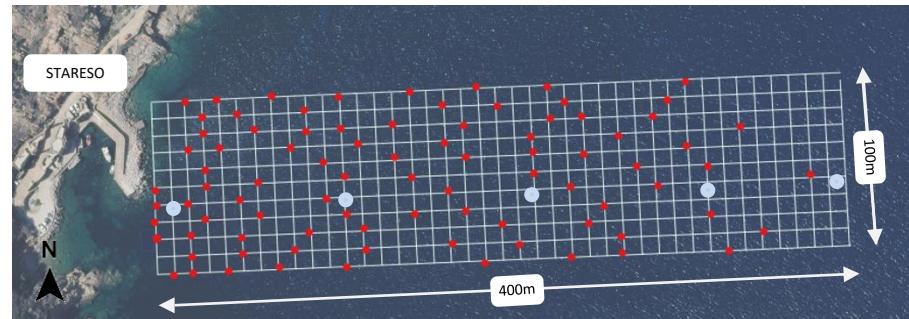
Les premiers résultats de comparaisons montrent une augmentation significative de la densité entre 1993 et 2019. Cette différence entre les données historiques et récentes augmente avec la profondeur.



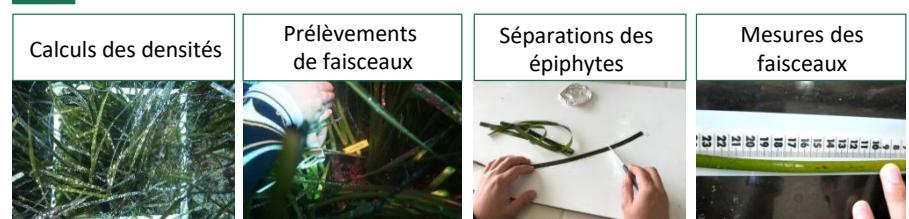
Cette augmentation de la densité est indicatrice d'une eau de bonne qualité. De plus, l'augmentation des températures moyennes annuelles a potentiellement pu, pour l'instant, favoriser la croissance de la plante dans cette partie de la Méditerranée.

Ces travaux (Rondiat, 2020) s'inscrivent dans le cadre d'une thèse en cours réalisée à l'Université de Liège, portant sur l'évaluation de l'état de santé actuel de l'herbier de posidonies de la baie de Calvi, et la mise en évidence des différents impacts des changements globaux sur sa phénologie à court, moyen et long terme. Un nouveau suivi est en cours de réalisation en 2025.

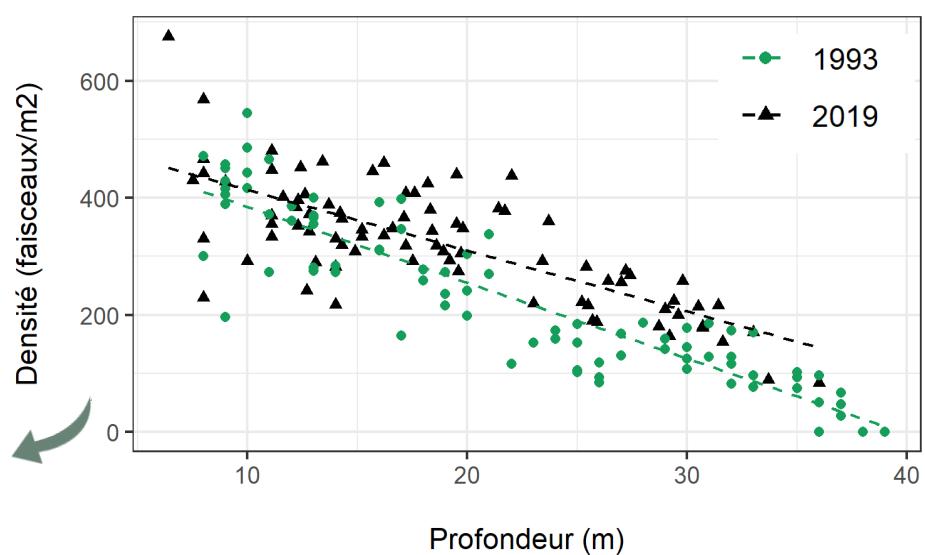
Zone prospectée en 1993 et en 2019 (stations d'échantillonnage en rouge), et prospectée en partie en 1996, 1997 (Gobert et al., 2003; Gobert, 2002) et 2018. Les sites en blanc font l'objet de relevés réguliers de mesures abiotiques.



Exemples d'étapes méthodologiques réalisées pour chaque station.



Densité en fonction de la profondeur en 2019 et 1993.



Evolution d'un herbier en 26 ans sur un site exempt de pressions locales : augmentation de la densité, soulignant un environnement favorable à la croissance

INVENTAIRE DES STOCKS DE CARBONE BLEU DANS LES HERBIERS DE POSIDONIE



Le "carbone bleu" se réfère au carbone stocké dans les écosystèmes côtiers comme les marais salants, mangroves et herbiers marins. Bien que ces zones côtières occupent moins de 2 % du fond marin, elles renferment environ 50 % du carbone des sédiments marins (Nellemann et Corcoran, 2009), montrant une efficacité remarquable en matière de stockage du carbone. Ce stockage se fait principalement dans le sol, rendant ces habitats plus efficaces que les forêts. En effet, le taux d'enfouissement du carbone est environ cinquante fois plus élevé dans ces systèmes côtiers que dans les forêts tropicales, tempérées ou boréales (Mcleod et al., 2011).

Les herbiers de *Posidonia oceanica*, avec leur structure souterraine de "matte" faite de rhizomes, racines, et sédiments, constituent de remarquables puits de carbone en Méditerranée, puisqu'ils sont capables de stocker le carbone pendant des millénaires.



Escarpe de matte de Posidonie en baie de Calvi (crédits photos : Arnaud Abadie).

Un inventaire multi-approches



Bien que le carbone stocké par les herbiers de *Posidonia oceanica* en Méditerranée soit crucial, les données quantitatives concernant l'épaisseur de la matte et la capacité de stockage de carbone des herbiers de *Posidonia oceanica* sont limitées.

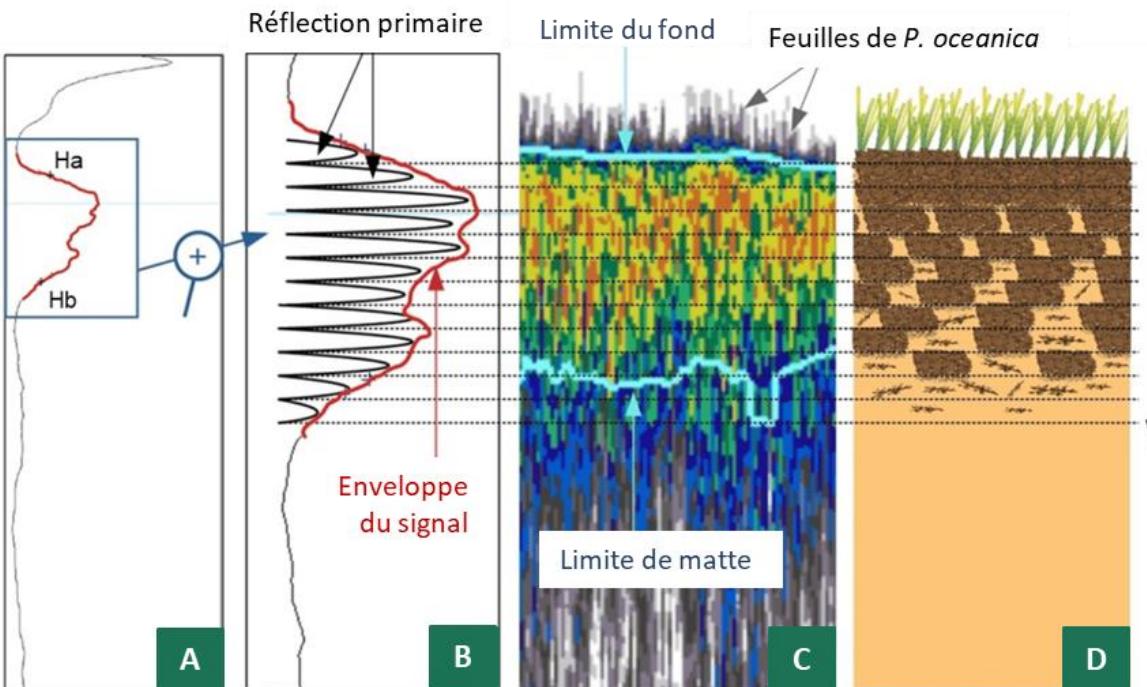


C'est dans un tel contexte, qu'une étude visant à évaluer le carbone stocké dans les herbiers de la baie de Calvi, avec des améliorations de méthodes de cartographie et de carottage de sédiment a été réalisée et publiée (Leduc et al., 2023). Ces travaux s'inscrivent dans la continuité des travaux de STARECAPMED (cft rapport des activités STARECAPMED 2018) ainsi que dans le programme PADDUC CHANGE, visant spécifiquement à surveiller les écosystèmes de carbone bleu et à évaluer leur contribution au bilan global de carbone.

Plus concrètement, les travaux ont impliqué l'utilisation d'images de profilage par sondeur de sous-fond et des analyses biogéochimiques de carottes de sédiment incluant notamment une datation carbone (^{14}C), des analyses de granulométrie ou encore des quantifications de calcium carbonate (CaCO_3) et de carbone organique et inorganique. L'épaisseur de la matte dérivée des données de réflexion sismique a été traitée dans le logiciel ViewSingleBeam développé par Seaviews.

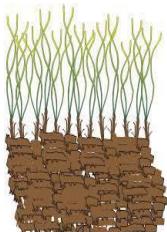


Carottage et traitement d'une carotte.



Interprétation des données acoustiques du sol selon la structure de la matte. Ha et Hb correspondent respectivement à 50 % et 40 % de l'énergie maximale. A) Signal acoustique vertical d'un ping ; B) zoom sur la partie du signal correspondant à la matte ; C) correspondance avec la limite de la matte sur les sonogrammes ; D) description schématique du sol associée au sonogramme.

Un puits de carbone daté et quantifié dans la baie de Calvi

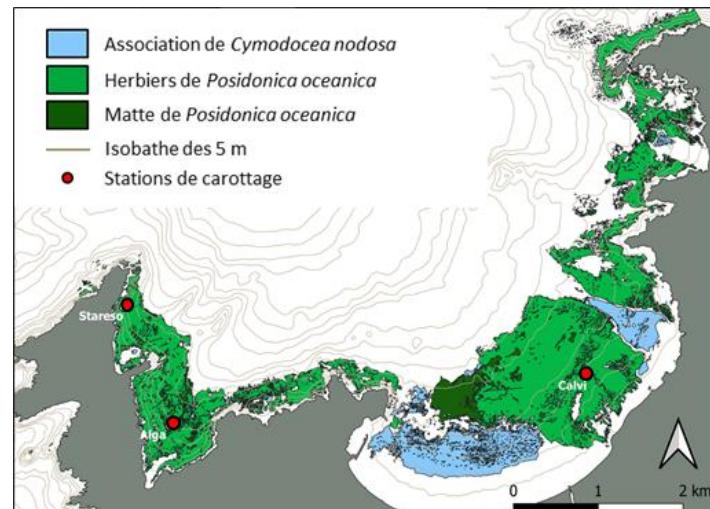


La cartographie des épaisseurs de matte (Fig. A) a permis de déterminer une épaisseur moyenne de $2,2 \text{ m} \pm 0,4 \text{ m}$ au sein de la baie de Calvi, avec une épaisseur maximale de 6 m devant la plage de Calvi.

Cette cartographie (Fig. A), couplée à la cartographie des habitats benthiques marins (Fig. B), a permis d'estimer le volume de la matte dans la baie à $12\,473\,352 \text{ m}^3$.

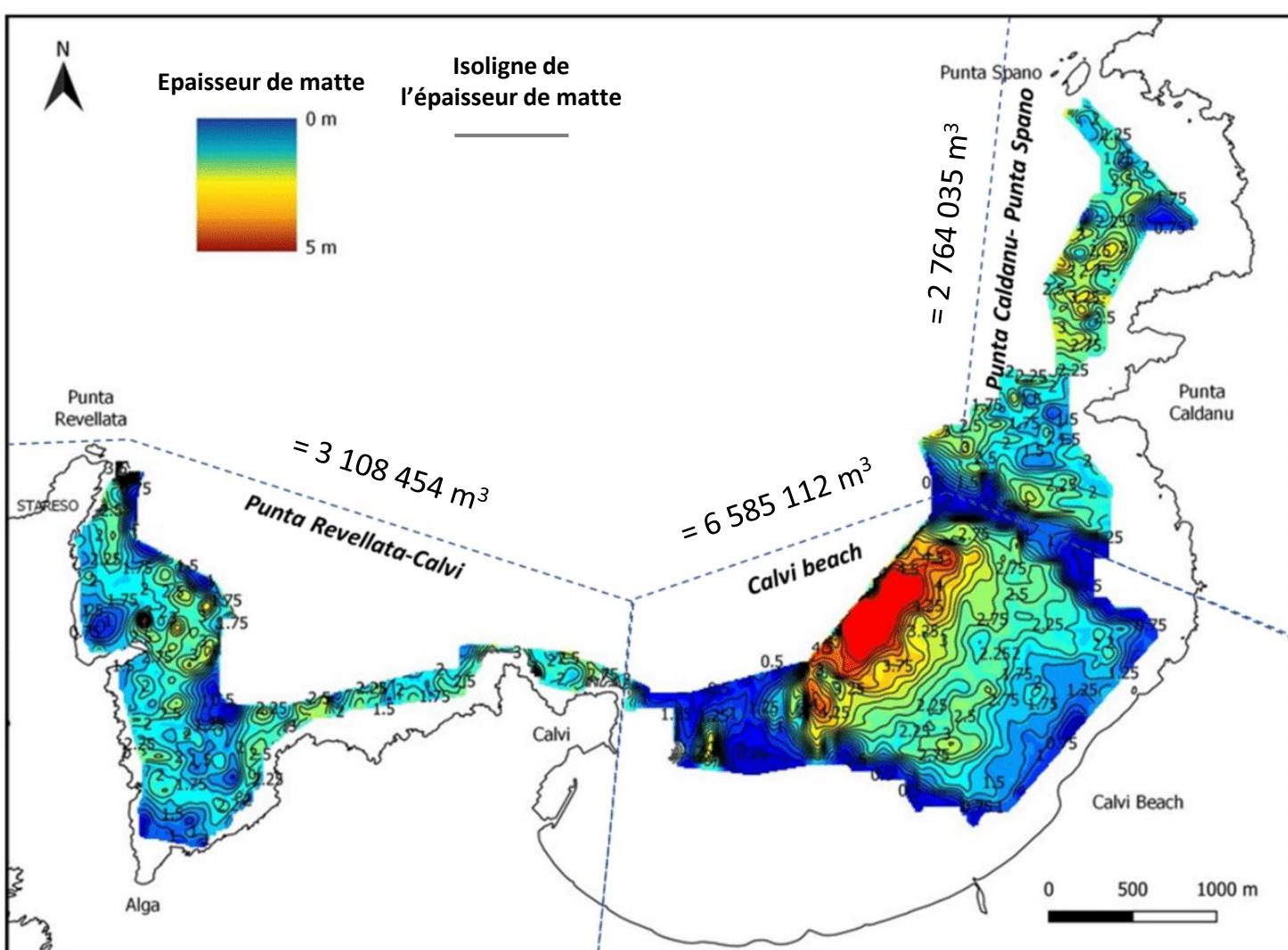


L'âge moyen du premier mètre de matte en baie de Calvi a été daté à $3\,632 \pm 486 \text{ cal yr BP}$, c'est à dire qu'elle aurait été formée il y a entre 4 200 et 3 200 ans.



B Carte des habitats benthiques marins et des trois stations d'échantillonnage.

Les estimations des stocks de carbone à l'échelle de la baie s'élèvent à 389 994 tonnes de carbone organique et 615 558 tonnes de carbone inorganique



A Carte de l'épaisseur de matte dans la baie de Calvi découpée en trois zones pour lesquelles le volume total de matte calculé est précisé.

Quelques résultats clés

- 1) **Datation et succession écologique** : La présence historique de *Posidonia oceanica* dans la baie de Calvi depuis l'Holocène (période datant d'il y a 11 700 ans à aujourd'hui) est confirmée, montrant des changements écologiques dus à des variations climatiques, en particulier un événement d'aridification il y a environ 4 200 ans.
- 2) **Croissance de *P. oceanica***: L'épaisseur de la matte varie considérablement entre les sites au sein de la baie (1.9 à 6 m), liée aux changements du niveau de la mer et aux apports des rivières, influençant la croissance de *P. oceanica*.
- 3) **Variabilité des taux d'accrédition** : Les taux d'accrédition des sédiments varient fortement selon les sites entre 0.64 à 2.15 mm/an (durant les 70 à 170 dernières années), reflétant l'influence des conditions environnementales locales.
- 4) **Influence du substrat** : Les herbiers croissants sur des substrats rocheux présentent des stocks de carbone organique inférieurs à ceux croissants sur des substrats sableux.
- 5) **Capacité de stockage** : Ces données locales confirment une capacité de stockage de *P. oceanica* du carbone organique (20.2 et 50.3 kg/m² dans le premier mètre de la matte) supérieure à celle des écosystèmes terrestres tels que les sols végétalisés boréaux ou polaires (14.9 kg/m² et 11.8 kg/m² respectivement) et les forêts tropicales humides et montagneuses (6.1 kg/m² pour les deux). Elle dépasse également d'autres espèces d'herbiers marins, tels que les prairies australiennes stockant entre 1.1 et 20.1 kg/m².
- 6) **Méthodologie de cartographie** : La cartographie acoustique et les carottages ont permis d'obtenir des évaluations précises des épaisseurs de matte et taux d'accrédition des sédiments, essentielles pour une gestion efficace des stocks de carbone.
- 7) **Conservation des herbiers de posidonie** : L'étude met en avant la nécessité de protéger les herbiers en soulignant les risques liés à leur destruction, notamment via l'ancre, impactant les capacités de séquestration tout en libérant du carbone stocké.



Trace d'ancre au site de l'Alga (crédit photo : Greg Lecoeur).

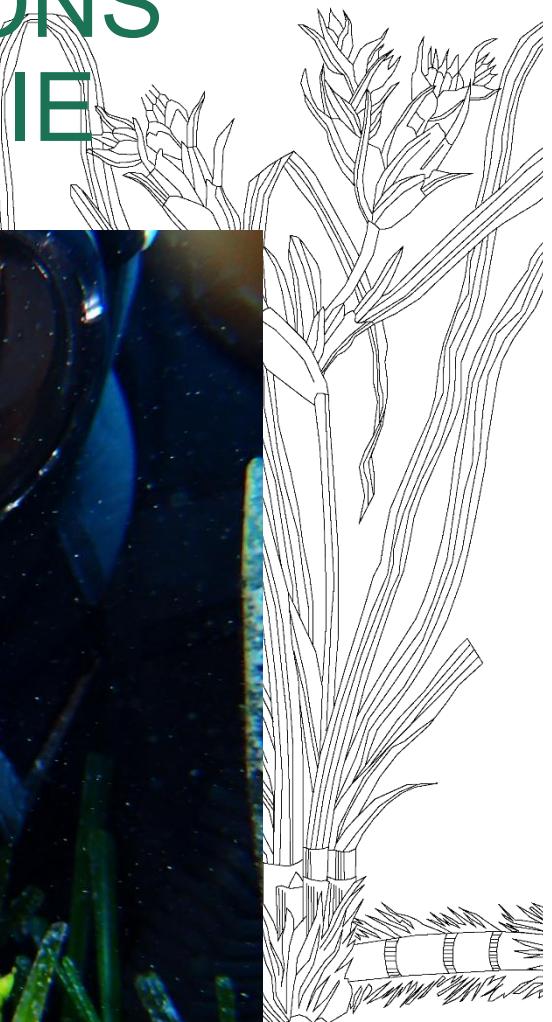


Effondrement d'une portion de matte de Posidonie au niveau d'un escarpement (crédit photo : Arnaud Abadie).

Etude quantifiant les stocks de carbone contenus dans la matte de Posidonie en baie de Calvi et datant leur formation

Ces estimations de stocks confirment des capacités records de séquestrations de carbone constituant de véritables archives biologiques

LES FLORAISONS DE POSIDONIE

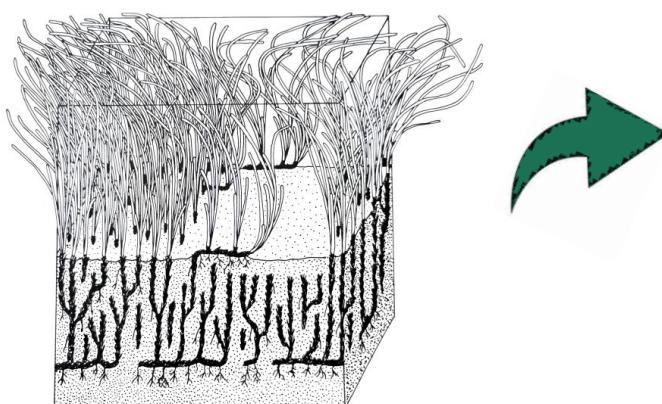


La posidonie fait partie d'une des quatre familles de magnoliophytes marines appelée Posidniaceae. Il s'agit d'une plante à fleurs marine composée de racines, de tiges (rhizomes) rampantes (plagiotropes) et dressées (orthotropes) elles-mêmes coiffées de faisceaux contenant 4 à 8 feuilles chacun (Fig. A). La posidonie est capable de se multiplier de deux manières : par reproduction sexuée et par reproduction asexuée (ou végétative). Cette dernière fonctionne par bouturage et repose sur la capacité de fragments végétatifs arrachés à la plante mère à former de

nouveaux plants en se fixant sur le substrat.

La reproduction sexuée est permise par la capacité de la plante à produire des fleurs vers la fin de l'automne. Ces fleurs vont ensuite murir pour produire des fruits appelés « olives de mer » au printemps suivant (Fig. A). La flottabilité de ces fruits étant fortement positive, ceux-ci dériveront au gré des courants pour parcourir des distances potentiellement importantes puis finiront par se décomposer et libérer une graine qui coulera jusqu'au fond. Ces graines possèdent l'ensemble des éléments

structuraux leur permettant, dans des conditions adaptées, de germer et de produire de nouveaux plants (Fig. A). En effet, le recrutement d'une graine et le succès de sa germination dépendent de plusieurs facteurs tels que le type de substrat (Piazz et al., 1999; Alagna et al., 2013; Balestri et al., 2017), l'agitation du milieu (Piazz et al., 1999), la profondeur (luminosité) et la disponibilité en nutriments (Alagna et al., 2013), et enfin, la salinité de l'eau (Fernandez-Torquemada et Marin-Guirao, 2013).

HERBIER DE POSIDONIE

Coupe transversale d'herbier de posidonie. La ou les graine(s)/bouture(s) initiale(s) ont colonisé le milieu via les rhizomes plagiotropes (horizontaux), et la compétition pour la lumière ainsi que la lutte contre l'ensevelissement par les sédiments se traduisent par une élévation des rhizomes orthotropes (verticaux). La concrétion des sédiments et des rhizomes forment une structure compacte, la matte (Boudouresque et Meinesz 1982).

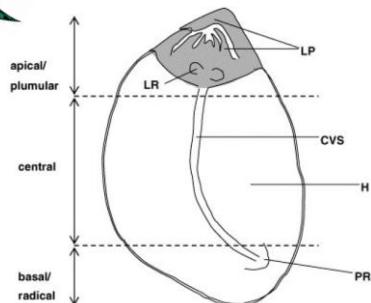
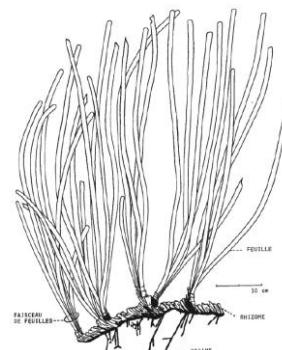
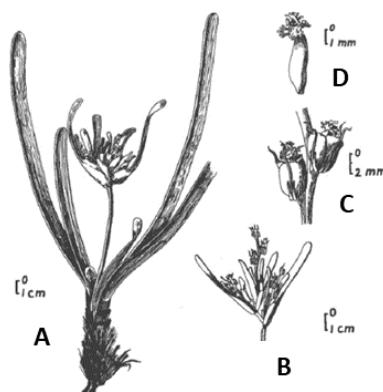
FRUIT « OLIVE DE MER » DE POSIDONIE

Schéma d'une section longitudinale médiane montrant la structure générale de l'embryon divisé en trois zones : apicale ou plumulaire, centrale, et basale ou radicale. L.P. : primordia foliaires formant la plumule, L.R. : primordium racinaire latéral, C.V.S. : canal vasculaire central, H. : Hypocotyle, P.R. : racine primaire (Belzungue et al. 2005, légendé par Theyskens 2007).

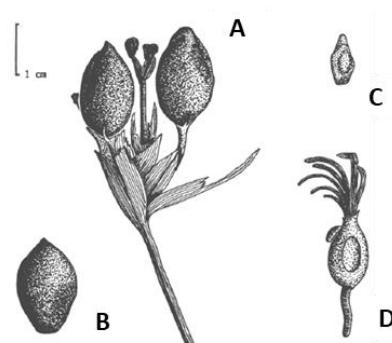
A Structure générale des différents stades du cycle de vie de la posidonie.

PLANT DE POSIDONIE

Aspect général d'un plant de posidonie (Boudouresque et Meinesz 1982).

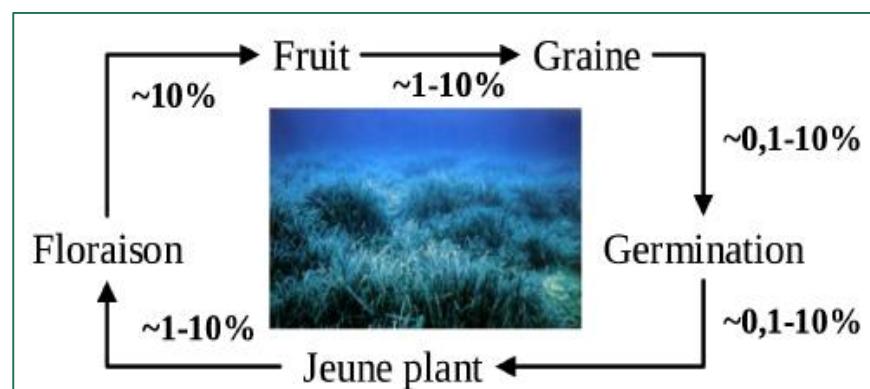
FLEUR DE POSIDONIE

Posidonie en fleurs. (A) Un faisceau de feuilles portant une inflorescence. (B) Une inflorescence isolée. (C) Deux fleurs portant chacune 3 étamines entourant un ovaire surmonté d'un stigmate denticulé. (D) Ovaire isolé surmonté de son stigmate denticulé (Boudouresque et Meinesz 1982).

FRUCTIFICATION D'UNE FLEUR DE POSIDONIE

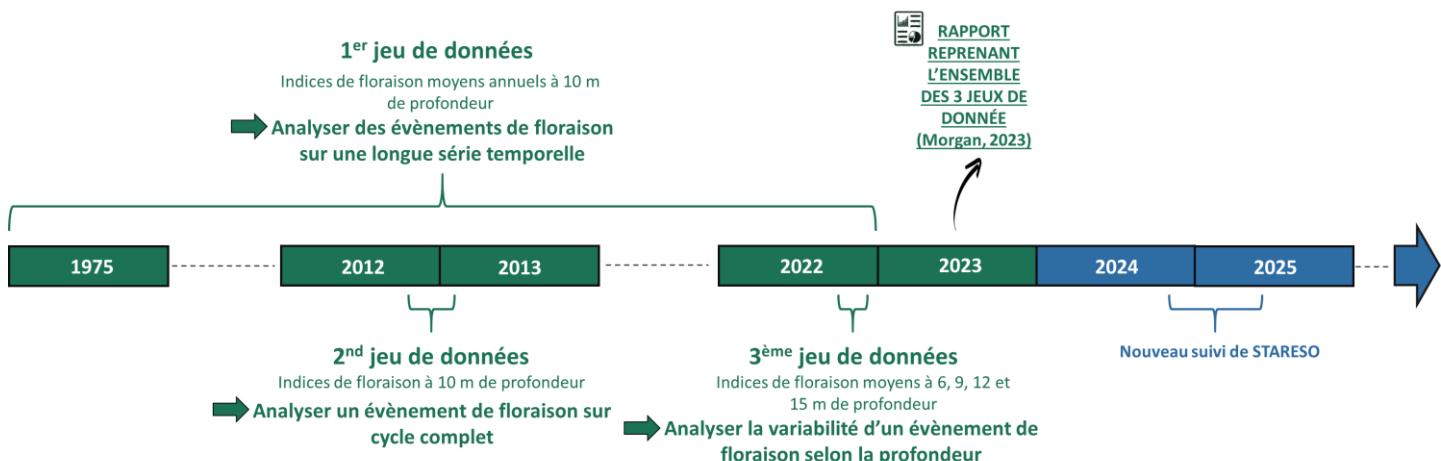
Fruits de posidonie. (A) Pédoncule supportant 2 fruits matures et plusieurs fleurs ayant avorté. (B) Fruit isolé. (C) Graine. (D) Graine en cours de germination (Boudouresque et Meinesz 1982).

La posidonie est d'une part une espèce exposée à de multiples pressions tant d'origine anthropique que climatique et, d'autre part, une espèce possédant un cycle de vie et une vitesse de développement influencés et contraints par de nombreux facteurs. En effet, à chaque étape de son cycle de vie, un plant de posidonie doit faire face à de nombreux défis conditionnant le succès de sa reproduction, et la probabilité de parvenir à la génération d'un nouveau plant reste particulièrement faible (Fig. B).



B Estimation pour chaque stade du cycle de vie du succès reproductif des plantes marines (Hemminga et Duarte 2000, revu par Gobert 2002).

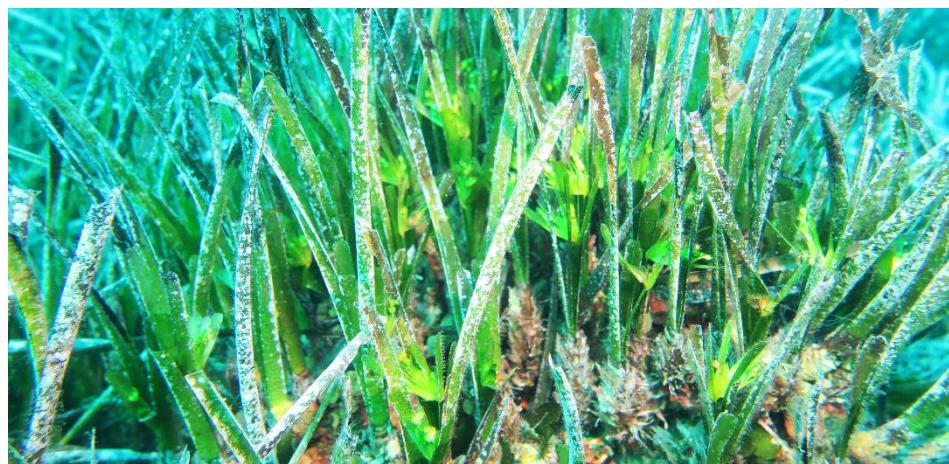
Un suivi des événements de floraison de l'herbier de posidonie et une analyse des facteurs influençant leur occurrence et leur intensité a donc été entrepris depuis 1975 au droit de STARESO (Morgan, 2023). Pour cela, plusieurs jeux de données relatifs à des mesures d'indice de floraison (IF) acquis à différentes fréquences et à plusieurs profondeurs ont été analysés et mis en relation avec des données de températures de l'eau et de sels nutritifs (Fig. C, en vert).



C Rétroplanning des différents suivis des événements de floraison devant STARESO.

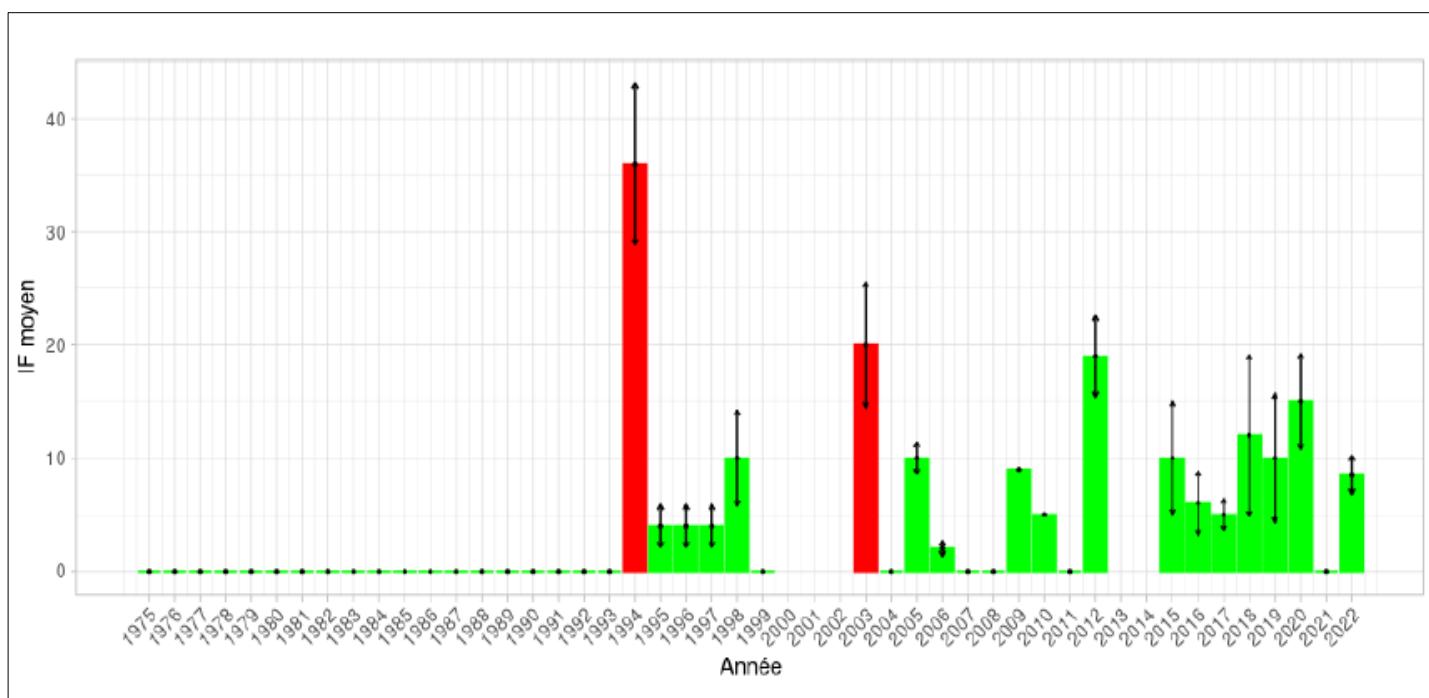
L'IF correspond au nombre de faisceaux fleuris par rapport au nombre de faisceaux total au sein d'une surface déterminée, exprimée en l'occurrence en mètre carré.

$$IF = \frac{nF}{nT} \times 100$$



L'analyse de ces jeux de données, et notamment de la longue série temporelle, démontre que les IFs ont tendance à augmenter avec le temps (+ 0,215/an sur la

période 1975-2022) (Morgan, 2023) (Fig. D). Les IFs maximaux ont été mesurés en 1994 et 2003 avec respectivement 36 et 20 inflorescences par mètre carré.



D Evolution de l'Indice de floraison (IF) annuel moyen mesuré à STARESO à 10 m de profondeur de 1975 à 2022. Les barres rouges représentent les années pour lesquelles un évènement de floraison massif en Méditerranée a été répertorié.

Il a également été mis en évidence que, pour se produire, un évènement de floraison nécessite simultanément de fortes températures estivales, des températures particulièrement douces et une bonne disponibilité en sels nutritifs au printemps (en avril et en mai, correspondant à la période d'accumulation maximale de ressources par la plante), et enfin un écart important de température entre l'été et l'hiver.

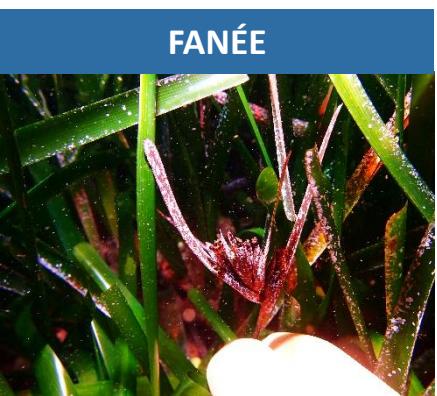
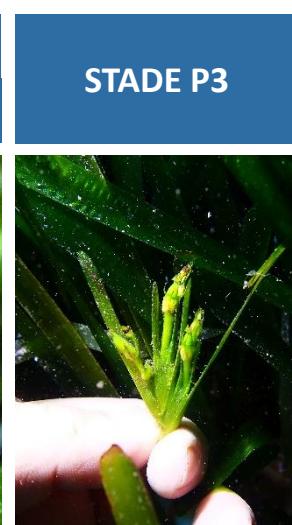
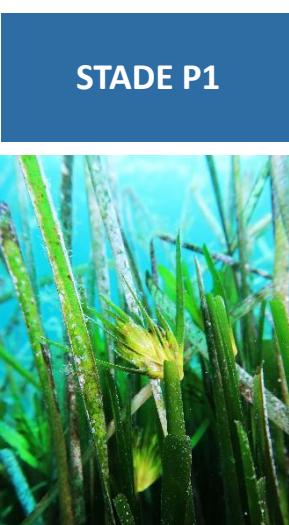
C'est dans ce contexte et afin d'affiner l'analyse temporelle et la compréhension de ces évènements de floraison, qu'un nouveau suivi mensuel a été initié en octobre 2024 par STARESO au droit de la station (Fig. C, en bleu). Celui-ci consiste à (Fig. E) :

- identifier la date de première observation de fleurs
- noter la profondeur maximale d'observation de fleurs

• réaliser 6 quadrats de 40x40 cm (Fig. E1) à 5, 10 et 15 m de profondeur au sein desquels sont mesurés :

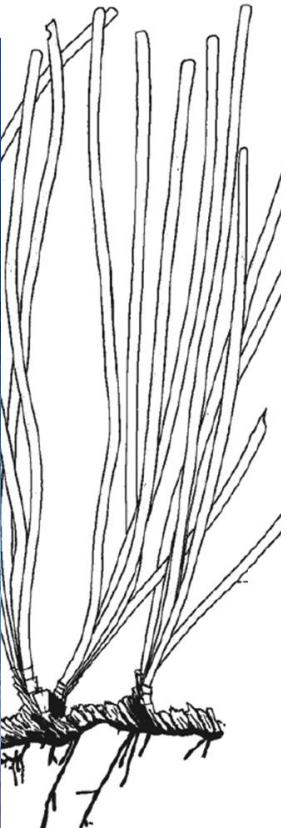
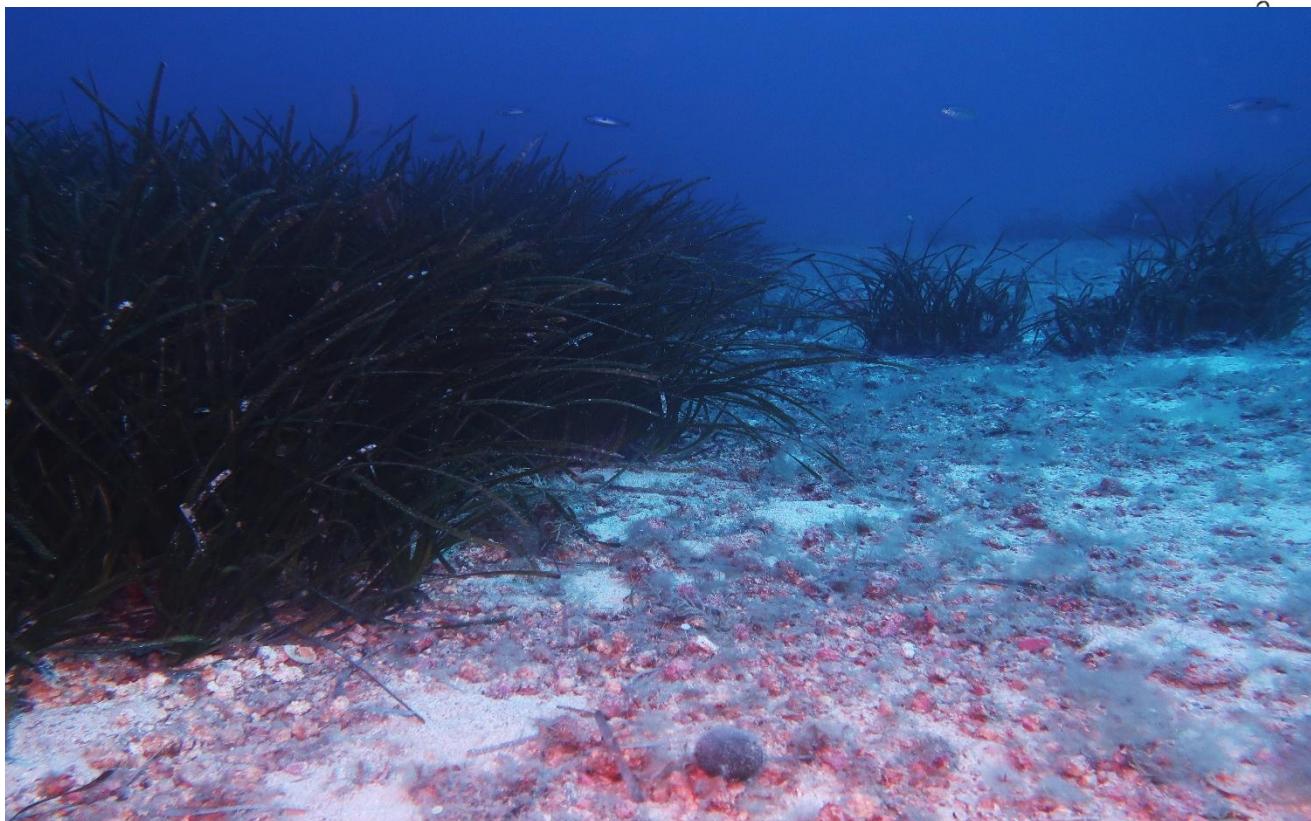
- le nombre total de faisceaux de posidonie,
- le nombre total et par stade de floraison (P1, P2, P3, P4, fanée, broutée) d'inflorescences,
- la longueur de la tige et le stade de floraison pour 3 inflorescences choisies aléatoirement (Figure E2). Ces 3 inflorescences ont également été photographiées afin de confirmer, à posteriori, leur stade de floraison (Fig. E3).

Les résultats de ce nouveau suivi seront développés dans le prochain rapport du programme STARECAPMED 2025-2026.



E Illustration du protocole du nouveau suivi des évènements de floraison de STARESO initié en octobre 2024 à 5, 10 et 15 m de profondeur (1 : plongeur de STARESO en train d'effectuer une mesure de densité de faisceaux au sein d'un quadrat de 40x40 cm ; 2 : mesure de la tige d'une inflorescence ; 3 : photographie d'une inflorescence ; en bleu : les différents stades de floraison considérés).

EVOLUTION DE LA LIMITE INFÉRIEURE DE L'HERBIER



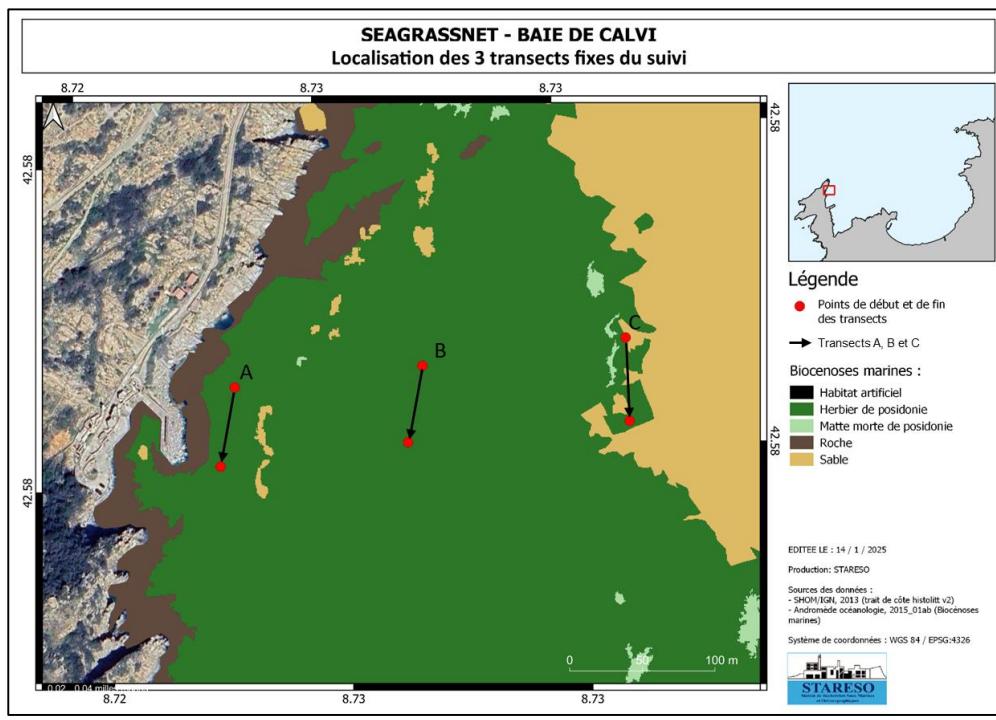
SeagrassNet (Seagrass Monitoring Network) est un programme mondial de surveillance écologique en pleine expansion qui étudie et documente l'état des ressources en **herbiers marins** et les menaces qui pèsent sur ces écosystèmes importants et parfois localement vulnérables. L'objectif général de ce programme est de collecter des données de vitalité de l'ensemble des herbiers mondiaux grâce à une méthode standardisée appliquée par une communauté de scientifiques experts permettant d'étudier l'évolution de leur état de conservation et de formuler des mesures de gestion adaptées.

Concernant l'herbier de posidonie en Méditerranée, un suivi de l'état de vitalité réalisé par le GIS Posidonie a débuté en baie de Calvi en 2006. Depuis 2024, ce suivi a été confié à STARESO. Ainsi, trois transects fixes de 50 m de longueur respectivement situés à 9, 25 et 38 m de profondeur sont considérés (Fig. F). Le long de ces transects, 12 quadrats fixes de 50x50 cm ont été installés.



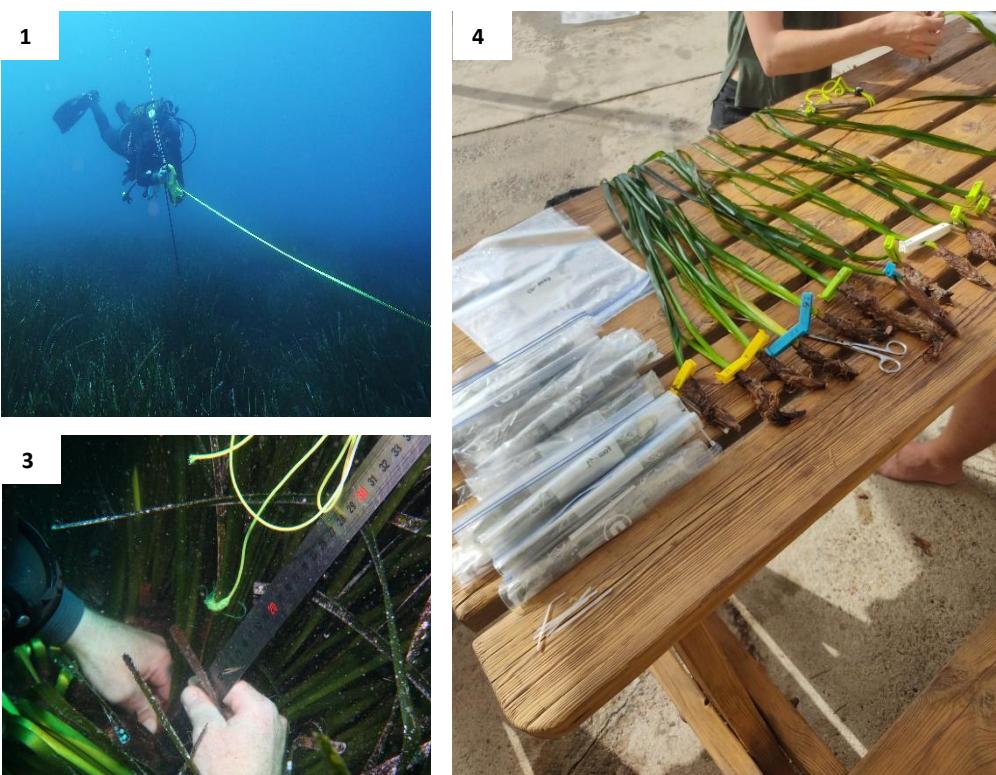
Afin d'évaluer l'état de vitalité de l'herbier, sont réalisés au niveau de chacun de ces quadrats (Fig. G) :

- une mesure du nombre total de faisceaux de posidonie, indicatrice de la **densité de faisceaux** rapportée et exprimée en nb. faisce./m²,
- une mesure du **taux de recouvrement** en pourcentage,
- une mesure du **nombre de faisceaux plagiotropes** exprimée en pourcentage par rapport au nombre total de faisceaux,
- une mesure de **déchaussement** d'un faisceau choisi aléatoirement, exprimée en cm,
- un **prélèvement d'un faisceau** choisi aléatoirement à partir duquel plusieurs paramètres biométriques tels que la surface et la biomasse foliaire et épiphytaire sont mesurés.



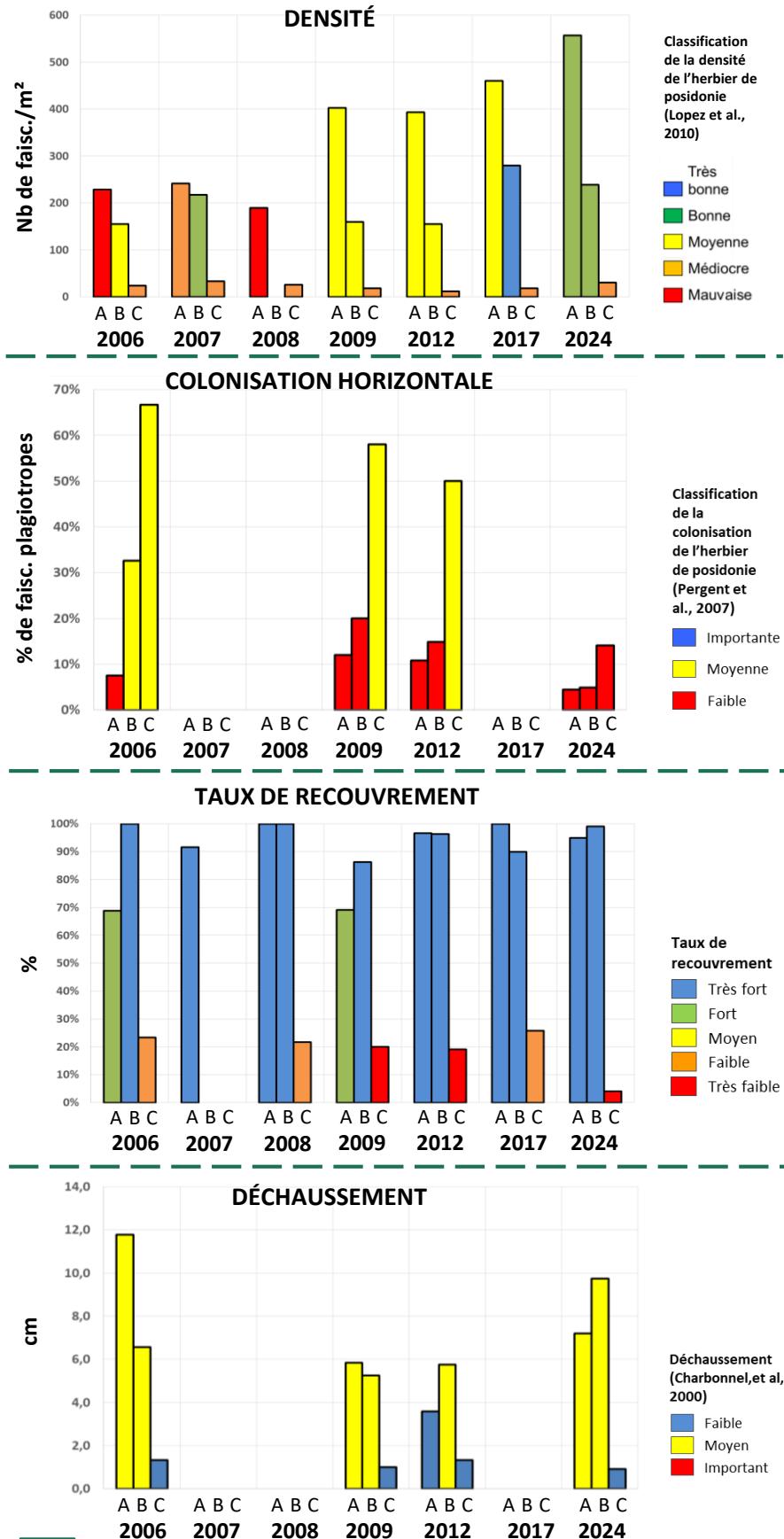
Transect A (195°)											
2	7	8	16	18	25	26	33	38	40	44	46
Transect B (195°)											
9	10	15	17	22	25	28	31	35	37	39	45
Transect C (180°)											
5	7	10	18	19	22	26	34	35	38	43	44

F Localisation des 3 transects et des 12 quadrats par transect de suivi de l'état de vitalité de l'herbier de posidonie. La profondeur des transects est TA : 9 m ; TB : 25 m et TC : 38 m. La position des quadrats dans le tableau est exprimée en m par rapport au point de départ.



G Illustration de la méthodologie employée pour le suivi de l'état de vitalité de l'herbier de posidonie au niveau des 3 transects fixes (1 : pose du transect de 50 m ; 2 : quadrat fixe ; 3 : mesure du déchaussement ; 4 : faisceaux prélevés).

Les mesures ont été effectuées à sept reprises en octobre 2006, 2007, 2008, 2009, 2012, 2017 et 2024 à l'exception du déchaussement et du pourcentage de faisceaux plagiotropes qui n'ont pas été mesurés en 2007, 2008 ni 2017 (Fig. H).

**H**

Graphiques illustrant l'évolution des paramètres de vitalité (densité, colonisation horizontale, taux de recouvrement, déchaussement) au niveau des trois transects de 2006 à 2024.

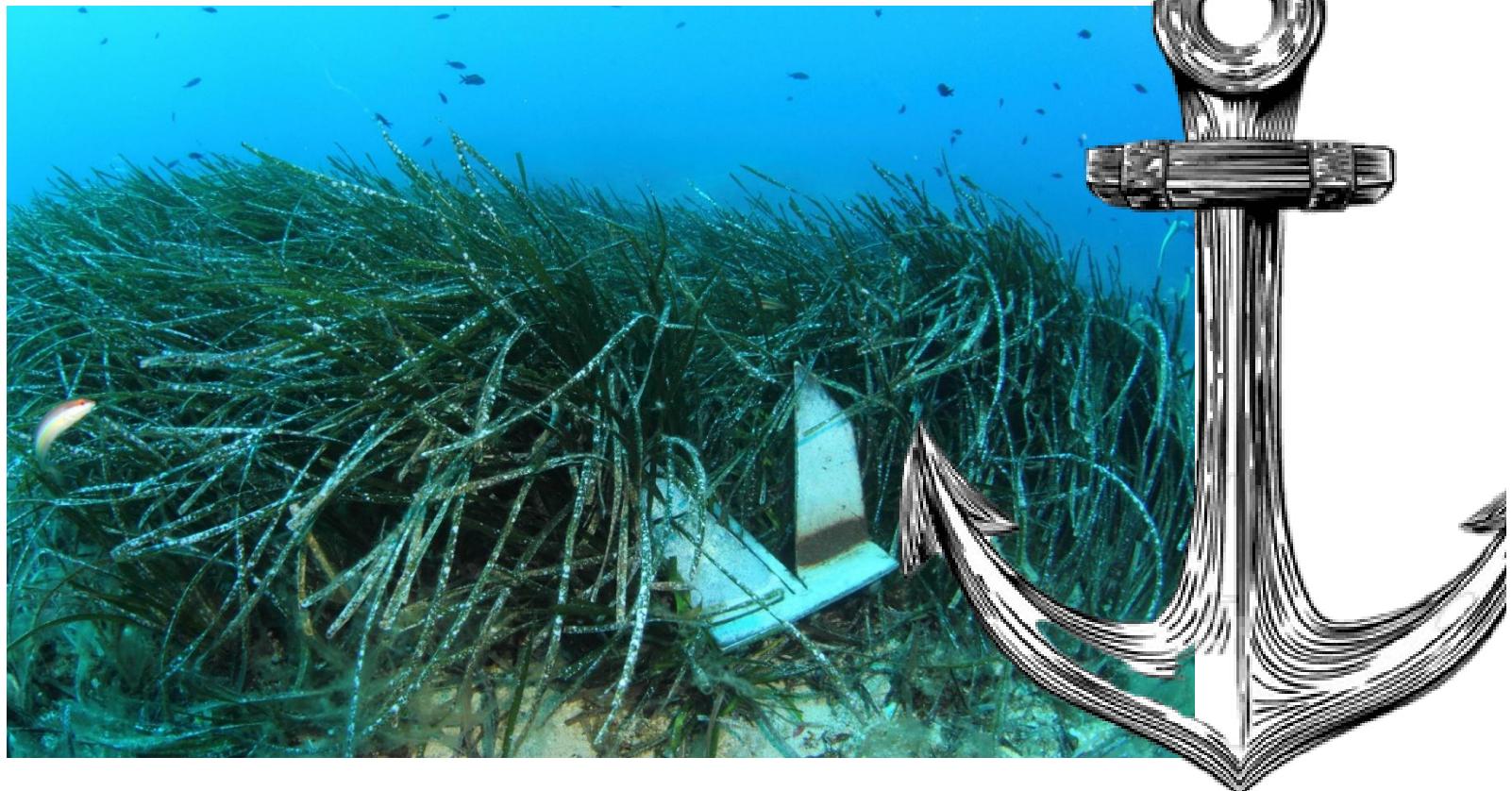
Une relation entre densité des faisceaux et profondeur permet de théoriquement classer l'herbier en 5 catégories : densité très bonne, bonne, moyenne, médiocre ou mauvaise (Lopez et al., 2010). Un herbier peut également avoir une capacité de colonisation horizontale variable selon le pourcentage de rhizomes plagiotropes (< 30 % : faible ; 30-70 % : moyenne ; > 70 % : importante) (Pergent et al., 2007). Par ailleurs, un herbier peut avoir une tenue mécanique plus ou moins bonne selon le degré d'ensablement/déchaussement de ses rhizomes.

Les résultats principaux témoignent, ici (Fig. H) :

- d'une nette augmentation de la densité (+ 58 faisce./m²) au niveau du transect A situé à 9 m de profondeur,
- d'une diminution du pourcentage de faisceaux plagiotropes particulièrement marquée au niveau du transect C situé à 38 m en limite inférieure de l'herbier,
- un taux de recouvrement et des valeurs de déchaussement relativement stables au niveau des transects A et B.

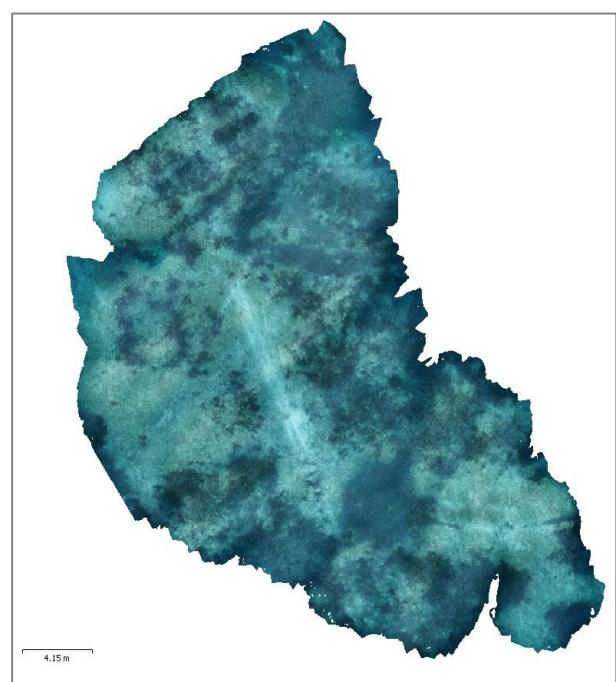
18 ans de suivi SeagrassNet
attestant d'un herbier
stable et en très bon état de
vitalité de 0 à 30 m de
profondeur et caractérisé
par une limite inférieure en
légère regression

L'IMPACT DE L'ANCRAGE SUR L'HERBIER DE POSIDONIE



L'impact de l'ancre sur les herbiers de Posidonie a été largement mis en évidence, notamment via une thèse menée dans le cadre de STARECAPMED (Abadie, 2016). De plus, une étude de la fréquentation plaisancière en Corse réalisée par STARESO a montré qu'environ 1/7ème de la flotte mondiale de la grande plaisance ($> 24m$) arborent désormais les côtes corses chaque été (Fontaine et al., 2019). Or, la taille des ancrues étant proportionnelle à la taille des bateaux, le mouillage de ces navires peut être particulièrement destructeur. Quoiqu'il en soit, l'arrêté cadre 123/2019 pris par le préfet maritime en 2019 interdit désormais le mouillage des navires de plaisance dans un habitat d'espèce marine protégée, autrement-dit, dans l'herbier de Posidonie. C'est dans un tel contexte que le projet STARECAPMED permet d'accompagner la mise en vigueur d'un tel arrêté via le suivi de la fréquentation et de la quantification de la pression de l'ancre sur les écosystèmes benthiques.

Orthophoto d'une trace d'ancre.

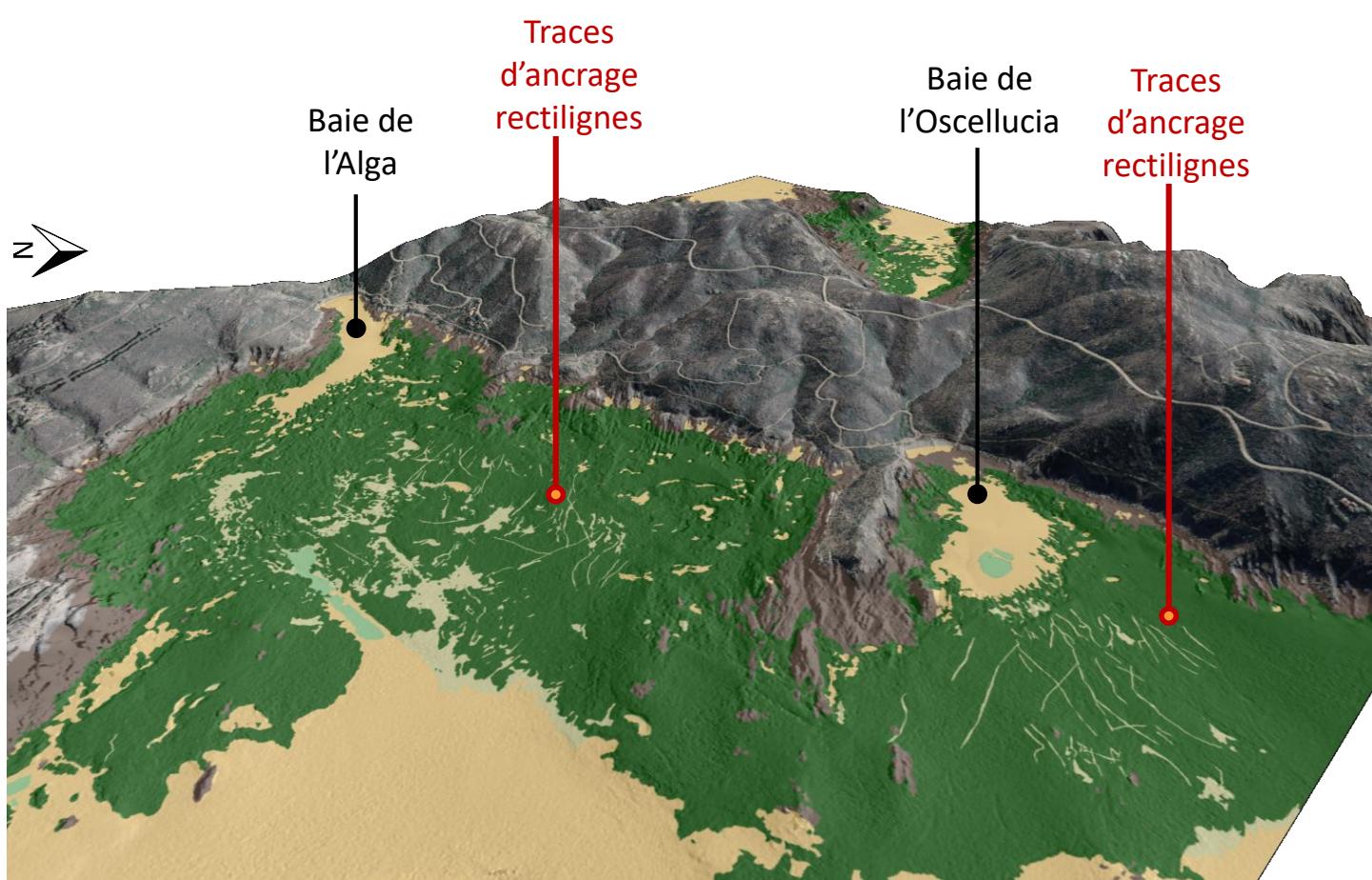
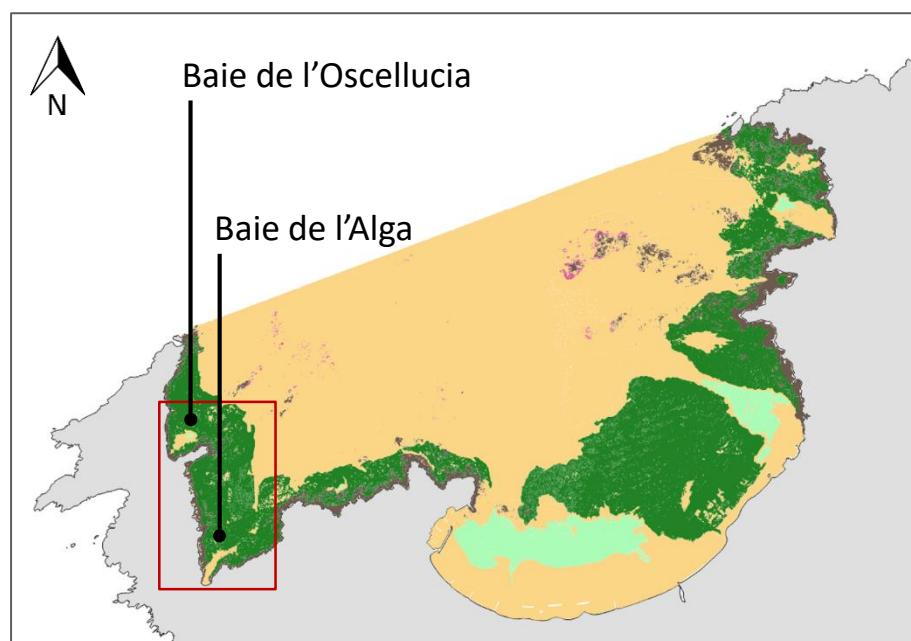


Caractérisation de l'impact de l'ancrage

La baie de Calvi présente des sites de haute fréquentation plaisancière, telles que les baies de l'Alga et de l'Oscellucia, longeant l'Est de la Pointe de la Revellata. Dans ces 2 baies, la fréquentation plaisancière s'accompagne d'un mouillage forain important ayant des conséquences non négligeables sur les herbiers de Posidonie.

Une cartographie fine de la baie de Calvi permet de distinguer un grand nombre de traces d'ancrage laissées par les bateaux. Certaines de ces traces forment de véritables tranchées dans l'herbier reconnaissables sur

les cartographies par des traces de formes rectilignes. Les caractéristiques et les dimensions représentées par ces traces ont pu être déterminées.



Régression de l'herbier

La comparaison des cartographies fines dans la baie de Calvi de 2012 et 2018 révèle des zones de **régession des herbiers** de Posidonie dont la surface et les caractéristiques sont calculables. Parmi ces zones de régression, l'identification de celles imputables à l'ancre est permis par l'identification des formes moyennes des traces d'ancre.



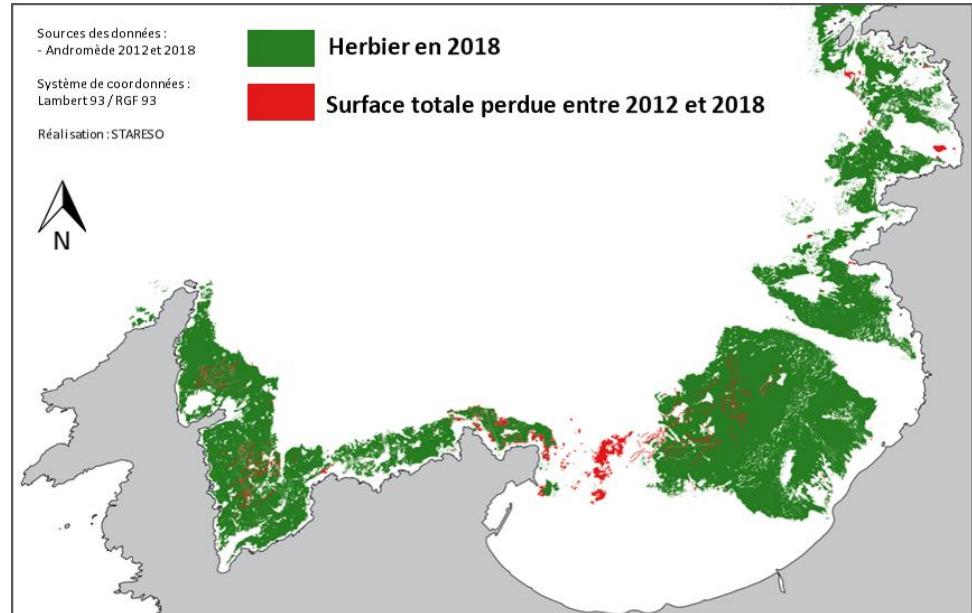
Zoom sur la baie de l'Alga



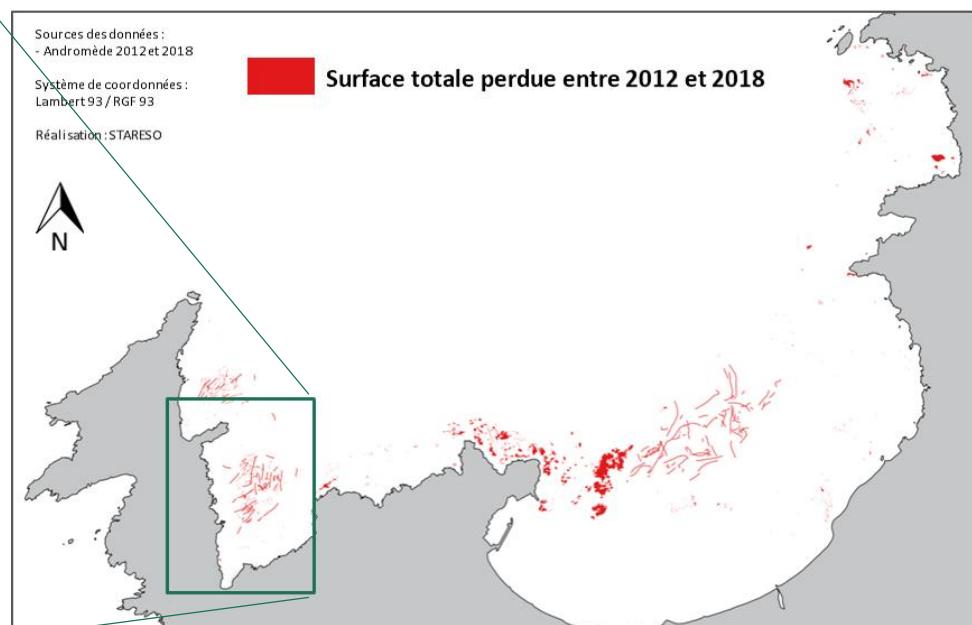
Caractéristiques de ces **traces d'ancre rectilignes** à l'échelle de la baie de Calvi:

Surface totale : 1,43 ha
Surface moyenne : 144,6 m²
Linéaire cumulé : 12 591 m
Longueur moyenne : 99 m
Largeur moyenne : 1,5 m

Evolution des biocénoses d'herbier de Posidonie dans la baie de Calvi



Surface totale perdue entre 2012 et 2018



Protocole de quantification de la pression d'ancrage

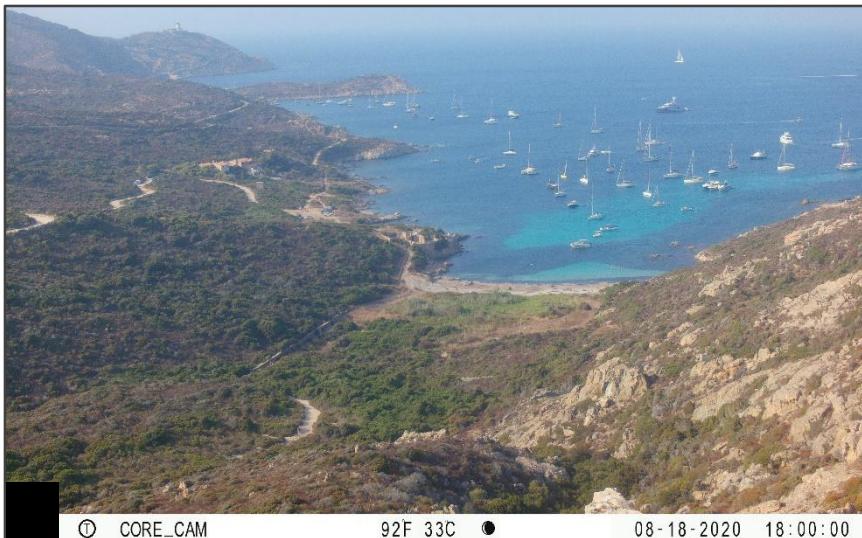
Des suivis de la fréquentation plaisancière sont réalisés depuis 2012 au niveau de la baie de l'Alga et de l'Oscellucia sous forme de comptages journaliers depuis la rive (voir p. 106). Associé au suivi cartographique de la régression de l'herbier, ces suivis ont naturellement mené vers la mise au point d'un **protocole** permettant la quantification de la pression d'ancrage, et ce, sur l'ensemble des biocénoses (p. 168). Le développement et l'application de ce protocole sont actuellement réalisés au niveau de la baie de l'Alga, soit le site de mouillage forain le plus important de la baie de Calvi.

Ce protocole repose sur la prise de **photographies obliques et fixes** à intervalles réguliers et durant la large saison estivale (avril à septembre). La réalisation de **points de calage** ainsi qu'une **validation de la méthode par des vérités terrain** permettent de garantir le **géoréférencement correct** des bateaux.

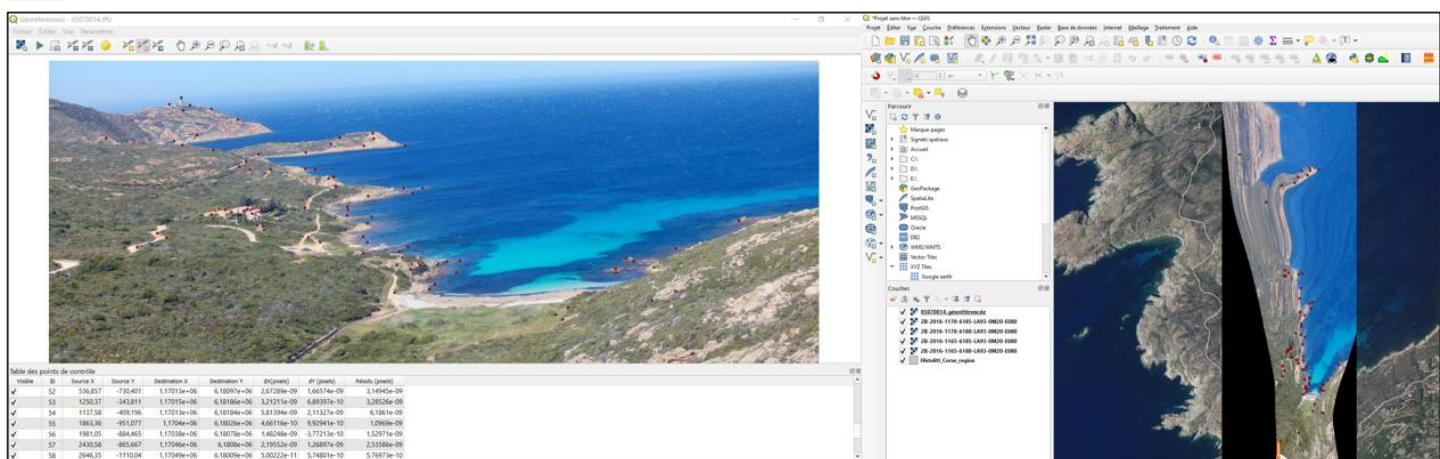
Caméra fixe, surplombant et photographiant à intervalle régulier la baie de l'Alga.



Photographie de la baie d'Alga prise par la caméra fixe au pic de fréquentation annuel (18 août 2021).



Points de calage, géoréférencement et transformation de l'image.



La géolocalisation de chacun des points de mouillage est reliée à :

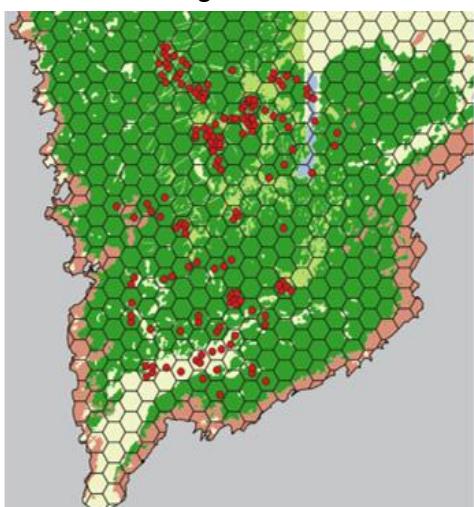
- la hauteur de la colonne d'eau sur laquelle est mouillée chaque bateau grâce au modèle numérique de terrain (MNT);
- la distance à la côte;
- le substrat correspondant au point d'ancre grâce à une cartographie fine.

La mise en relation entre la fréquentation (points de mouillages) et les substrats et biocénoses marines permet finalement de quantifier la pression d'ancre sur les différents écosystèmes.

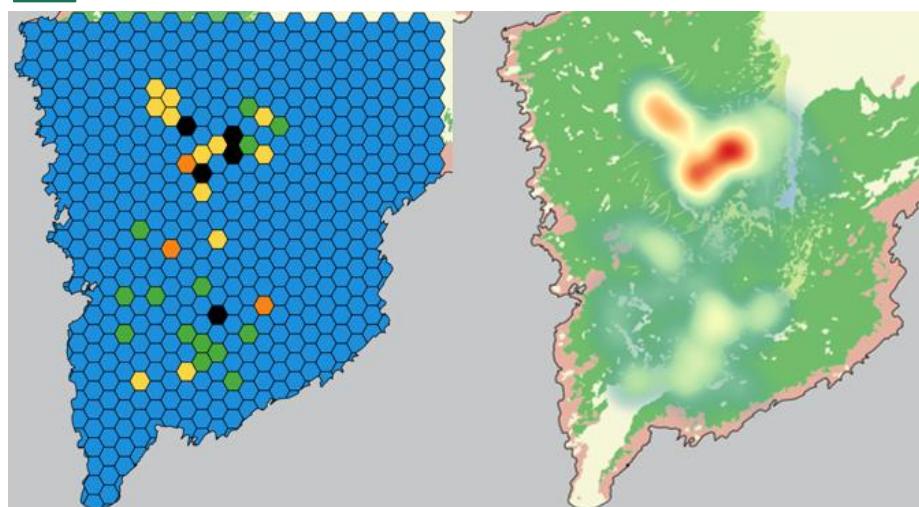
Les résultats de l'analyse des sites d'ancre par substrat en baie d'Alga pour l'année 2021 est donnée page 168.

Ce protocole développé en baie de Calvi constitue ainsi un outil de gestion pertinent, notamment dans un contexte d'essors de la réglementation et de la nécessité de vérifier son efficacité.

Géoréférencement des points de mouillages.



Exemples de représentations de la pression d'ancre.



Régression de l'herbier imputable à l'ancre de 8 ha entre 2012 et 2018

Dimensionnement des traces d'ancre dans l'herbier

Elaboration d'un protocole de quantification de la pression d'ancre

RESTAURATION DES HERBIERS DE POSIDONIE ENDOMMAGES PAR L'ANCRAGE



L'impact destructif de l'ancre des bateaux sur les herbiers de posidonie a été largement mis en évidence (Fig. A; e.g., Abadie, 2016). L'arrêté cadre 123/2019 pris par le préfet maritime de la Méditerranée en 2019 interdit désormais le mouillage des navires de plaisance dans un habitat d'espèce végétale marine protégée (Préfecture Maritime de la Méditerranée, 2019), soit l'herbier de posidonie. Herbier endommagé, mouillage à l'ancre aujourd'hui réglementé, il convient maintenant de participer à la réparation des dommages occasionnés à travers des programmes de restauration écologique. A cette fin, des structures expérimentales, soit des gabions bouturés de faisceaux de posidonie, ont été immergées en juin 2024 sur des zones d'herbier impacté dans la baie de Calvi. Ce projet, financé par la Fondation de la mer, porté par STARESO via le programme STARECAPMED, en partenariat avec l'Université de Liège et le FNRS s'intitule « REPAIR 2.0 : étude de la restauration des herbiers endommagés par l'ancre ».

A

Traces d'ancre dans l'herbier de posidonie (haut ; crédit photo: Greg Lecoeur) et sur de la matte morte d'herbier (bas ; crédit photo: Arnaud Abadie).



Dispositifs et cadre expérimentaux

Une série d'étapes ont été nécessaires à la fabrication des gabions bouturés de faisceaux de posidonie (Fig. B).

- Convoyer cinq tonnes d'empierrement : ballast granite concassé 63/85, depuis la sablière de Balagne jusqu'à la station de recherche STARESO.
- Fabriquer les gabions, soit mettre l'empierrement dans des parallélépipèdes rectangles (58 x 29 x 15 cm) en mailles en acier.
- Collecter des boutures épaves de posidonie (faisceaux naturellement arrachés) dans les intermèttes naturelles de l'herbier.
- Trier les boutures collectées : rhizomes plagiotropes de minimum 15 cm de longueur, avec un minimum de 3 faisceaux foliaires, et les fixer par 30 avec du fil de fer sur des tapis en fibres de coco ; numérotier chaque bouture pour leur identification initiale et ultérieure lors des suivis *in situ*.

Sur les 90 gabions fabriqués, seuls 18 sont bouturés de faisceaux de posidonie, soit 3 gabions bouturés par structures de 15 gabions assemblées sur le fond marin. La mise en place des gabions nus et bouturés a nécessité en amont de l'expérience l'exploration et le choix approprié de deux stations : deux zones de matte morte à une vingtaine de m de profondeur dans la baie de l'Alga fortement impactée par le mouillage des navires de plaisance.

B

Convoyage de l'empierrement et fabrication des gabions, collecte des boutures épaves et fixation sur les tapis en fibres de coco.



Mise à l'eau des gabions

L'immersion, face à la plage de l'Alga, des gabions nus et bouturés s'est déroulée en une seule journée en mer, en juin 2024, grâce au déploiement de moyens logistiques adaptés à l'ampleur du travail à réaliser (Fig. C).

- Les gabions ont été chargés sur une barge, ainsi que les tapis bouturés de faisceaux de posidonie, et stockés dans des bacs remplis d'eau.
- La barge et deux unités de STARESO en appui technique et de sécurité se sont rendues sur la première station (stations préalablement balisées avec des bouées de surface).
- Au niveau de chaque station, 36 gabions nus ont été « jetés » à l'eau.
- 9 autres gabions ont été « garnis » d'un tapis en fibres de coco bouturé de faisceaux de posidonie, tapis fermement fixé à la maille métallique du gabion.
- Les gabions avec faisceaux ont été descendus à la grue jusqu'au fond sous la surveillance de plongeurs.
- La barge a navigué vers la seconde station, et la précédente procédure de mise à l'eau des 45 gabions nus et bouturés a été répétée.

C Chargement des gabions sur la barge Achille, mise à l'eau des gabions nus jetés par-dessus bord et des gabions bouturés à la grue avec l'aide de plongeurs.



Installation des structures expérimentales

La mise à l'eau des 90 gabions, nus et bouturés, par station, s'est soldée par leur disposition anarchique sur le fond marin. La dernière étape a consisté à **assembler *in situ*** les six structures expérimentales, trois par station (Fig. D).

- Les gabions nus et bouturés sont déplacés au parachute de levage par les plongeurs et assemblés en bordure de matte morte, perpendiculairement à l'herbier de posidonie.
- Chaque structure consiste en un rectangle de 5 x 3 gabions, soit 15 gabions dont 3 bouturés au centre de la structure.
- Les gabions sont attachés entre eux pour « faire bloc » et les faisceaux de posidonie délicatement « peignés » pour remettre les feuilles dans leur position flottante naturelle. Un enregistreur de lumière et température est fixé sur une des trois structures.

D

Disposition anarchique sur le fond des gabions immersés, déplacés au parachute de levage et assemblés en structures rectangulaires de 15 gabions, avec en leur centre 3 gabions bouturés. Un plongeur peigne les faisceaux d'une structure complète, équipée d'un enregistreur de lumière et température. Les castagnoles s'approprient les dispositifs.



Suivi photogrammétrique

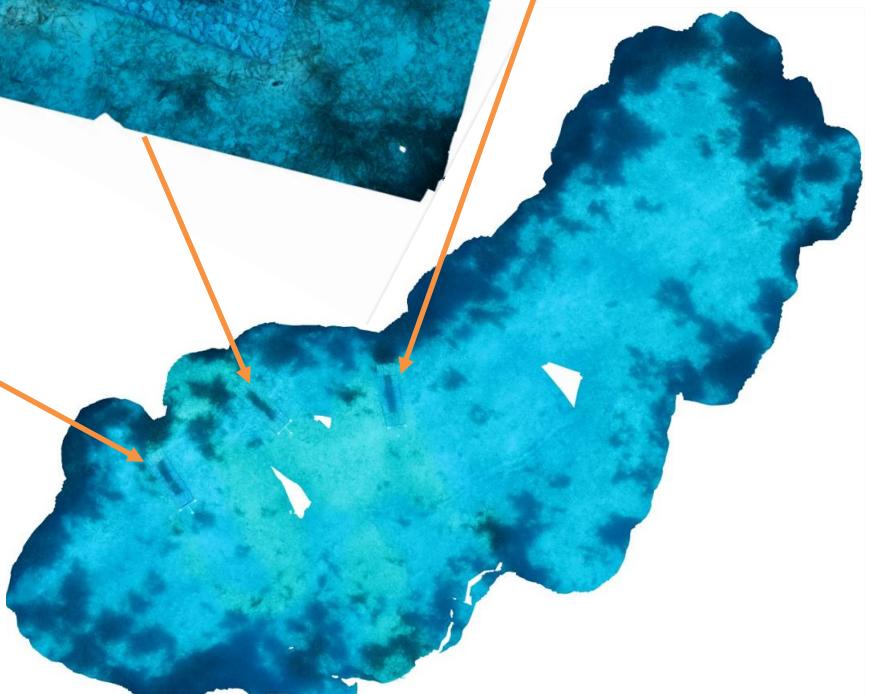
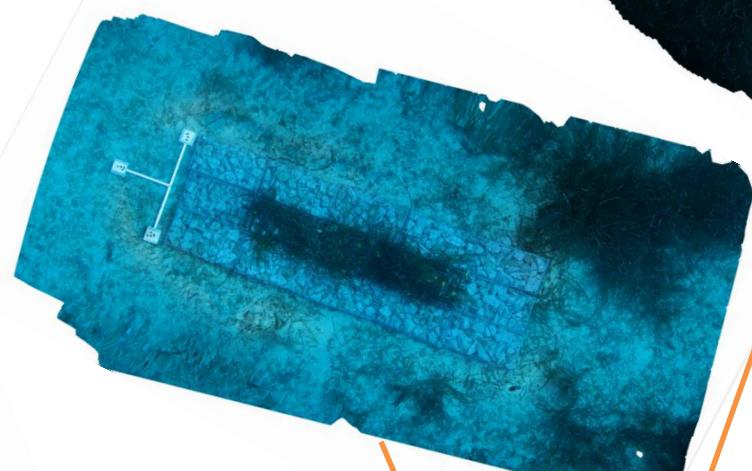
Un relevé photogrammétrique des stations et de chaque dispositif expérimental est réalisé une fois les 6 structures assemblées. Cette cartographie photographique permettra de suivre la recolonisation de la matte morte des stations et la croissance des boutures dans le temps (Fig.E).



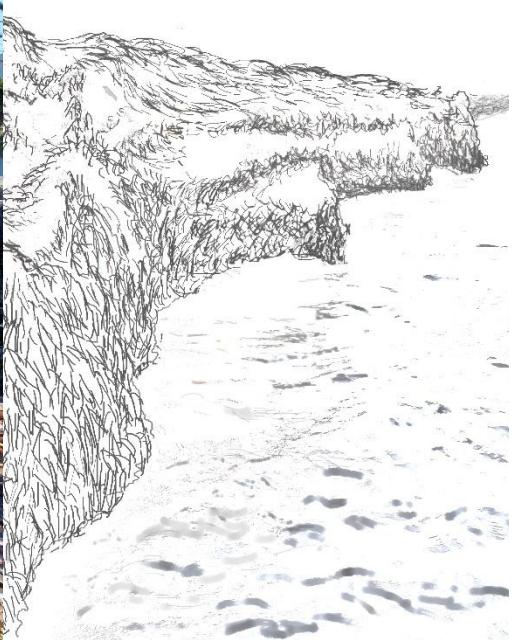
E

Photographie de la matte morte entourée d'herbier, orthophotographie d'une des deux stations expérimentales, et orthophotographies de ses trois structures en gabions (visibles en bas à gauche de l'orthophotographie de la station ; flèches).

Premiers résultats :
95 % de survie après 3 mois de transplantation



LES BANQUETTES DE POSIDONIE



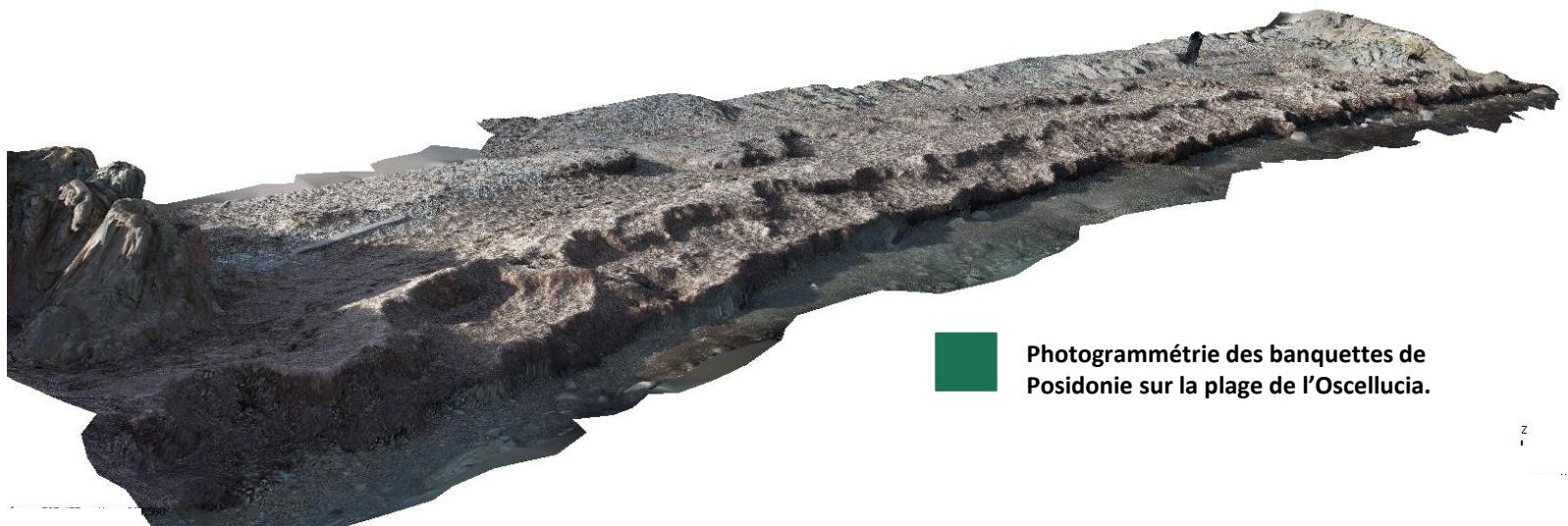
L'association de fortes houles et de la perte annuelle et naturelle des feuilles de posidonie donne lieu à des **dépôts de paquets de feuilles et de rhizomes** (tiges de Posidonies) sur les rivages, appelés banquettes de Posidonie. Ces banquettes jouent des rôles écologiques et économiques importants. Elles protègent directement les plages contre l'érosion en réduisant l'intensité des vagues et en stockant une grande quantité de sédiments (Chessa et al., 2000), façonnent les côtes et influencent l'énergie de la dérive sédimentaire (Guala et al., 2006). Les feuilles et les épiphytes constituent une **ressource alimentaire** (sels nutritifs) pour les écosystèmes

dunaires riches en détritivores invertébrés (Remy et al., 2021). Enfin, lorsqu'elles sont déposées plus loin par les vents, les feuilles mortes de Posidonie peuvent également servir d'engrais et de support pour la végétation et ainsi permettre le maintien puis le développement de l'arrière-dune.

Pourtant, en dépit des avantages écologiques et géomorphologiques qu'elles confèrent, les banquettes de Posidonie sont souvent à l'origine **d'incompréhensions** de la part des usagers et posent **problèmes aux collectivités**, souvent victimes d'un manque d'outils de gestion et de connaissances.

C'est en réponse à **ces lacunes de connaissances et d'outils de gestion** concernant les banquettes de Posidonie que leur étude constitue désormais un nouvel axe de recherche dans le cadre de STARECAPMED.





Z
I
...



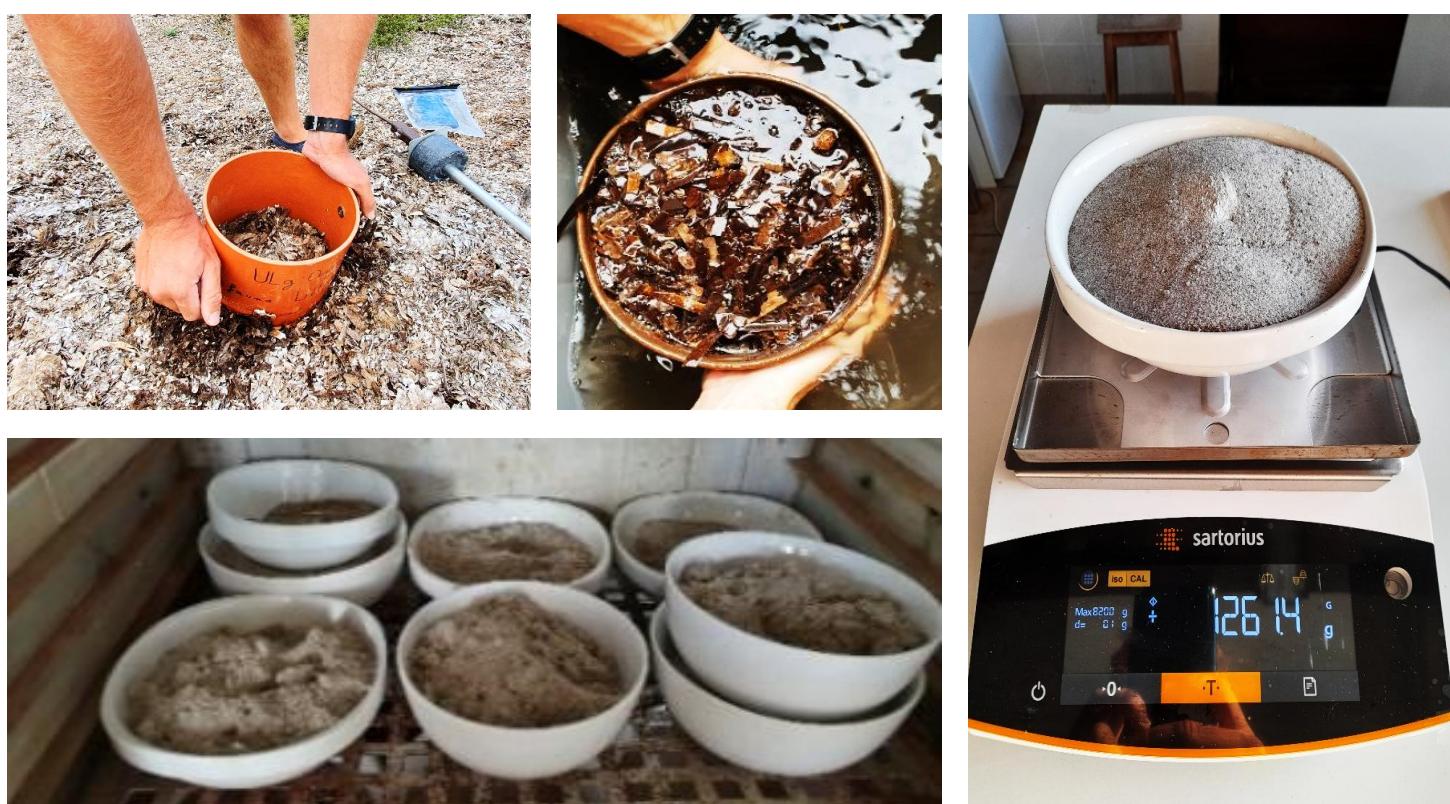
Suivi et caractérisation des banquettes de posidonie

La structure et la fonctionnalité des banquettes ont été étudiées sur plusieurs plages, dont la plage de Calvi, via la mesure régulière de :

- leur épaisseur, surface et volume,
- leur compacité,
- leur teneur en sédiment.



Mesures géoréférencées de l'épaisseur (A) et de la compacité (B) à l'aide d'un compaciteur.



Etapes permettant la mesure des teneurs en sédiments.

L'analyse de ces données a permis de mettre en évidence l'existence de différentes typologies de banquettes caractérisées par des valeurs de compacité (profondeur d'enfouissement du compaciteur) et de teneurs en sédiments significativement différentes.

Il existerait donc des banquettes :

- **récentes**: caractérisées par une faible compacité, une faible teneur en sédiment, une grande humidité et une proximité au trait de côte;
- **moyennes et anciennes**: situées plus en haut de plage, d'apparence plus sèches, et caractérisées par une compacité et une teneur en sédiment plus importantes.



Photographie de dépôts de banquettes catégorisés en 3 typologies.

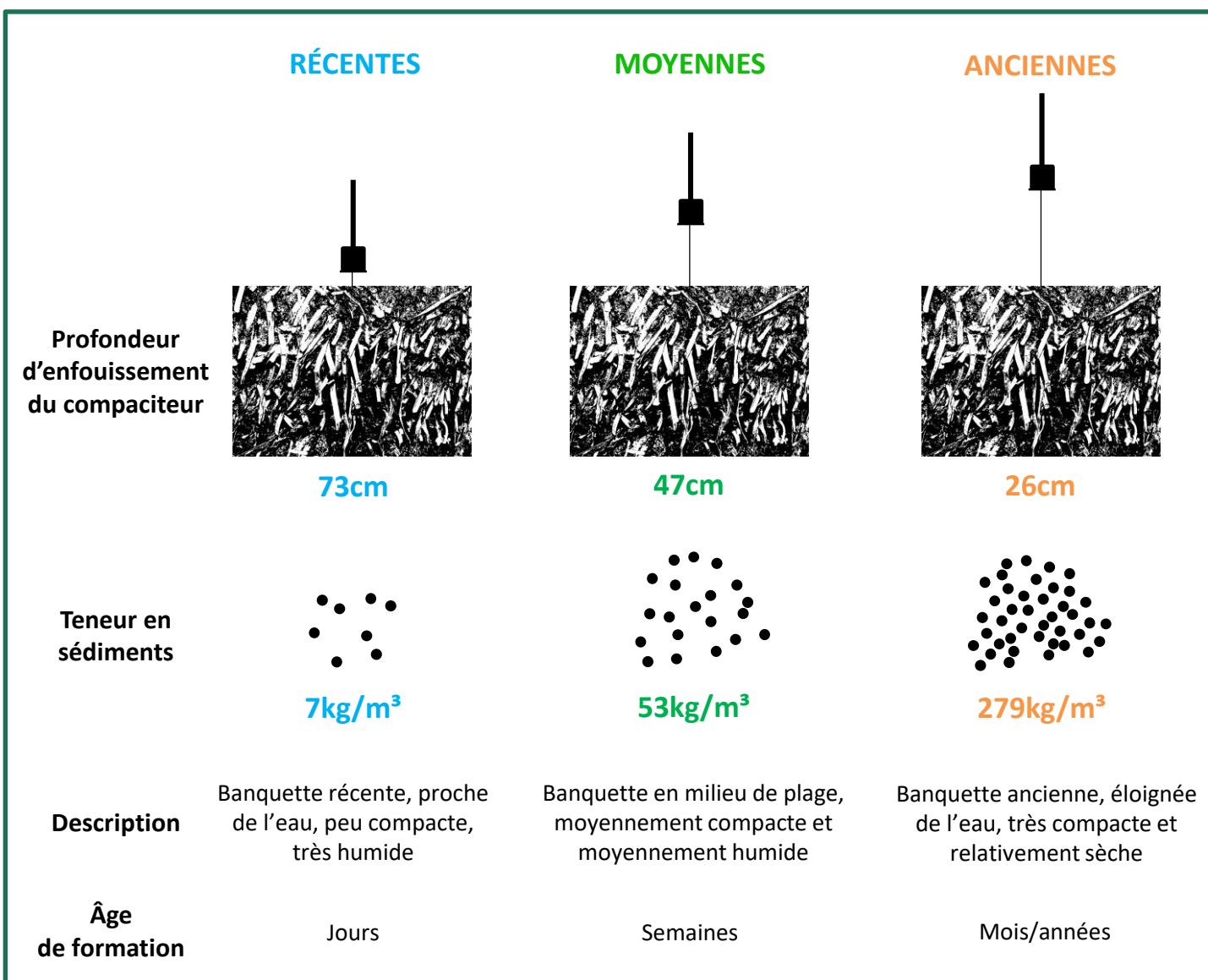
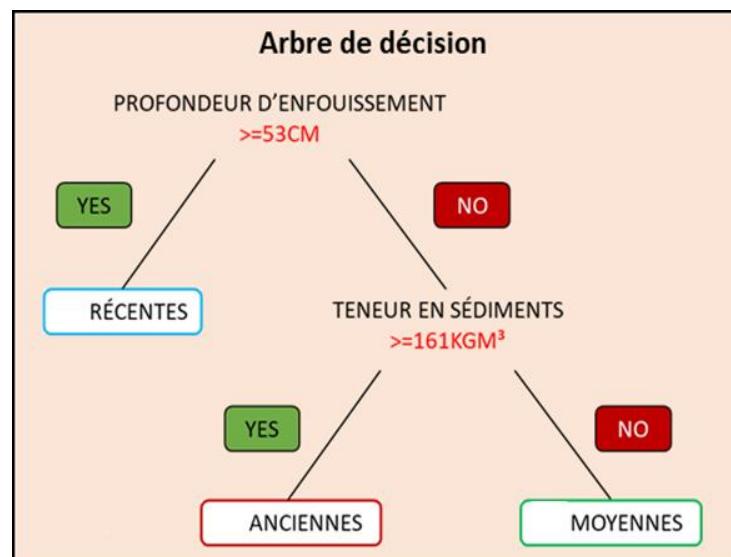


Schéma synthétique illustrant les caractéristiques (compacité, teneur en sédiments, description, âge de formation) de chaque typologie de banquettes.

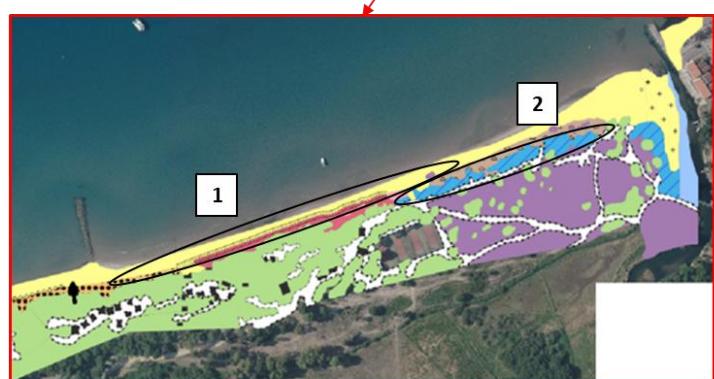
Des seuils permettant de distinguer ces différentes typologies ont ainsi été calculés. Sur base de ces résultats et de l'intérêt de protéger et maintenir le budget sédimentaire de la plage, il est donc possible pour la 1ère fois, de préconiser grâce à cette méthode facilement reproductible quelle typologie et quel volume de banquette déplacer (en l'occurrence et idéalement les « récentes ») dans le cas où des déplacements de banquette seraient inévitables. De plus, et en parallèle du suivi de la dynamique de dépôt de ces banquettes, l'étude et la prise en compte systématiques des communautés végétales et des divers enjeux socio-économiques, de fréquentation et sécuritaires, permet d'identifier et de proposer aux municipalités des sites potentiels de stockage de ces accumulations de feuilles mortes.



Valeurs seuils permettant la différenciation des typologies de banquettes (récentes, moyennes et anciennes).



○ Étalement des feuilles mortes au niveau de la large zone sableuse en arrière du brise-lames oriental et à proximité du CO



- 1 ○ Stockage des feuilles mortes le long de cette portion de plage étroite et en érosion à proximité du CO
- 2 ○ Stockage des feuilles mortes dans d'anciennes dépressions de la Figarella

Proposition de sites de stockage des banquettes de posidonie sur la plage de Calvi sur base d'une carte de végétation réalisée spécifiquement au printemps 2024.

L'expertise développée par STARESO concernant le suivi, la caractérisation et la gestion des banquettes de Posidonie est notamment mise au profit de la municipalité



Grande plage de Calvi photographiée en drone (printemps 2023).

Cette problématique s'intègre dans un contexte plus large de gestion du trait de côte à l'échelle régionale et contribue à concilier fréquentation et activité balnéaire avec préservation de cet écosystème et de cette espèce protégée.

En effet, les résultats de ces suivis bénéficieront, d'une part, aux travaux de l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) dans le cadre de son Groupe Technique Régional banquette (GTR) et de l'élaboration de la Stratégie Territoriale Corse de Gestion Intégrée du Trait de Côte (S.T.C.G.I.T.C), et d'autre part, pourraient plus généralement venir renforcer les démarches entreprises par le Conseil National de la Protection de la Nature (CNPN) et sa déclinaison régionale, le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel de Corse (CSRPN) concernant la préservation et la gestion des banquettes à l'échelle de la façade méditerranéenne française.

et de la Communauté de communes de Calvi et plus largement transmise à de nombreux gestionnaires de plages.



Réunion en mairie de Calvi pour discuter de la gestion des banquettes de posidonie.

La création d'un outil de gestion via l'élaboration d'une méthodologie de discrimination de différentes typologies de banquettes au service du territoire pour une gestion cohérente des banquettes de posidonie

LES ASSOCIATIONS ALGALES



LES ASSOCIATIONS ALGALES



Les macroalgues ont un rôle important dans l'écosystème côtier par leur rôle d'abri pour divers animaux benthiques (nurseries) et par leur contribution à la production primaire. De plus, vivant fixées à la roche de la surface jusqu'à des profondeurs dépassant les 80 m, elles intègrent les variations de conditions environnementales subies au cours du temps et en témoignent sous forme de leur composition spécifique et état de développement.

L'analyse de ces communautés est un outil précieux pour comprendre certaines particularités locales du milieu naturel ainsi que détecter les perturbations d'ordre naturelles ou anthropiques qu'il pourrait subir. Le projet STARECAPMED prévoit ainsi un suivi de l'évolution des distributions, structures et dynamiques des populations ou de certaines espèces de macroalgues en baie de Calvi, avec un souci d'amélioration des outils de suivis.

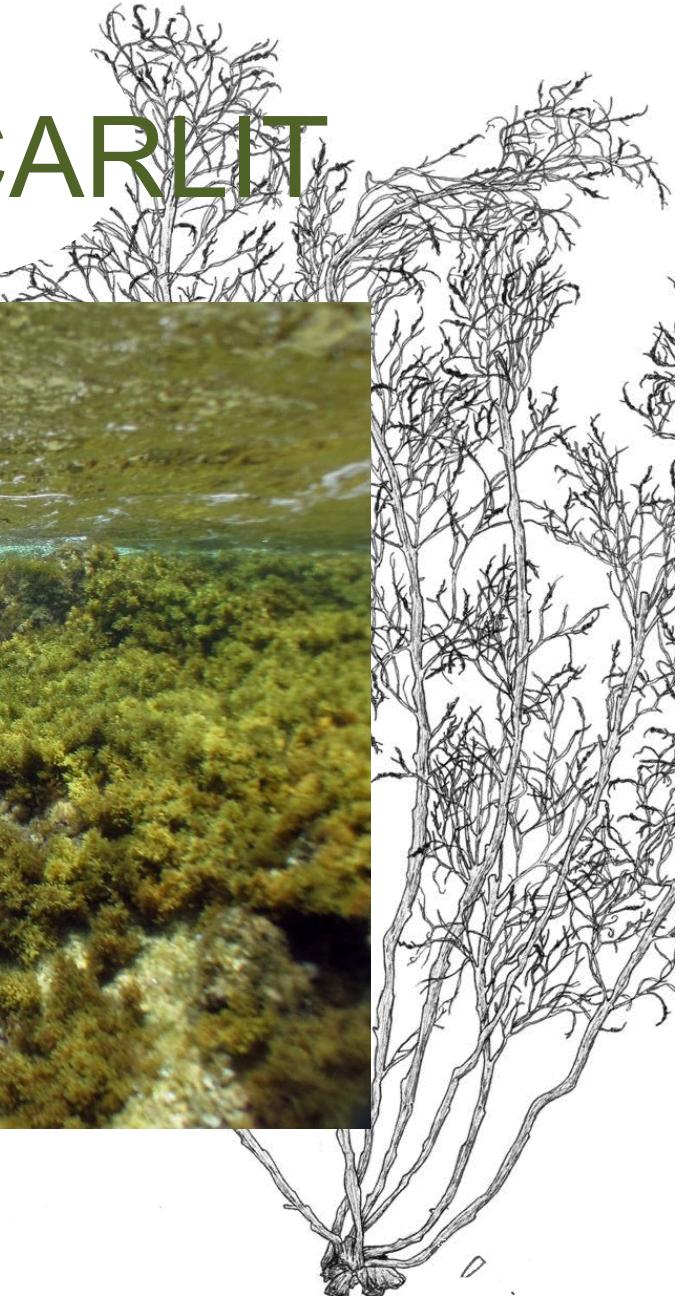
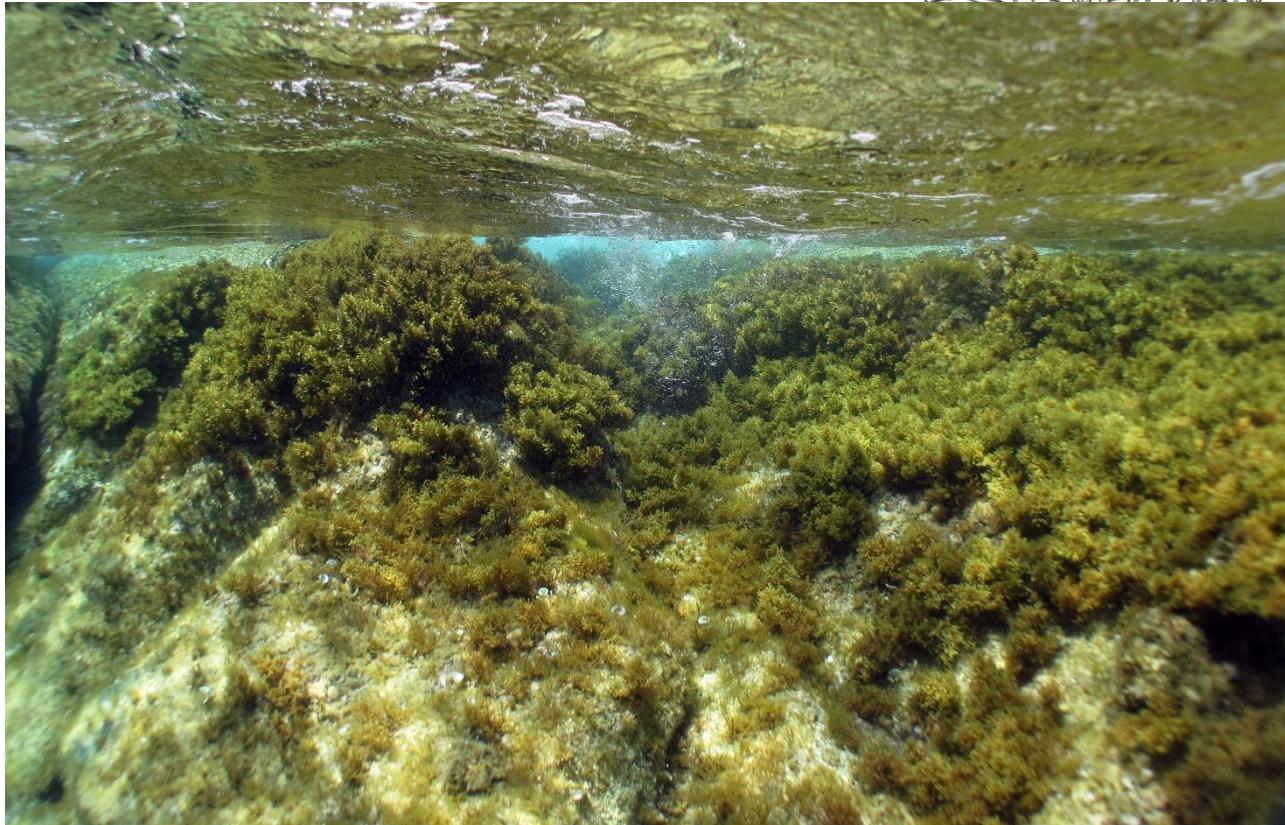
Sélection d'aspects présentés

L'INDICE CARLIT

EVALUATION DE L'IMAGERIE ROV

LES DIATOMÉES HASLEA

L'INDICE CARLIT

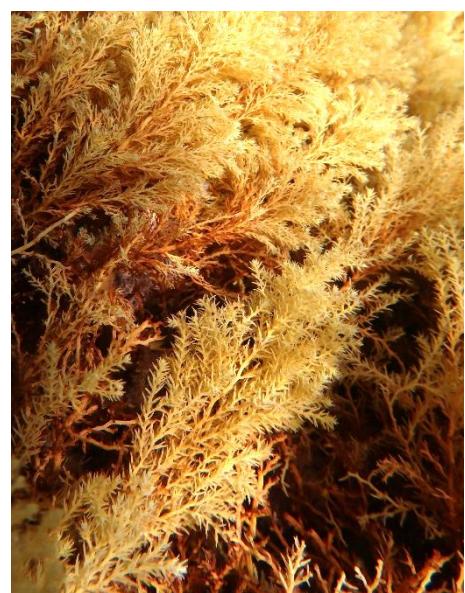


Un indice de la qualité des eaux testé et déployé sur 42 ans

Le CARLIT (CARtographie du LITtoral) est un indice permettant d'évaluer la qualité écologique d'un milieux sur base de la distribution et de l'abondance des communautés algales des étages medio et infralittoral supérieurs. L'indice utilise en effet des espèces d'algues polluo-sensibles et polluo-résistantes comme proxy de la qualité de l'eau. La géomorphologie de la côte est également considérée pour réduire les biais dus à la nature du substrat rocheux.

Bien que l'indice CARLIT ait été développé par Ballesteros et al., en 2007 suite à l'adoption de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE), le suivi et la cartographie des macro-algues présentes en baie de Calvi sont réalisés par STARESO depuis la fin des années 70, permettant ainsi de reconstruire l'indice avec ces données historiquement acquises et d'avoir un regard sur la finesse et la pertinence de la méthode CARLIT sur le long terme au niveau d'une station de référence.

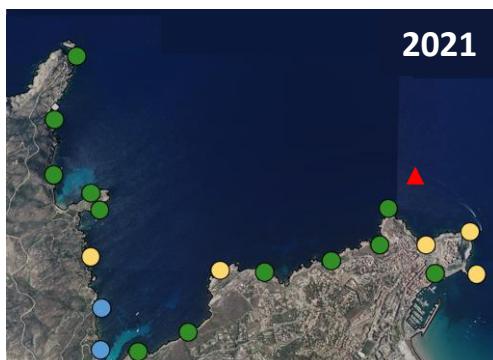
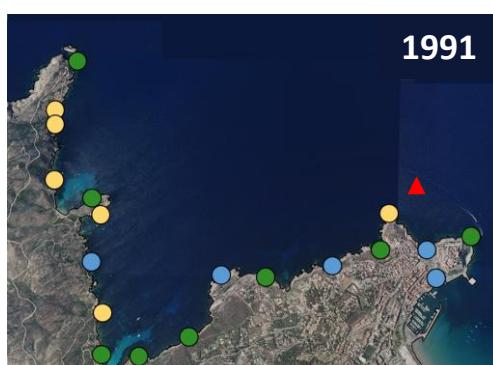
Cystoseria amentacea var. *stricta*, espèce présentant un niveau élevé de sensibilité.



La comparaison de 5 campagnes d'observation des macro-algues réalisées en baie de Calvi en avril-mai depuis 1979 souligne des **variations spatio-temporelles majeures de l'indice CARLIT** et notamment la diminution générale de l'indice en 1991. À la même époque (1990) les scientifiques de STARESO avaient alors constaté une forte augmentation des concentrations de bactéries coliformes de type fécal sur l'ensemble des eaux côtières de la baie, et non uniquement au niveau du port et à proximité de l'égout, avec, par endroit, des concentrations records (4040 coliformes pour 100 mL d'eau de mer au niveau de l'égout principal). Ce constat conforte l'idée d'une influence de l'égout sur la qualité de la colonne d'eau à l'échelle de la baie. La diminution de cette source de pollution de l'eau au travers la mise en place d'une véritable station d'épuration en 1995 puis de son amélioration à l'aide d'un traitement biologique secondaire en 2011 semble avoir positivement impacté la qualité du milieu en 2014 selon l'indice CARLIT.

Cependant, il est à noter que les « bons » ou « très bons » états écologiques observés en 1979 et 2014 ne sont pas « ré-atteints » en 2018 ni en 2021. Ces derniers montrent au contraire une importante hétérogénéité spatiale de l'état écologique des différentes stations côtières principalement expliquée par les différences de densité de *Corallinaceae* encroûtantes et des *Cystoseira* spp, espèces pollu-sensibles.

Evolutions en 42 ans de l'indice CARLIT déterminés sur 18 stations (avril-mai) réparties depuis la Pointe de la Revellata jusqu'à la citadelle de Calvi.



Statut écologique
■ Tres bon
■ Bon
■ Moyen
■ Mediocre

▲ Emissaire

Mise en place de la station d'épuration
(1995) puis de son amélioration (2011)

1979	0,75
1991	0,65
2014	0,81
2018	0,64
2021	0,65

Emissaire de la station d'épuration de Calvi.



L'investigation des raisons sous-jacentes aux dégradation de la qualité écologique observés en 2018 et 2020 ne doit pas écarter la possibilité de **biais méthodologiques** incluant le biais d'observateur ou encore le décalage saisonnier du développement maximal annuel de certaines espèces. Cependant l'**hétérogénéité des indices** lors d'une même campagne en 2018 et 2021 (même année, même saison, même observateur) renforce l'idée d'une perturbation de l'environnement (d'ordre naturel ou anthropique). La richesse des suivis réalisés dans le cadre du projet STARECAPMED permet de considérer l'ensemble des activités humaines en baie de Calvi et d'étudier des liens de cause à effet. Le suivi de la fréquentation plaisancière est

entre autre assuré par des **comptages de bateaux depuis la rive de façon quotidienne** (matin et après-midi). On observe ainsi une augmentation de la plaisance (du nombre de bateaux) après 2014 potentiellement en lien avec une dégradation ponctuelle et locale de la qualité de l'eau. D'autres activités humaines telles que la **pêche** (professionnelle comme récréative) peuvent également être considérée. En effet, la baisse des populations de poissons « top prédateur » participe *in fine* à l'augmentation des poissons herbivores, les saupes *Sarpa salpa*, dont la pression de broutage peut constituer un rôle important dans la régulation des populations de cystoseires (Laurent, 2014).

La continuité à une plus haute fréquence du suivi des communautés algales, associé aux suivis des caractéristiques environnementales (physico-chimiques, biologiques et écotoxicologiques) et des activités anthropiques offre une contextualisation nécessaire à l'interprétation des phénomènes de perturbation écologique signalés notamment via l'indice CARLIT.

Pêche de loisir: distribution des pêcheurs de loisirs recensés par comptages opportuniste de 2018 à 2020 dans la baie de Calvi.

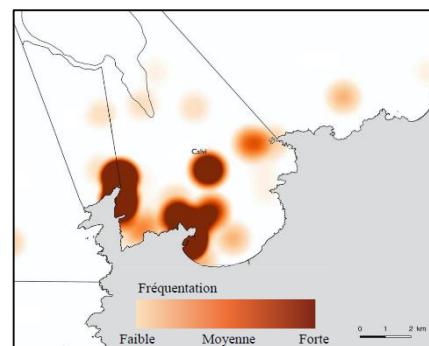
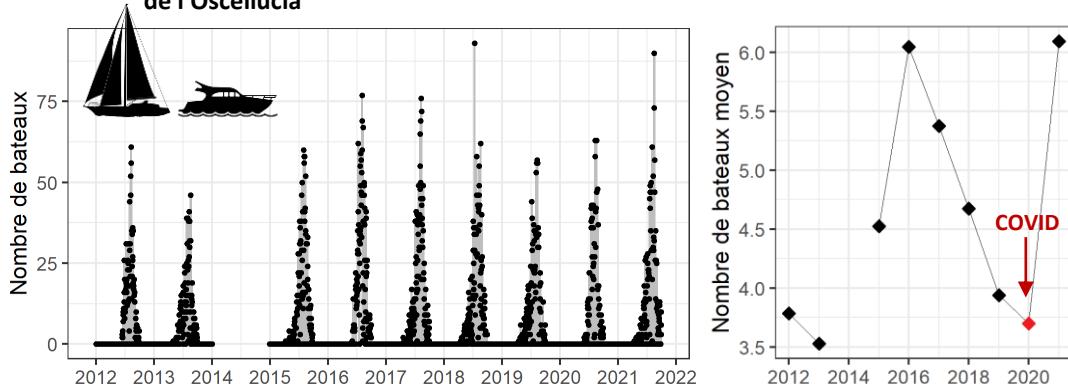


Photo de la baie de l'Alga illustrant la fréquentation plaisancière à 17h le 07/08/2015.



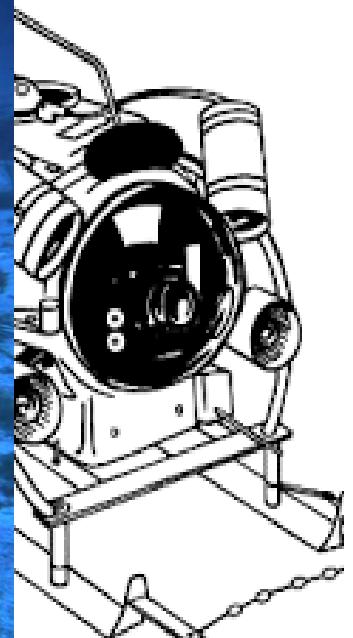
Fréquentation plaisancière : nombre total (gauche) et nombre annuel moyen (droite) de bateaux comptés chaque après-midi depuis la rive en baie de l'Alga et de l'Oscelluccia



La variation temporelle des communautés de macro-algues depuis 1991 reflète l'évolution de la qualité du milieu via l'indice CARLIT

Les sources d'une hétérogénéité spatiale des statuts écologiques depuis 2018 peuvent être explorées via la richesse des suivis socio-environnementaux effectués

EVALUATION DE L'IMAGERIE ROV POUR L'ETUDE DES MACROALGUES



Evaluation d'une nouvelle méthode d'acquisition de la donnée

Les communautés de macroalgues jouent un rôle-clé dans les écosystèmes benthiques méditerranéens, et l'étude de leur taux de couverture permet d'en appréhender les réponses structurelles. Dans la pratique, ce type d'étude est en général mené par des plongeurs autonomes, mais ne génère que rarement des données à échelle suffisante pour être utilisés dans un plan d'action de conservation. Cette étude a pour but d'évaluer une nouvelle méthode d'acquisition de données : l'annotation de vidéos filmées à l'aide d'un submersible

téléguidé ou ROV (Remotely Operated Vehicle). L'utilisation de cette technologie permet d'optimiser l'effort d'échantillonnage, mais également d'alléger le travail des plongeurs. La complémentarité et la comparabilité des données obtenues via l'acquisition de transects vidéos par des plongeurs ou par des ROVs est peu documentée à ce jour, alors que l'utilisation de ces derniers présente un potentiel intéressant pour la recherche mais aussi pour des applications en biologie de la conservation, par exemple.

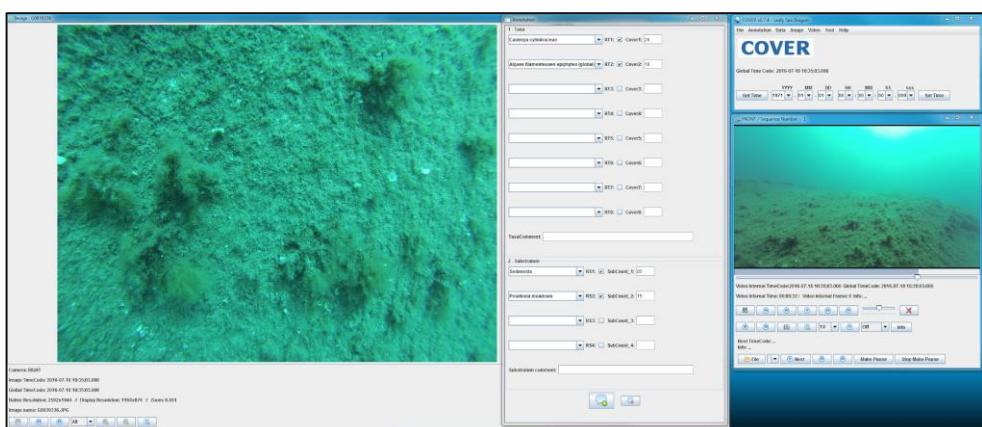
Recouvrement de *Caulerpa cylindracea* filmé en ROV.



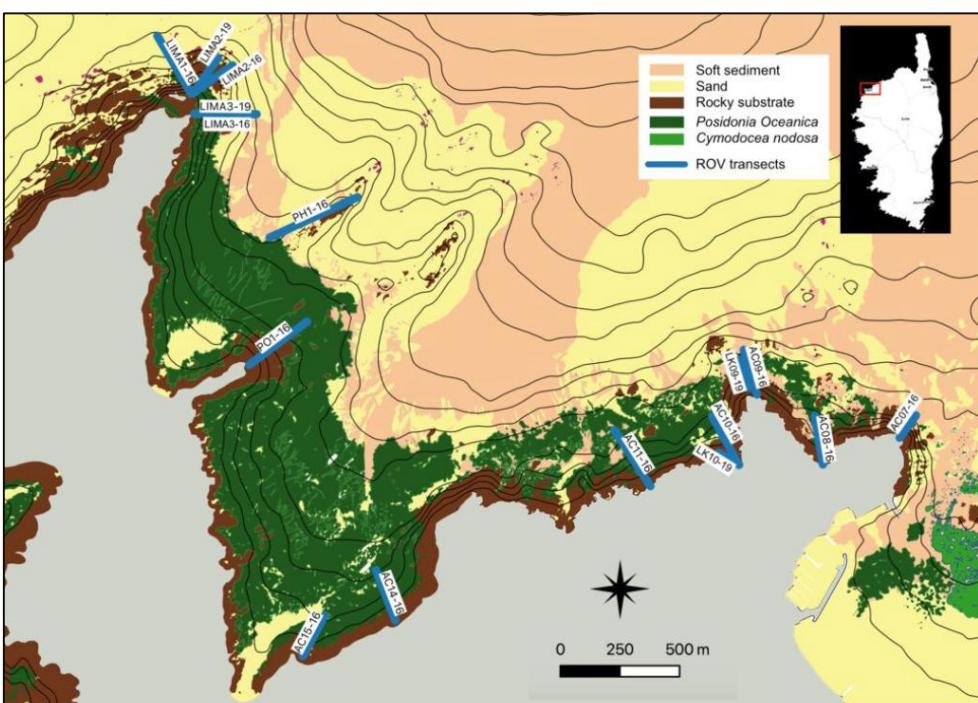
L'annotation de vidéos filmées à l'aide d'un ROV a été réalisée le long de 17 transects répartis en baie de Calvi en juillet 2016 et 2019 via le logiciel COVER (Carré, 2010: Customizable Observation Video imagE Record). Cette interface d'annotation a été adaptée à cette étude pour offrir une possibilité d'annoter jusqu'à 19 catégories d'algues et 4 catégories de substrats par communauté caractérisée. Pour chaque transect, les espèces ont été identifiées et leur abondance relative a été estimée. Cette étude a permis de dégager plusieurs conclusions, publiés dans Katz et al., 2021:

- 1) Cette méthode n'est pas appropriée dans le cadre d'étude détaillée de la biodiversité des macroalgues, les petites et/ou rares espèces n'étant observées qu'en plongée.
- 2) Toutefois, les espèces d'algues les plus communes ont été facilement identifiées sur les vidéos et l'analyse de transects en plongée montre que la méthode de suivi ROV/vidéo est robuste et fournit des résultats similaires pour les taxons considérés. De

Interface de COVER. A gauche, la vue de la caméra orientée vers le bas, à droite, la vue de la caméra frontale. Au centre, la fenêtre d'annotation.



Carte des 16 transects ROV réalisés en baie de Calvi en 2016 et 2019 et vidéo-annotées.



plus, cette méthode permet d'étendre considérablement la zone d'étude.

- 3) Cet outil de suivi s'avère particulièrement adapté pour le suivi de forêts de *Cystoseira* ainsi que du statut de colonisation de l'algue invasive *Caulerpa cylindracea*.

Forêt de *Cystoseira* filmé en ROV.



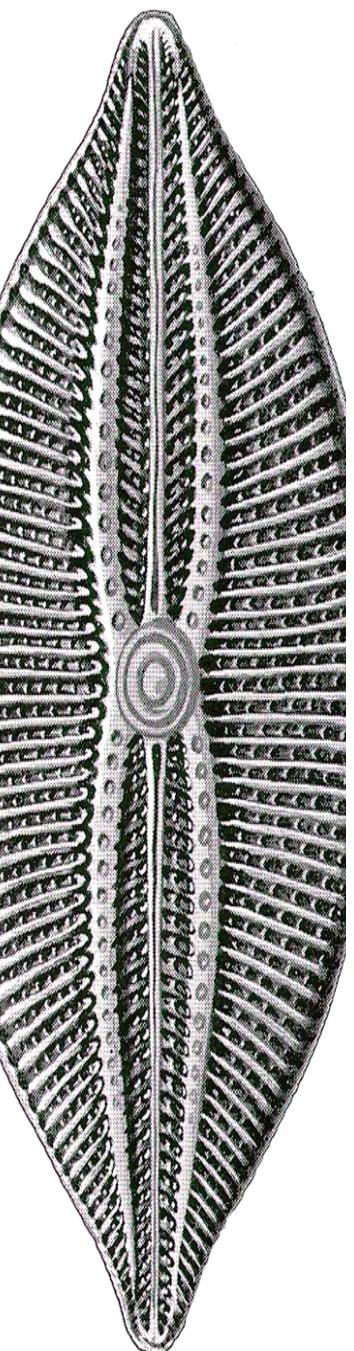
Colonisation de *Caulerpa cylindracea*.



L'évaluation d'une nouvelle méthode de suivi des macroalgues dont les limites et les avantages ont pu être déterminés

Une méthode :
1) permettant d'étendre la zone d'étude,
2) adaptée pour le suivi d'espèces communes

LES DIATOMÉES *HASLEA*

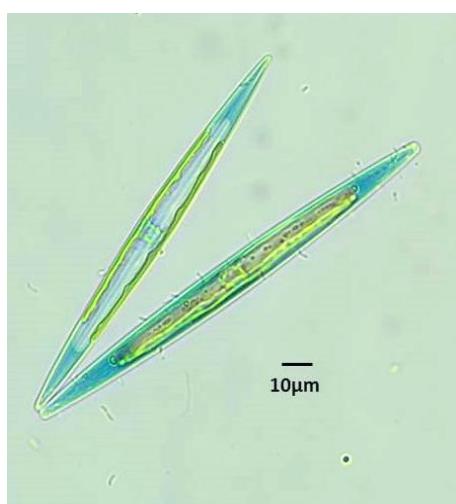


Des pigments bleus aux propriétés diverses

Parmi le grand groupe des algues microscopiques appelés diatomées, il existe 44 espèces du genre *Haslea*, dont 2 espèces bleues présentes sur les côtes corses, *H. ostrearia* et *H. provincialis*. Le pigment bleu produit par *H. ostrearia*, la marenne, est connu pour ses propriétés antibactériennes, antivirales, antioxydantes et allélopathiques et est également responsable du verdissement des huîtres de Marennes-Oléron, un phénomène de valeurs socio-économiques et patrimoniales.

Ces espèces benthiques sont capables de former des efflorescences créant des tapis bleus visibles à l'œil nu. Le but des recherches menées en partie à STARESO est ainsi de déterminer les paramètres régulant la dynamique du bloom corse et d'étudier l'impact du bloom sur la communauté épiphytique des macroalgues. Ce travail représente la première étude sur la dynamique de la floraison des diatomées bleues du genre *Haslea* en milieu naturel.

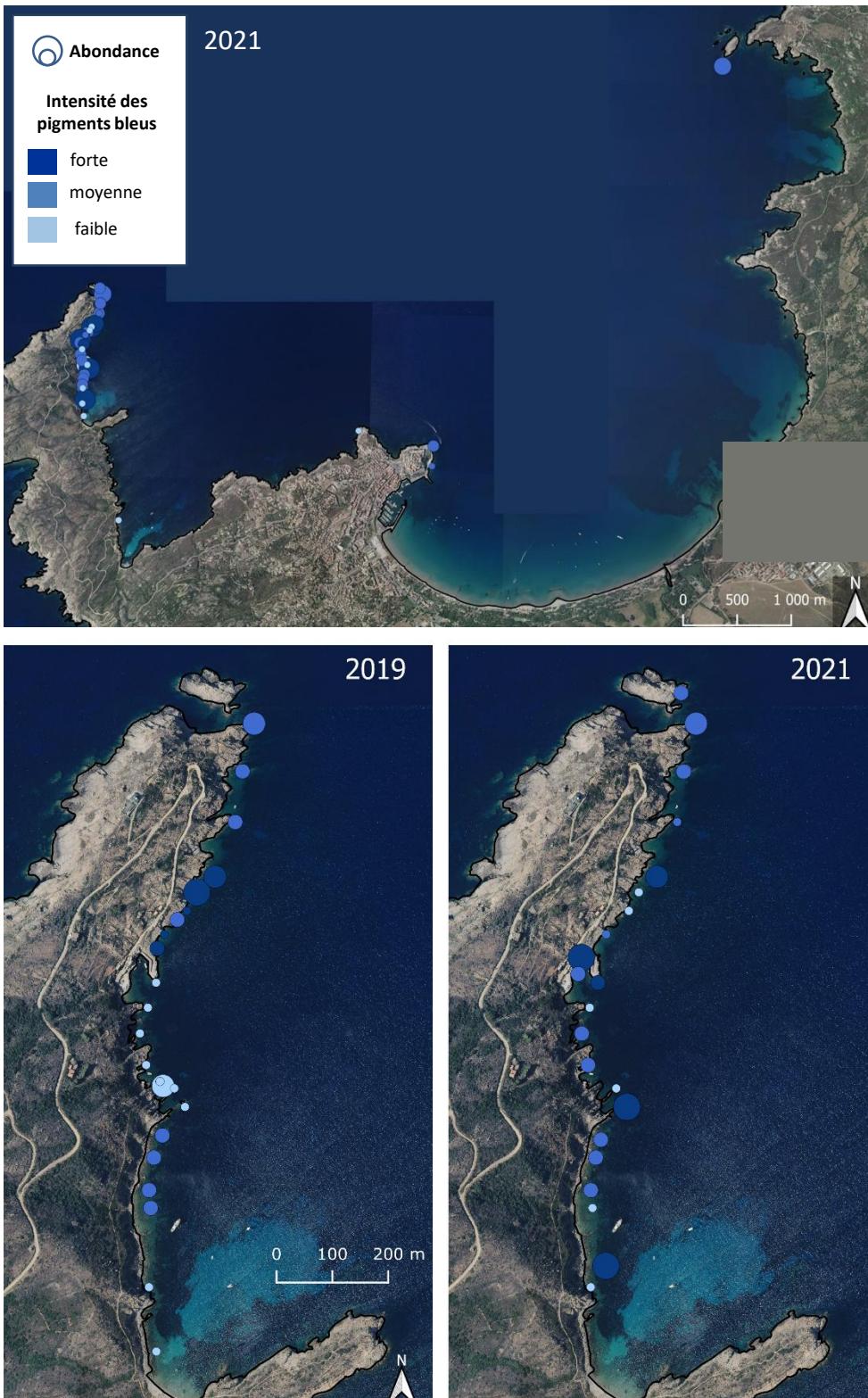
Deux diatomées du genre *Haslea* prélevées à Calvi.



Les espèces responsables de l'efflorescence identifiées, en utilisant des approches morphologiques et moléculaires. Leurs abondances sont déterminées

et les localisations de leurs efflorescences printanières sont cartographiées. L'importance et la répartition des développements d'*Haslea* ont été étudiées dans les habitats rocheux photophiles,

Cartographie des efflorescences d'espèces d'*Haslea* spp. en baie de Calvi (en haut) et cartographies fines de celles recensées à la pointe de la Revellata (en bas).



en particulier sur les principales macroalgues hôtes, qui sont échantillonnées pour étudier leurs communautés épiphytes. Des inventaires floristiques sont actuellement compilés pour déterminer si ces communautés épiphytes sont affectées par la libération de pigments de type marenne.

Ainsi, cette étude réalisée dans le cadre d'une thèse réalisée à l'Université du Mans est un exemple de recherche ayant identifié STARESO comme site atelier et laboratoire à ciel ouvert idéal à la réalisation des travaux scientifiques en mer.

Prélèvement d'échantillons de macroalgues hôtes.



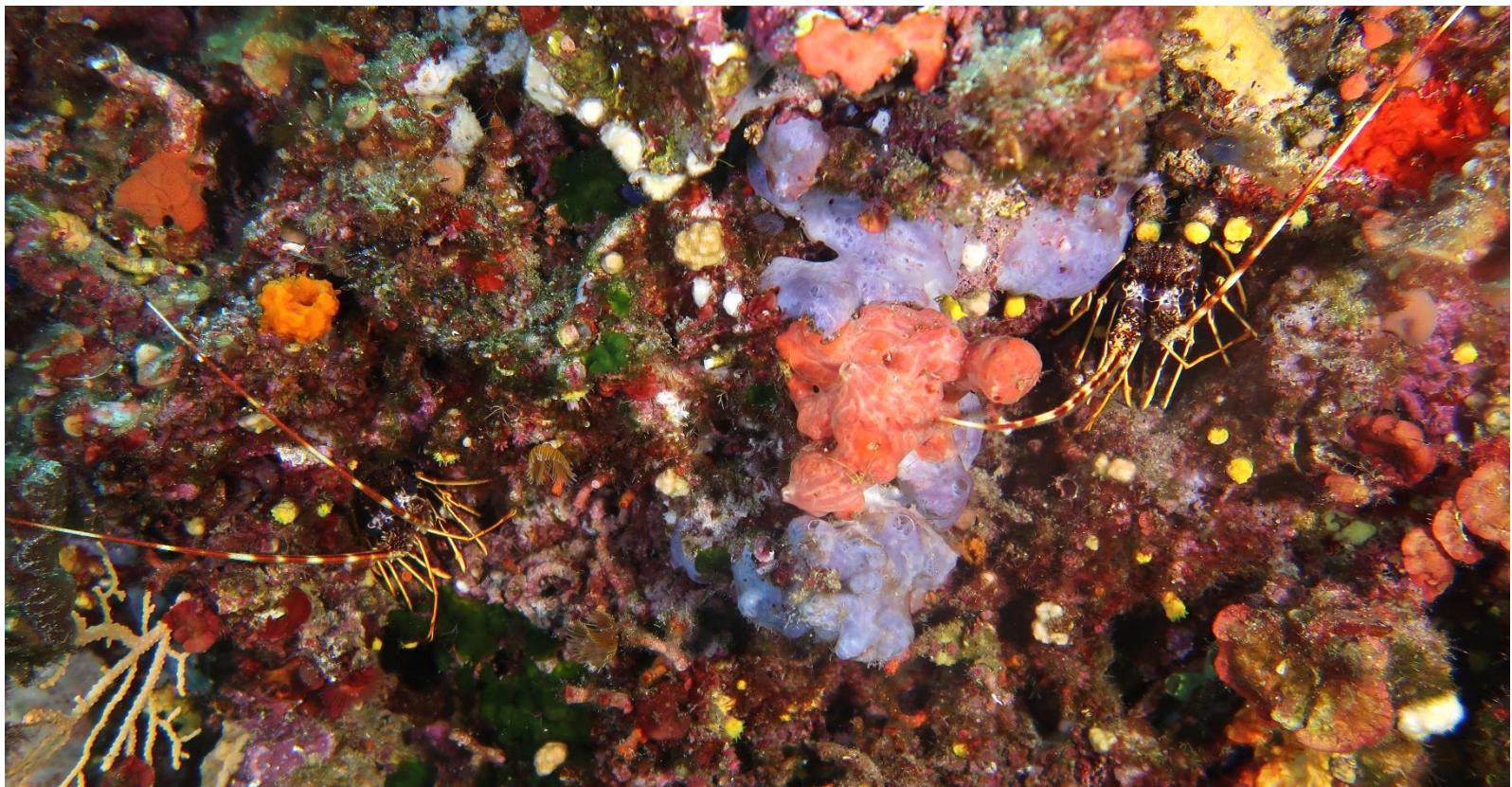
Le suivi d'espèces présentant un intérêt socio-économique et de nombreuses propriétés écologiques

La dynamique des efflorescences des espèces d'*Haslea* bleues est étudiée pour la première fois en milieu naturel



DES ESPÈCES D'INTÉRÊT: RECRUTEMENT, ABONDANCE ET CYCLE DE VIE

DES ESPECES D'INTERET : RECRUTEMENT, ABONDANCE ET CYCLE DE VIE



Des espèces d'intérêt peuvent présenter une importance pour des raisons écologiques, scientifiques, économiques et/ou culturelles.

Elles correspondent souvent à des espèces protégées et réglementées et/ou à des espèces pêchées et commercialisées. Le maintien de leurs stocks dans le temps est indispensable pour la stabilité de l'environnement marin mais également pour le maintien des différentes activités dépendant de

l'abondance de ces stocks. Au-delà des espèces réglementées ou strictement protégées, d'autres espèces moins connues et la plupart du temps moins étudiées doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Des études et suivis de ces espèces visant à améliorer les connaissances, et ainsi prioriser les éventuelles mesures de gestion nécessaires, semblent fondamentaux et font partie des axes de travail de STARECAPMED.

Sélection d'aspects présentés

**SUIVI DES JUVÉNILES
DE LANGOUSTES**

**DYNAMIQUE DES STOCKS DU
POULPE COMMUN**

SUIVI DES GORGONES

**PROTOCOLE EXPERIMENTAL
D'AIDE A LA REGENERATION
DES GORGONES**

LES JUVENILES DE LANGOUSTE



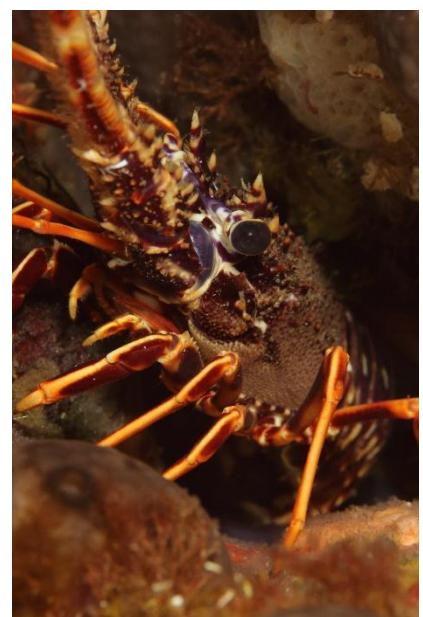
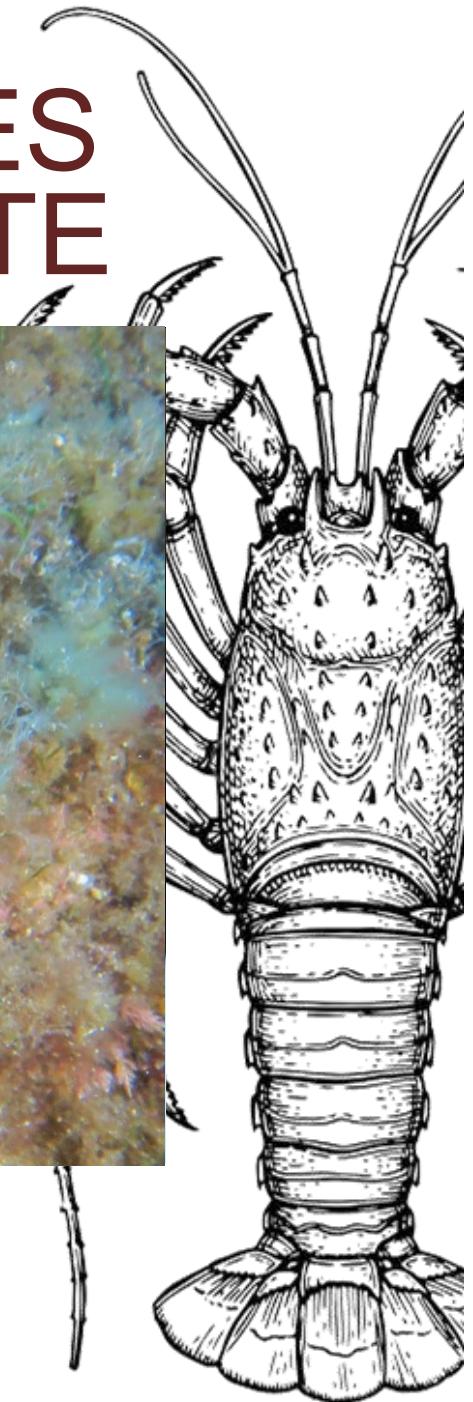
Les recensements visuels de juvéniles de langouste

La langouste rouge *Palinurus elephas* est une ressource halieutique centrale en Méditerranée, tout particulièrement en Corse. Cependant, malgré de fortes variabilités interannuelles, les débarquements de langouste sont en déclin depuis les années 60 (Père, 2012) et l'espèce a même été évaluée comme « vulnérable » selon la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN. Paradoxalement, les connaissances concernant les premiers stades de vie sont très limitées, notamment à cause de leur complexité. En effet, en Méditerranée, après la ponte des

œufs en septembre, l'éclosion environ 4-5 mois plus tard, plusieurs stades de développement se succèdent :

- 1) un stade pélagique lors de laquelle la larve « phyllosome » dérive avec les courants,
- 2) une métamorphose lors de laquelle la larve devient « puerulus » et s'installe alors sur un substrat, et enfin, 3) le dernier stade avant la phase adulte correspondant à celui du recrutement des juvéniles appelés « post-puerulus ».

Le succès du recrutement conditionnant celui du renouvellement et du maintien de la ressource, le recensement visuel des juvéniles « post-puerulus » est réalisé chaque année depuis 2012.



Des résultats au service d'une gestion de la ressource halieutique

Depuis 2012, 239 juvéniles de langouste rouge (*Palinurus elephas*) ont été recensés via des prospections visuelles en plongée sur 3 sites différents.



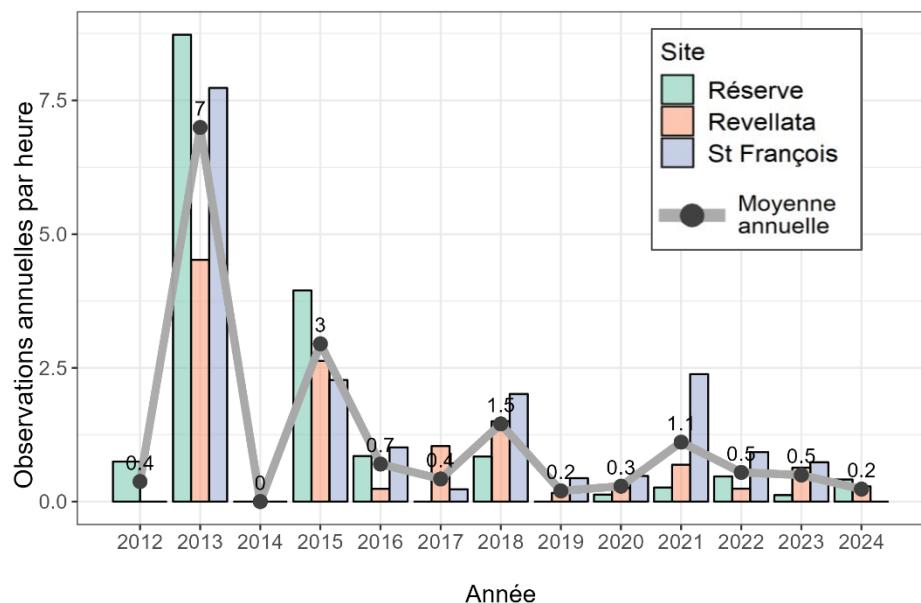
254 heures



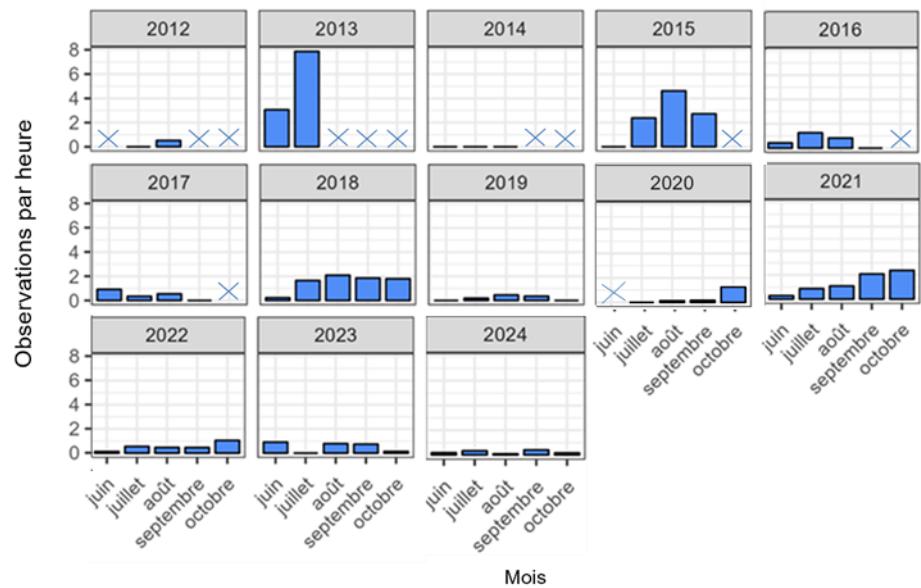
239 juvéniles

L'analyse de 12 années de recensement de juvéniles révèle une forte variabilité interannuelle (Fig.A), mais une faible variabilité spatiale suggérant des phénomènes d'implantation à plus large échelle. Actuellement, une analyse fine couplant ces résultats avec les données environnementales et halieutiques est entreprise dans le but d'identifier les facteurs conditionnant l'implantation des juvéniles et donc de la ressource halieutiques. Cette analyse a également permis de créer un outil d'anticipation de la ressource dans les années à venir puisque ces juvéniles atteindront, 4 ans plus tard, la taille minimale de capture (soit 90 mm de longueur de céphalothorax).

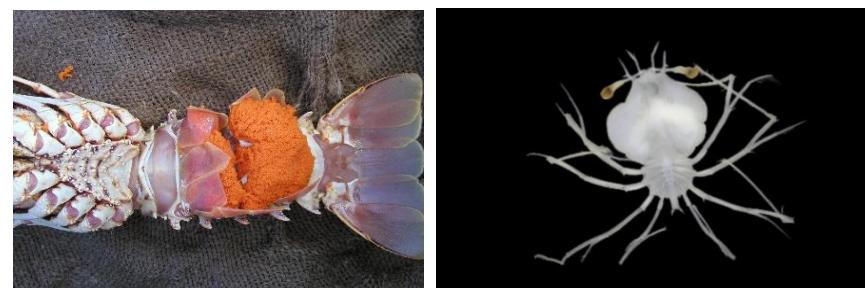
Par ailleurs, ces suivis permettent également de documenter un potentiel décalage temporel du pic de recrutement. En effet, le pic de recrutement des juvéniles semble être de plus en plus tardif (après juillet) (Fig.B) ce qui coïncide avec l'apparition retardée de larves planctoniques (après juin) (phyllosomes, Fig.C) associée à l'apparition de plus en plus tardive (après février) de femelles grainées. Or, la période d'ouverture de la pêche à la langouste en Corse (actuellement du 1^{er} mars au 30 septembre) doit être adaptée afin d'éviter la période de ponte.



A Variabilité interannuelle et spatiale des observations de juvéniles de langouste ramenées à l'effort de prospection. Le suivi du site de Saint François est effectué depuis 2013.



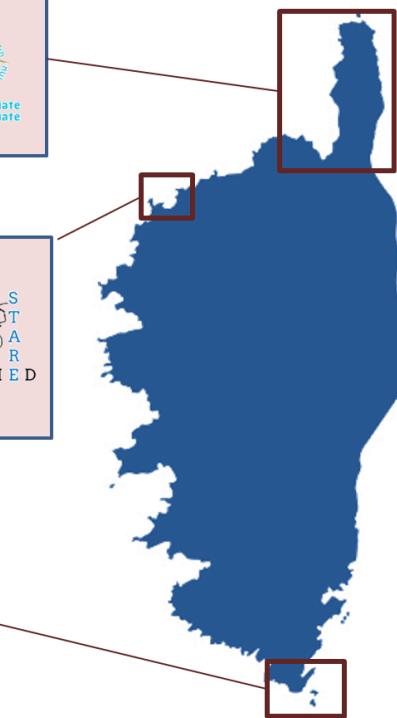
B Variabilité interannuelle et mensuelle des observations de juvéniles de langouste ramenées à l'effort de prospection.



C Langouste grainée pêchée en mars 2021 dans le golfe d'Ajaccio (à gauche) et phyllosome de langouste échantillonné en août 2023 au large du Cap Corse (à droite).

Une expertise exportée au service d'une gestion à l'échelle insulaire

Avec 239 juvéniles de langouste recensés depuis 2012, STARESO a pu acquérir une expertise solide concernant les caractéristiques des sites propices au recrutement de la langouste. Cette connaissance est exportable et d'ores et déjà exportée à d'autres sites au nord et au sud de la Corse via de recensements en milieux naturels ainsi que sur des collecteurs spécifiquement conçus pour permettre l'implantation de juvéniles. La mutualisation de tels efforts de recherche aux protocoles standardisés autour de la Corse permettrait non seulement de combler le manque de connaissances sur les facteurs conditionnant les dynamiques d'implantation, mais également de caractériser cette dynamique à l'échelle de la Corse et permettre une gestion temporelle et spatiale de la ressource à l'échelle insulaire (Whomersley et al., 2018).



Zones d'application des protocoles de recensement des juvéniles de langouste.



Exemples de prospection de juvéniles en milieux naturels (à gauche) et sur des collecteurs (à droite) formés de briques alvéolées installés sur des fonds sableux.

**239 langoustes
recensées depuis
2012**

**Un outil de
prédition de la
ressource halieutique**

**Un potentiel
décalage saisonnier
du recrutement**

**Une expertise
exportée autour de
la Corse en faveur
d'une gestion
insulaire**

Une participation à la promotion de la richesse et de la fragilité de cette ressource halieutique auprès du grand public

Le documentaire « La langouste Princesse de la Corse » sur différents aspects de la langouste en Corse, dont le suivi scientifique des juvéniles, a été réalisé par Caroline et Jérôme Espla en 2024.

De nombreuses scènes ont été tournées à STARESO et en baie de Calvi avec la participation de l'équipe de plongeurs scientifiques de la station au documentaire qui a été diffusé sur France 3 Corse ViaStella en 2024.



Extraits du documentaire « La langouste Princesse de la Corse » de Caroline et Jérôme Espla tourné en partie à STARESO et en baie de Calvi et diffusé via France 3 Corse ViaStella en 2024.



LE POULPE COMMUN

OCTOPUS VULGARIS



L'étude de la dynamique des stocks du poulpe commun

Le poulpe commun *Octopus vulgaris* est une espèce emblématique de Méditerranée dont le bon maintien des stocks dépend majoritairement de son succès reproducteur, étant une **espèce sémelpare** (qui se reproduit une seule fois au cours de sa vie). Ce dernier peut être influencé par de nombreux facteurs environnementaux. C'est une espèce commune largement connue du grand public, évaluée « préoccupation mineure » selon la liste rouge des espèces de l'union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), et qui constitue une ressource halieutique. Cependant il n'existe aucun suivi,

et donc peu de connaissances, sur cette espèce en Corse.

Ainsi, et afin d'obtenir de premiers éléments sur la dynamique des stocks de l'espèce sur le territoire, une première étude en baie de Calvi a été réalisée. La même méthodologie a été exportée et mise en application au sein du Parc Naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate (PNMCCA).

Cette étude constitue une nouvelle ligne de travail de STARECAPMED qui vise à **augmenter les connaissances** sur la population de poulpes communs dans le but de fournir des recommandations pour une **gestion durable** et le maintient d'un bon état de conservation de la ressource halieutique.



Différentes méthodologies d'échantillonnage testées

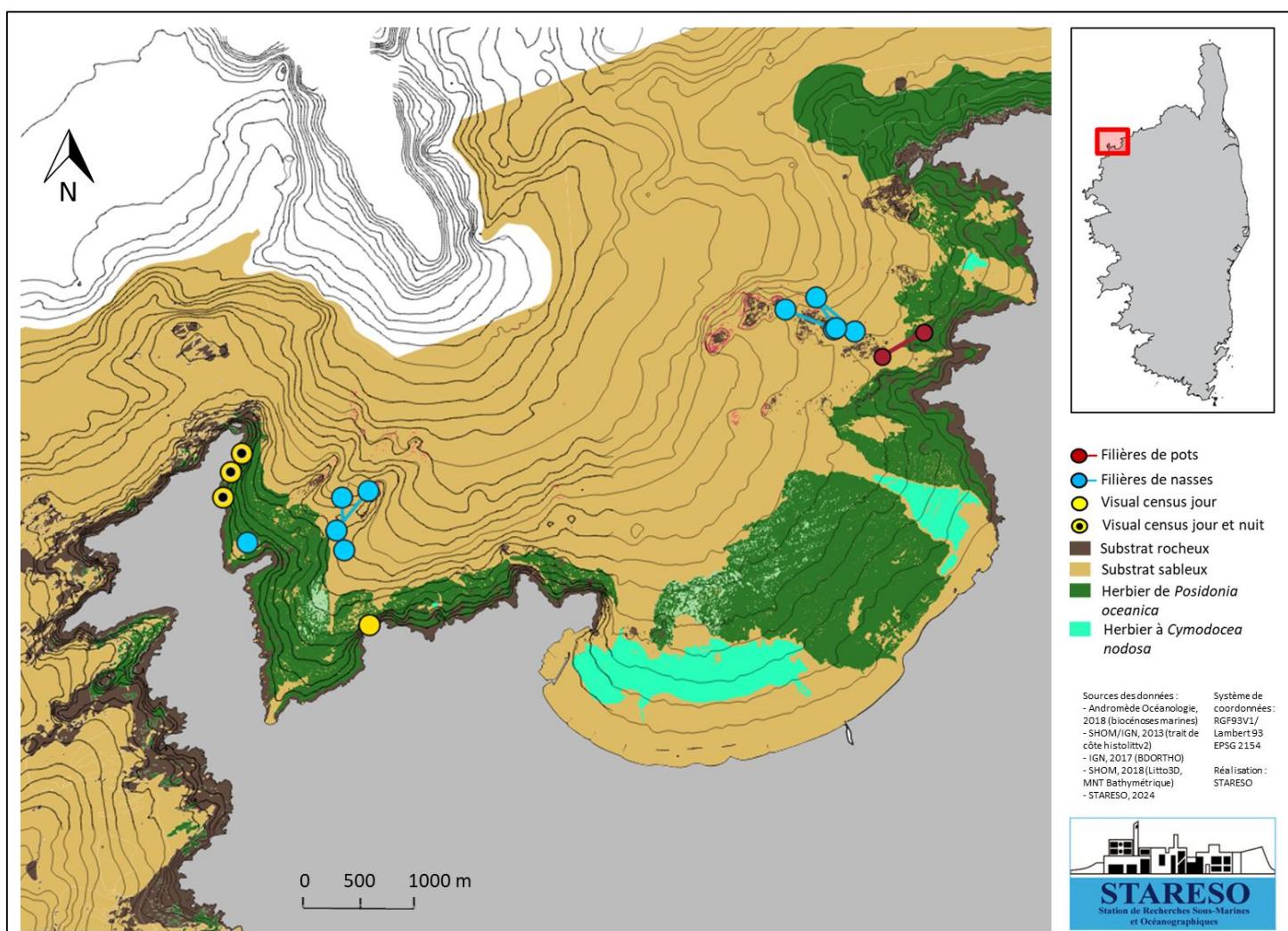
Différentes techniques d'échantillonnage ont été utilisées afin de pouvoir prospectioner la large tranche bathymétrique de 0 à 50 m de profondeur où *O. vulgaris* est le plus présent, d'adapter les techniques de recensement en fonction du cycle de vie de l'espèce et d'en évaluer la pertinence.

Les prospections ont ainsi été menées au moyen de trois méthodes d'échantillonnage au niveau de sites théoriquement propices à la présence d'*Octopus vulgaris* (Fig. A) :

- des **filières de nasses à appâts**, composées de 30 nasses placées sur environ 500 m de long sur milieu rocheux entre 30 et 50 m de profondeur, permettent de piéger les poulpes en chasse, donc en dehors de leur phase de reproduction, et de réaliser des mesures biométriques sur les individus avant de les relâcher *in situ* (Fig. B),
- des **filières de pots** composées de 15 petits pots en grès et 15 grands pots en argile disposés en alternance sur une filière d'environ 500 m de long sont immergés

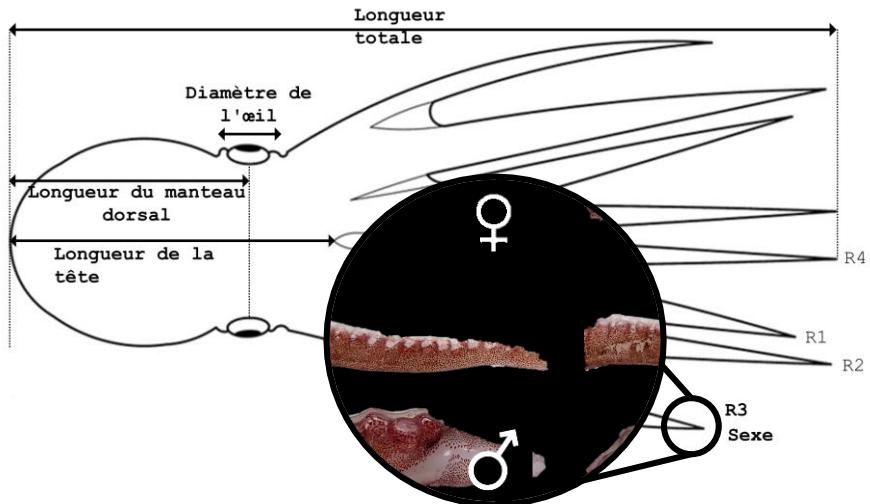
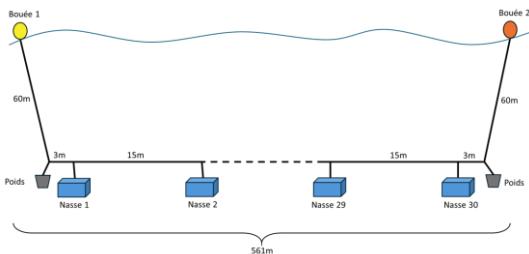
pendant plusieurs mois sur milieu sableux entre 20 et 30 m de profondeur (Fig. C). Ils servent d'abris artificiels aux poulpes qui peuvent même y pondre leurs œufs,

- des **plongées de visual census** réalisées sur milieu rocheux entre 0 et 20 m de profondeur donnent l'occasion d'observer les individus dans leur milieu naturel et permettent ainsi d'étudier l'écologie du poulpe et de calculer des densités (Fig. D).

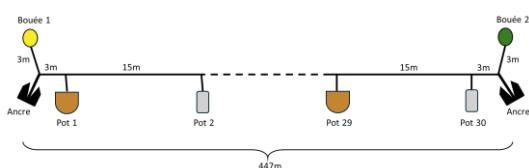


A Carte de localisation et méthodologies de prospection des sites d'étude du poulpe commun *Octopus vulgaris* au sein de la baie de Calvi.

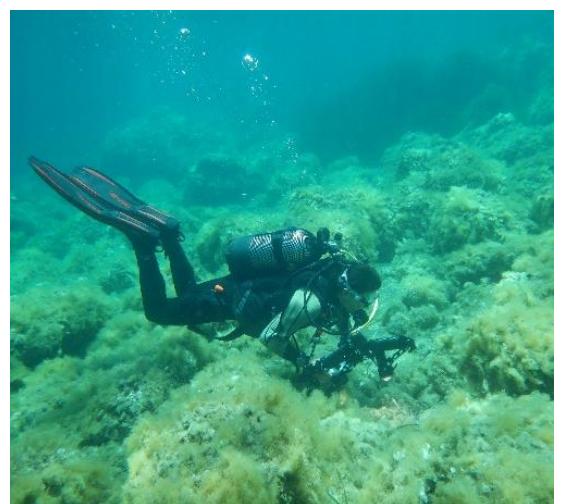
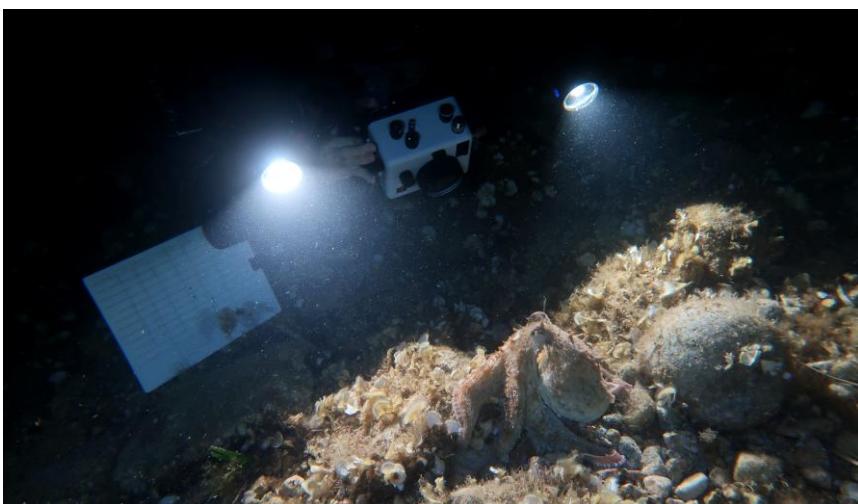
Différentes méthodologies d'échantillonnage testées



B Nasses à appâts sur le quai de STARESO et configuration des filières de nasses à appâts sous l'eau (à gauche). Schéma des mesures relevées sur chaque poulpe capturé et distinction entre l'extrémité mâle et femelle du 3^{ème} bras droit (à droite).



C Pots en argile et en grès sur le bateau avant mise à l'eau et schéma de configuration des filières de pots sous l'eau (à gauche). Inspection sous-marine de la disposition des pots par un plongeur scientifique (à droite).

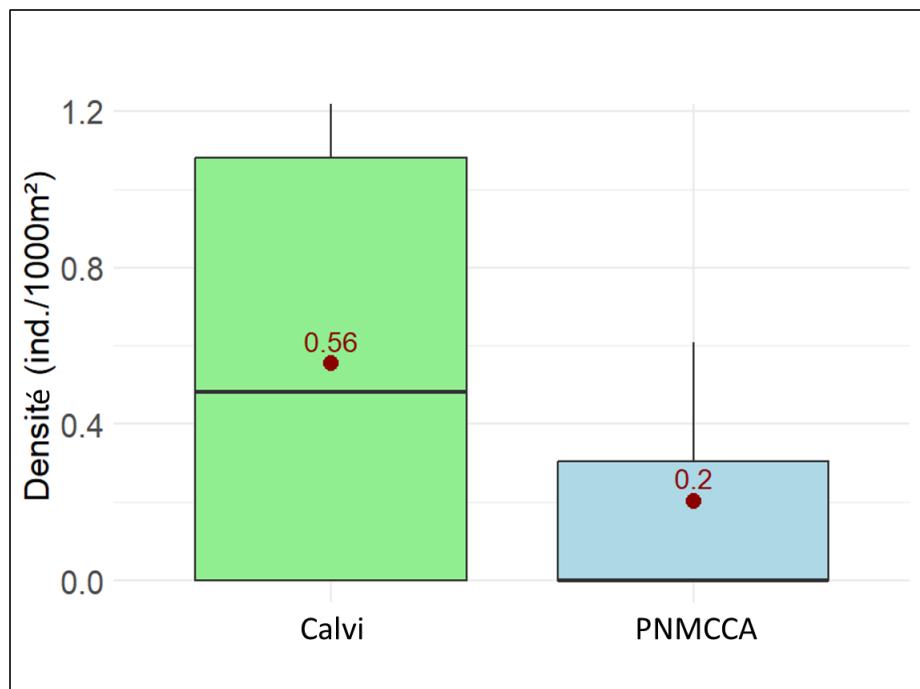


D Plongeurs scientifiques de STARESO effectuant des prospections de visual census de nuit (à gauche) et de jour (à droite) avec réalisation de photographies sous-marines.

Premiers éléments sur la dynamique des stocks en Corse

Au total, 27 individus d'*O. vulgaris* ont été recensés en 2024 en baie de Calvi sur les sites de prospection, dont 8 capturés dans les nasses à appâts, 4 observés dans les pots, 5 via des prospections de visual census de jour et 10 en visual census de nuit (Figs. F et G).

La densité moyenne des visual census de jour en baie de Calvi est de 0,56 ind./1 000 m². Elle ne diffère pas significativement de celle trouvée dans le PNMCCA (0,20 ind./1 000 m²) ($W = 12$, $p = 0,48$) (Fig. E). Cela suggère une homogénéité des densités à l'échelle de la Haute-Corse, qui ne pourra être confirmée qu'avec des suivis à une plus large échelle temporelle et sur davantage de sites.



E

Diagramme en boîte à moustaches des densités d'*Octopus vulgaris* pour la baie de Calvi et le Parc issus des données de visual census de jour. Les points rouges représentent les moyennes de chaque zone.

Visual census de nuit



Filière de pots



F Exemples de poulpes communs observés en prospection de visual census de nuit sur milieu naturel (à gauche) et sur les filières de pots (à droite).

Visual census de jour



Filière de nasses à appâts



G Exemples de poulpes communs observés en prospection de visual census de jour sur milieu naturel (à gauche) et à l'aide des filières de nasses à appâts (à droite).

Parmi les poulpes recensés, 7 ont été estimés à moins de 500 g, ce qui correspond à des individus juvéniles, et 18 supérieurs à 500 g, correspondant à des adultes (Cuccu et al. 2013a, Cuccu et al. 2013b, González et al. 2011).



18 adultes



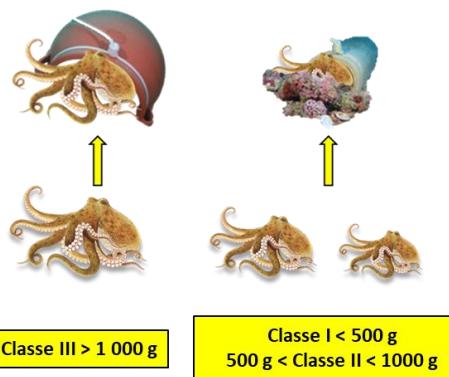
7 juvéniles

Une variation saisonnière du ratio adultes-juvéniles, liée au cycle de vie de l'espèce, est normale et correspond à un ratio adultes-juvéniles en faveur des adultes en Méditerranée pour la période printemps-début d'été (Ajana et al. 2018), ce qui correspond aux résultats obtenus en baie de Calvi.

Le sex-ratio observé est de 6 mâles pour 1 femelle, pour des captures effectuées entre avril et juillet. Ce dernier varie selon la saison chez le poulpe, avec une dominance des mâles au printemps et en été (Alonso-Fernández et al. 2016, Alonso-Fernández et al. 2017, Fernández-Rueda et García-Flórez 2007), qui correspond à ce qui est observé en baie de Calvi. Cela est probablement lié

à l'inaccessibilité des femelles pour la pêche une fois qu'elles ont pondu (Roura et al. 2024). La quantité de données disponibles est cependant trop faible pour être robuste.

En combinant les résultats de la baie de Calvi avec ceux de l'étude menée dans le PNMCCA, il a été montré que les poulpes de classes I (< 500 g) et II (entre 500 et 1 000 g) préfèrent utiliser les petits pots tandis que les poulpes de classe III (> 1 000 g) préfèrent les pots de grandes dimensions (Test exact de Fisher, $p = 0,0061$ (Fig. H)).



H Préférence de dimensions des pots en fonction de la classe de poids du poulpe. Grands pots préférés par les poulpes de classe III ($> 1 000$ g) et petits pots par ceux de classes I (< 500 g) et II (entre 500 et 1 000 g) (test exact de Fisher, $p = 0,0061$).

Les poulpes sont observés significativement plus à l'extérieur d'un abri la nuit que le jour (test exact de Fisher, $p < 0,001$) (Fig. I), ce qui a pu être constaté par ailleurs en Méditerranée, avec une activité plus prononcée au crépuscule et à l'aube (Papadopoulo et al. 2024).

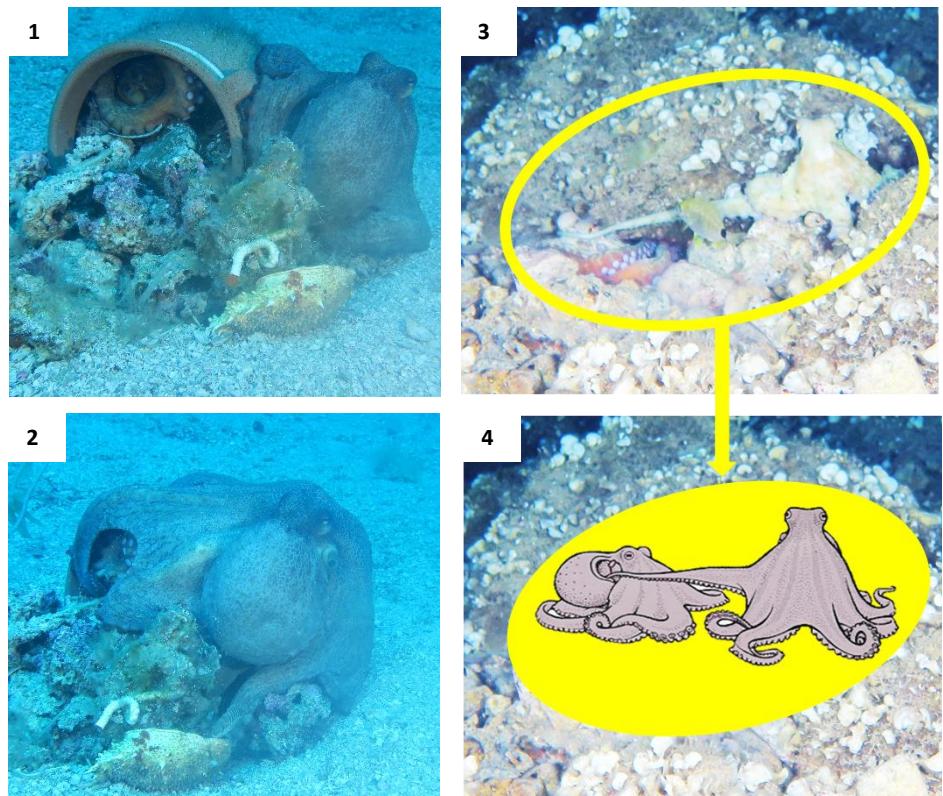


I *O. vulgaris* observé de jour dans son abri (en haut). *O. vulgaris* observé de nuit hors de son abri (en bas).

Des comportements reproducteurs observés

Des individus en phase de reproduction ont été observés en baie de Calvi sur substrat rocheux (Fig. J3), et dans le périmètre du PNMCCA sur substrat sableux au niveau d'une filière de pots (Figs. J 1 et 2), respectivement en juillet et en juin. Cela confirme la reproduction de cette espèce en Corse durant le pic de reproduction observé en Méditerranée occidentale, entre avril et juillet (Belcari et al. 2002, Tsangridis et al. 2002).

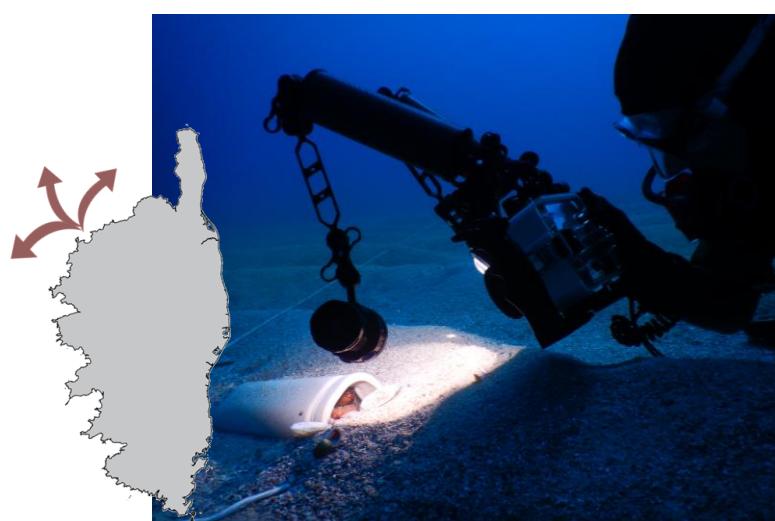
La période de reproduction d'*O. vulgaris* en Méditerranée est cependant très large : de début janvier à fin octobre (Belcari et al. 2002, Tsangridis et al. 2002). Cela semble être le cas aussi en Corse, des paralarves d'*O. vulgaris* ayant été observées en mars 2024 en baie de Calvi et en baie d'Ajaccio, ainsi qu'en juillet 2020 (Fig. K) et en juin 2021 en baie de Calvi.



J Individus d'*O. vulgaris* observés en phase de reproduction dans le périmètre du PNMCCA sur substrat sableux au niveau d'une filière de pots (1 et 2), et en baie de Calvi sur substrat rocheux (3). Schéma théorique du comportement de reproduction (4).



K Paralarve d'*Octopus vulgaris*, capturée à l'aide d'un filet à plancton WP2, sous loupe binoculaire (baie de Calvi, juillet 2020).

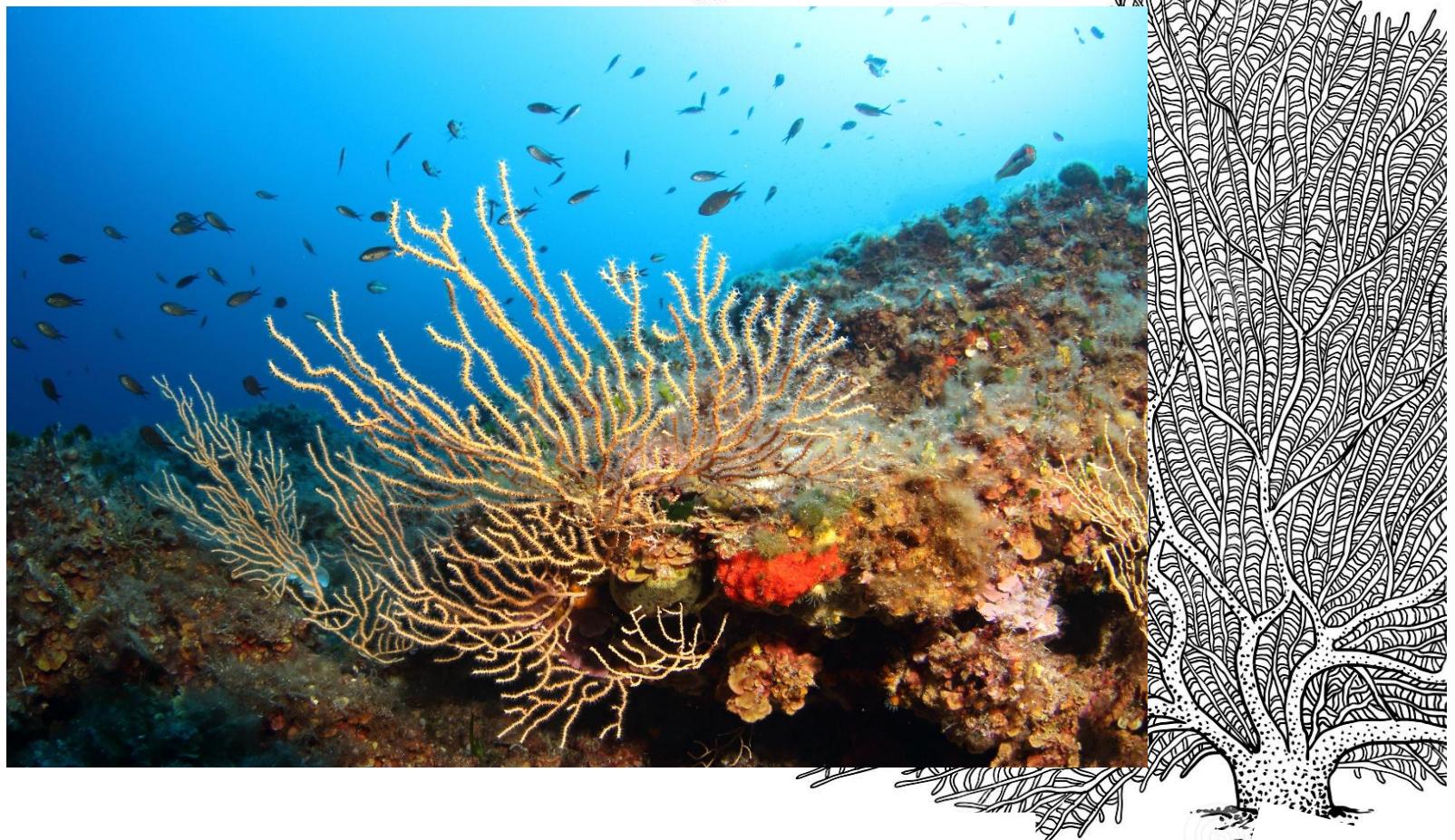


Les résultats de cette étude préliminaire peuvent servir de base pour concevoir des études plus approfondies. Une taille d'échantillonnage et une période spatio-temporelle plus importantes permettraient d'établir des valeurs de références nécessaires au suivi des stocks.

27 poulpes communs recensés en 2024 en baie de Calvi

Un support pour la proposition de mesures de gestion dans les aires marines protégées insulaires

SUIVI DES PEUPLEMENTS DE GORGONES



Les peuplements de gorgones forment des structures clés des récifs coralligènes en Méditerranée par la constitution d'habitats complexes favorisant la biodiversité. Les gorgones, organismes faisant partie du vaste groupe des cnidaires, peuvent ainsi être considérées comme des espèces indicatrices de ce riche biotope que constitue le coralligène. De plus, leur lente croissance et leur fragilité rendent ces organismes vulnérables aux pressions climatiques et anthropiques. C'est ainsi que

des suivis des peuplements *Eunicella cavolini* (gorgone jaune) et *Paramuricea clavata* (gorgone pourpre) sont réalisés depuis 2004 à la Pointe de la Revellata. Le suivi de leurs structures (taille et profondeur), de leurs taux de nécroses ainsi que des influences environnementales (température & plancton) et anthropiques (la fréquentation en plongée) permet de caractériser la dynamique gorgonaire, centrale aux récifs coralligènes, dans un site emblématique de plongée et de biodiversité.

 Individus de *Eunicella cavolini* (en haut) et de *Paramuricea clavata* (en bas).



Sensibilité et évolution des peuplements de gorgones

Le suivi des peuplements de gorgones permet de considérer différents paramètres : la taille de l'individu, sa profondeur, le type de dommage observé (nécrose ou épibionte), la surface des dommages, ou encore la proportion d'individus sain. L'analyse et l'interprétation de ces suivis pluriannuels (2004, 2014 et 2019) sur un même site ont récemment été publiées (Iborra et al., 2022) et ont notamment permis de mettre en évidence une variation de la sensibilité en fonction de la profondeur et de la taille des individus, une évolution dans la distribution de taille et la surface nécrosée ou encore l'effet d'une saison estivale sur la vitalité des peuplements.

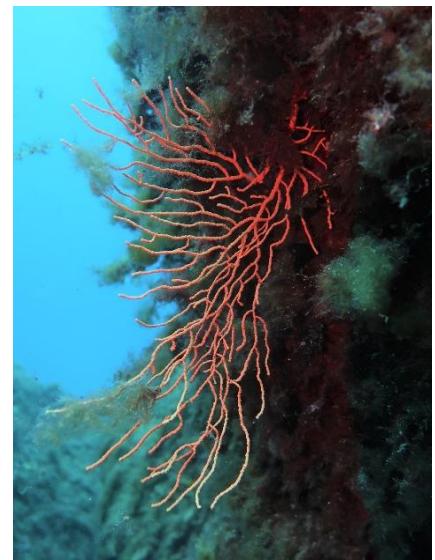
Communément aux deux espèces, les grands individus (>10cm) sont plus impactés que les petits individus. A l'inverse, certaines spécificités semblent être propres à chaque espèce telle que la sensibilité à la nécrose en fonction de la profondeur ou encore l'intensité de l'impact suite aux événements extrêmes de vagues de chaleur marine. La fragilité de chaque individu est donc à considérer distinctement en fonction de sa taille, des pressions et de l'espèce.

Fil de pêche emmêlé dans une gorgone jaune nécrosée.



En termes d'évolution, le nombre de colonies de gorgones pourpres est en déclin depuis 2004, contrairement aux gorgones jaunes dont le peuplement semble plus stable mais qui présentent une augmentation de la surface nécrosée entre 2004 et 2019 et suggère donc une pression sous-jacente commune aux 2 espèces. Bien qu'il existe différentes types de pressions (pêche, plongée sous-marine, tempête, espèces invasives etc.), cette dégradation est synchrone avec l'augmentation du nombre et de la durée des vagues de chaleur marine, surtout depuis 2010 exacerbant ainsi le stress thermique et énergétique (Galli et al., 2017) et donc la prédisposition à développer des maladies (Bally & Garrabou, 2007) tout en soutenant la prolifération d'algues mucilagineuses asphyxiantes (Piazzì et al., 2018).

Gorgone jaune faiblement colonisée par des algues épibiontiques.



Gorgone jaune entièrement colonisée par des algues épibiontiques.



Gorgone pourpre saine (en haut) et moyennement colonisée (en bas).



Bloom d'algues mucilagineuses.



Effet saisonnier et discrimination des pressions climatiques et anthropiques

La pointe de la Revellata constitue un **hot spot de la plongée sous-marine**, du fait notamment de la biodiversité et l'abondance d'espèces patrimoniales et protégées y régnant. C'est ainsi qu'une étude socio-économique et environnementale a permis d'estimer cette fréquentation dans ce site de plongée emblématique à environ **6500 plongeurs annuels** en 2019 (Iborra et al., 2020). Or, la plongée peut constituer une pression pour les espèces fragiles dressées telles que les gorgones par le contact physique (volontaire ou involontaire) des plongeurs avec le fond (Di Franco et al., 2009; Luna e al., 2009) ou la remise en suspension des sédiments (Di Franco et al., 2013, 2010).

Ainsi, cette même étude a notamment permis de réaliser :

- des suivis de comportement des plongeurs loisirs en intégrant « incognito » la palanquée
- un **suivi gorgonaire** réalisé en sélectionnant, marquant, mesurant et photographiant certains individus de gorgones à 3 profondeurs différentes avant puis après la saison estivale afin de quantifier de potentiels endommagements (nécroses ou recouvrement), disparitions ou au contraire, croissances.

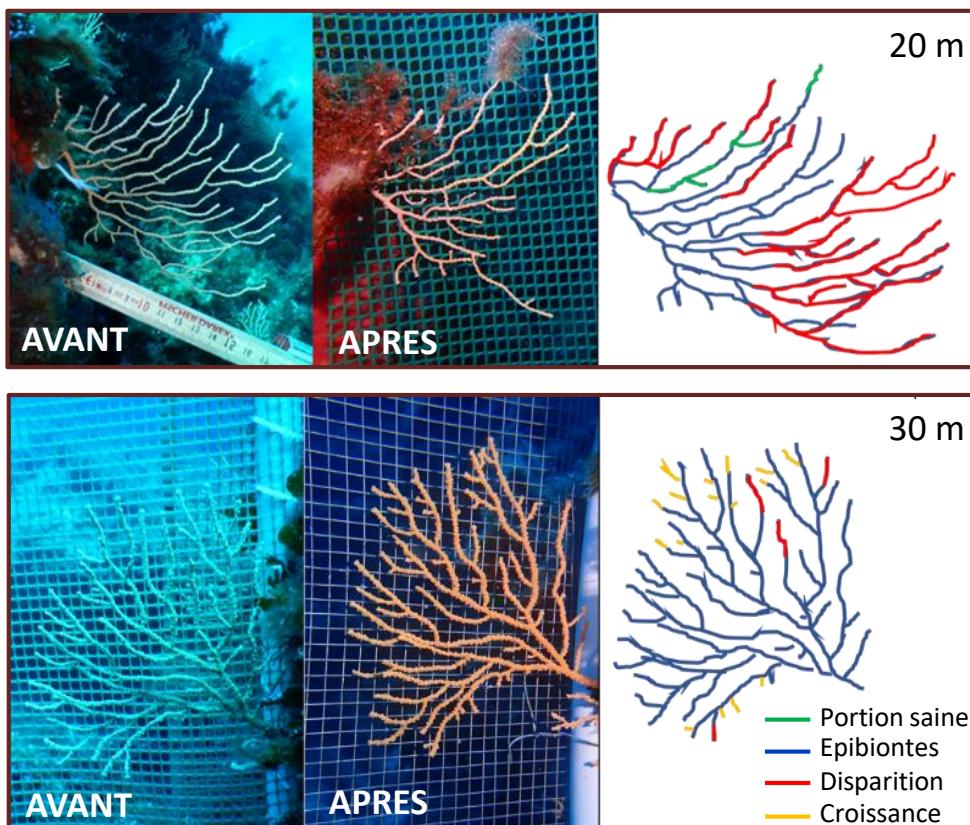
Bien que 85 % des plongeurs observés par STARESO ait eu au moins un contact avec le milieu durant 10 min d'observation, concernant la faune, aucun contact involontaire et seulement un contact volontaire a été recensé. Par ailleurs, le taux de nécrose des gorgones est nettement supérieur après la saison, surtout sur les

faibles profondeurs, c'est-à-dire des profondeurs accessibles à un plus grand nombre de plongeurs. Cependant, la considération de suivis similaires réalisés à un site à proximité de la Revellata situé dans un cantonnement interdit à la plongée, présente le même constat, qui n'est donc pas imputable à la fréquentation du site. Ces éléments suggèrent ainsi une faible pression liée à l'activité de plongée sous-marine sur les gorgones, contrairement à la pression climatique.

Image issue d'une caméra 360°
Fixée à la Revellata, témoignant de la présence de plongeurs.



Exemples d'individus de gorgones jaunes observés avant et après la saison estivale à 20m et 30m et identification des différences.

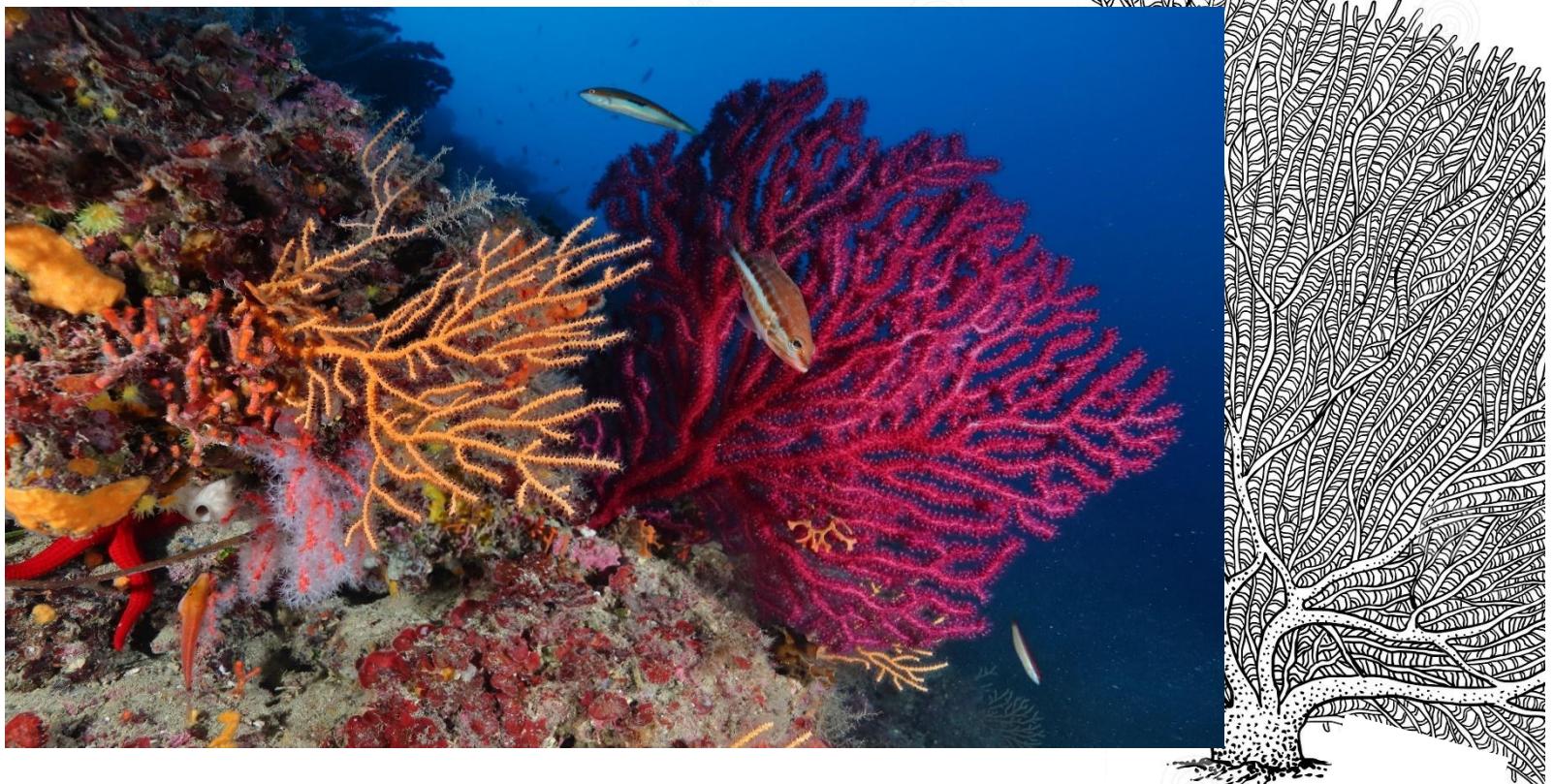


Suivi gorgonaire depuis 2004 recensant plus de 1300 individus

Sensibilités distinctes en fonction de la taille, profondeur et espèce et changement dans la structure de population

La pression climatique, entraînant notamment la nécrose, semble plus nocive que celle liée à l'activité de plongée sous-marine même dans un site accueillant ~6500 plongeurs /an

PROTOCOLE EXPERIMENTAL D'AIDE A LA REGENERATION DES GORGONES

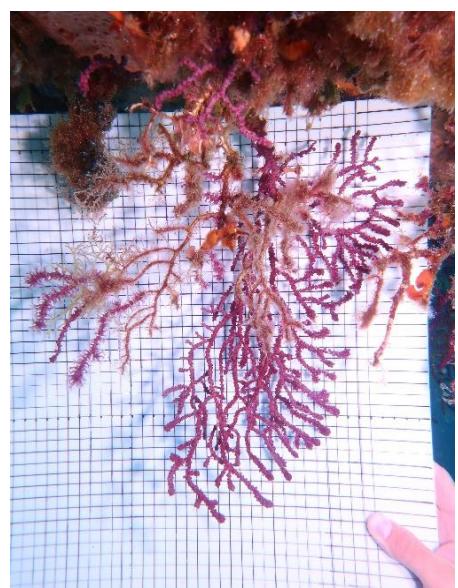


Les peuplements de gorgones forment des structures clés des récifs coralligènes en Méditerranée par la constitution d'habitats complexes favorisant la biodiversité. Ainsi, des suivis des peuplements *Eunicella cavolini* (gorgone jaune) et *Paramuricea clavata* (gorgone pourpre) sont réalisés depuis 2004 à la Pointe de la Revellata et ont fait l'objet d'une publication (Iborra et al., 2022). Le suivi de leurs structures (taille et profondeur), de leurs taux de nécroses ainsi que des influences environnementales et anthropiques a permis de

caractériser la dynamique gorgonaire sur un site emblématique de plongée et de biodiversité corse.

Face aux considérables conséquences des canicules sous-marines de l'été 2022 sur le coralligène (Estaque et al., 2023), un suivi du coralligène plus exhaustif est déployé, et un protocole expérimental d'ablation des portions nécrosées de gorgones est testé dans le but de favoriser le rétablissement de ces individus menacés.

Suivi photographique d'un individu de *Paramuricea clavata*.



Un suivi évolutif et diversifié

Suite aux températures extrêmes durant l'été 2022, de nombreuses observations de gorgones et éponges nécrosées ont été faites en Méditerranée Nord-Occidentale, y compris dans la baie de Calvi. Un état des lieux a donc été réalisé via un **suivi revisité des peuplements de gorgones et éponges**, notamment avec le soutien de Septentrion. Ce suivi s'est traduit par le déploiement de 4 transects de 5 m² (soit 1 m x 5 m) distribués entre 18 et 30 m sur des parois de coralligènes au niveau de 4 sites sur le sec de la Revellata. Des capteurs de températures y sont également installés depuis 2021 tout les 10 m de 10 à 36 m.

Les températures les plus extrêmes enregistrées sur ce site durant l'été 2022, ont dépassé :

- les 27 °C à 20 m à plusieurs reprises sur des périodes prolongées de 5 jours;
- les 25 °C à 36 m à plusieurs reprises sur des périodes courtes de 2 jours max.



Une première campagne de ce type de janvier à juin 2023 a permis d'estimer l'état de santé des populations de gorgones (162 individus) sur des zones fixes, d'explorer la diversité des éponges associées à ces faciès (taux de recouvrement & identification au microscope) et de tester un protocole expérimental d'ablation des nécroses.

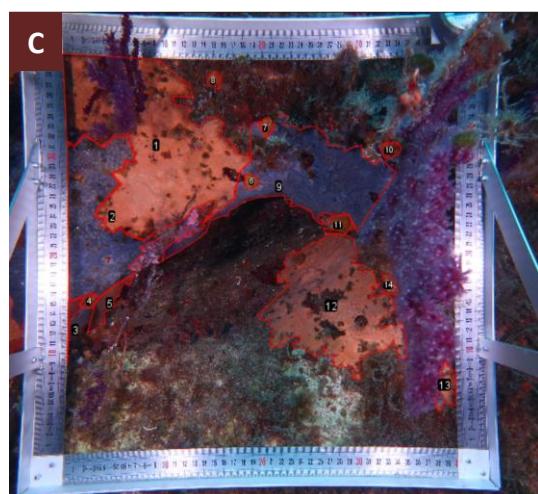
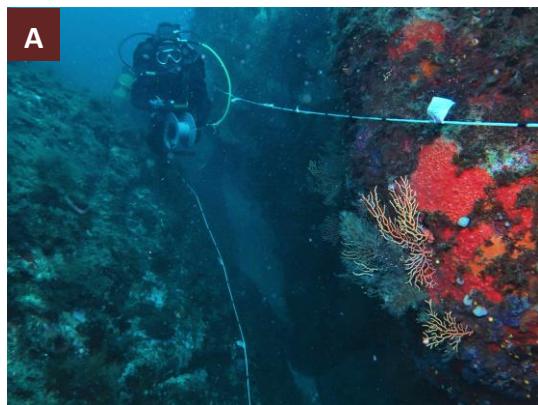


A titre d'exemple et de comparaison, pour une profondeur de 29 m, les populations de *Paramuricea clavata* et de *Eunicella cavolini* présentaient un taux maximal de nécrose récente pour les individus de tailles 20-30 cm de 50 % et 55 %, respectivement, soit des taux bien inférieurs à ceux reportés sur les colonies au large de Marseilles.



Démosponge nécrosée en automne 2022.

Sur base de photo-quadrats et de prélèvements, 29 clades ou espèces d'éponges ont pu être différenciées. Les éponges recouvraient entre 14 % et 26 % de la surface des transects de coralligènes. Aucune trace de nécrose sur les éponges n'a été identifiée sur ces transects. En 6 mois, les individus ont potentiellement pu se régénérer de ces nécroses, se détacher de leur paroi rocheuse et mourir, ou se débarrasser de leurs nécroses par autotomie.



(A) Déploiement d'un transect de 5 m²,
(B) mesure d'une gorgone pourpre,
(C) analyse d'un photo-quadrat et du taux de recouvrement des éponges et
(D) observations de spicules d'éponges dans le but de les identifier.

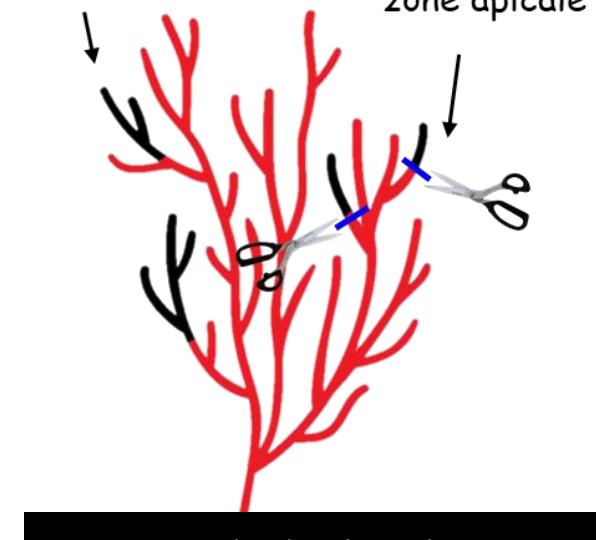
Un protocole de restoration

Des évènements de canicules sous-marines ont impacté le coralligène, entraînant notamment des phénomènes de nécroses chez les gorgones. Bien que celles-ci soient capables de régénérer lentement les parties nécrosées via une recolonisation de la structure squelettique par le coenenchyme (tissu vivant reliant les polypes), elles sont confrontés à divers facteurs qui peuvent compromettre cette capacité de régénération (Henry & Hart, 2005; Fava et al., 2010). En outre, la taille de la lésion et celle de l'individu jouent un rôle déterminant dans cette faculté de récupération face à la rapide colonisation des épibiontes (Canessa et al., 2023). En effet, les épibioses peuvent, selon leur ampleur, entraver la récupération de l'organisme mais aussi endommager les parties saines adjacentes de la zone affectée.

C'est dans un tel contexte qu'il a été imaginé et testé un protocole expérimental visant à favoriser la régénération de gorgones endommagés en retirant les extrémités nécrosées, en apex, sur des gorgones jaunes (*Eunicella cavolini*) situés entre 18 m et 28 m à la pointe de la Revellata à Calvi. Un protocole semblable mais sur des colonies de *Paramuricea clavata* s'était déjà avéré prometteur sur les côtes italiennes (Previati et al., 2011).

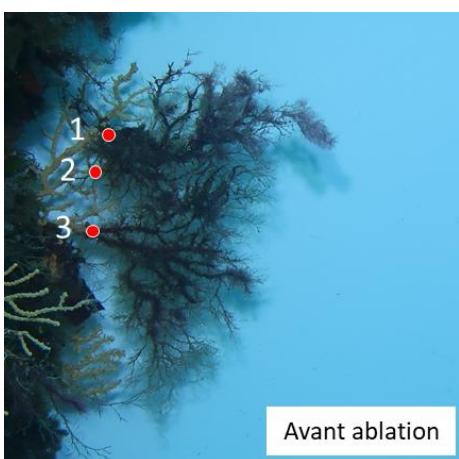
Témoins de portions nécrosées

Sections de portions nécrosées en zone apicale

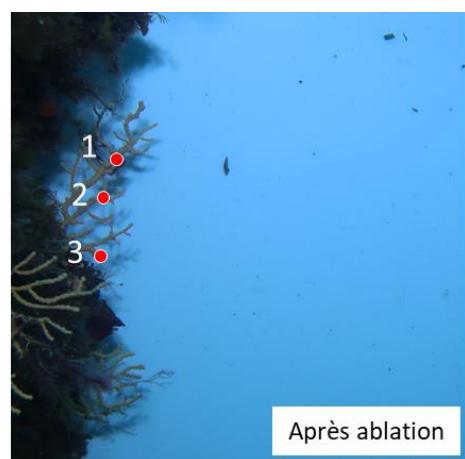


Individu nécrosé

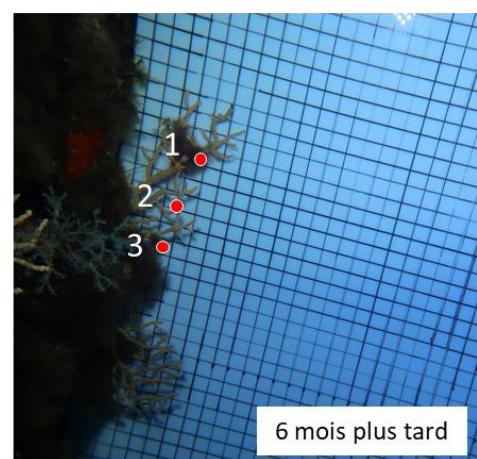
Schématisation du protocole d'ablation sur une gorgone jaune nécrosée; des individus témoins sont également considérés sur 3 sites différents.



Avant ablation



Après ablation



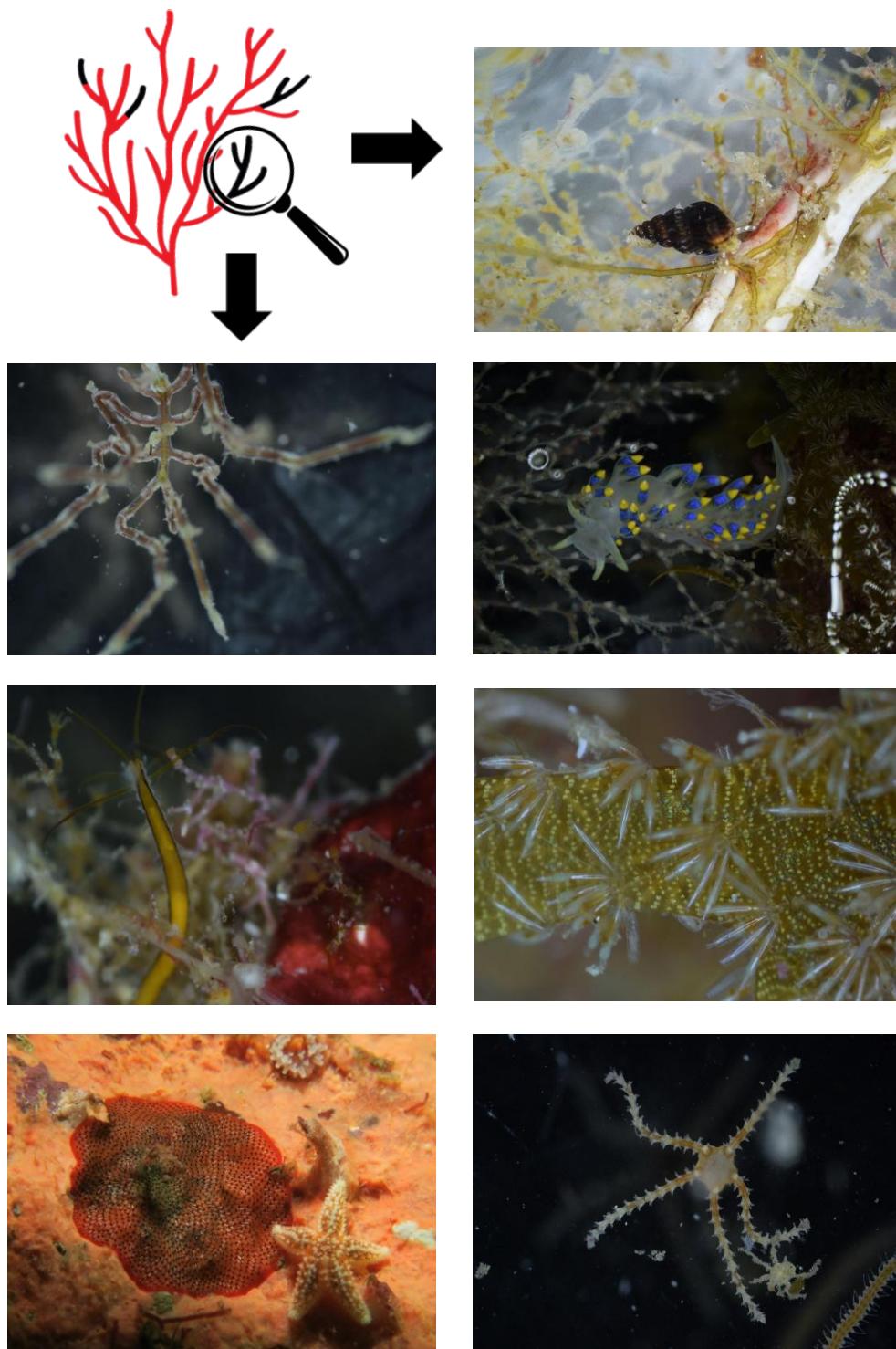
6 mois plus tard

Exemple de 3 ablations réalisées sur une gorgone jaune expérimentale nécrosée et controlée 6 mois après l'opération.

Sur une période de 6 mois et au niveau de 3 sites, le suivi de l'impact de ces ablations sur des individus nécrosés face à des individus témoins a permis de montrer que ces opérations n'ont causé aucune aggravation de l'état de santé initial des individus expérimentaux. A l'inverse, les gorgones témoins ont, elles, subit une augmentation du taux de nécrose. Cette étude préliminaire montre qu'une telle opération peut être judicieuse surtout pour les gorgones dont le taux de nécrose se situe entre 20 % et 50 %. En deçà de ce seuil, les nécroses seraient de type « naturelles », tandis qu'au-delà, l'état de la gorgone est souvent trop avancé pour envisager une régénération. Une étude plus complète et conséquente est nécessaire pour confirmer l'efficacité de cette méthode.

Des nécroses pleines de vie

La réalisation d'ablations de portions nécrosées sur les colonies choisies s'est accompagnée d'une exploration au microscope de la faune et flore épibiontes présentes sur ces portions prélevées. L'épibiose de ces tissus dépourvus de coenenchyme, par des algues de type filamenteuse, des hydrozoaires, des éponges, des bryozoaires ou encore des algues encroûtantes forment rapidement (< 1 an) des habitats propices à une vie microscopique foisonnante.



Sélection de faunes et flores épibiontes observées au microscope sur les portions nécrosées et sectionnées de gorgones jaunes.

Bien que les nécroses puissent entraîner la mort de colonies entières selon leur gravité, la taille des colonies affectées et les conditions de régénération, dégradant à terme la complexité des habitats coralligènes, il est remarquable d'observer que l'épibiose permet finalement une augmentation de la biodiversité locale (Canessa et al., 2023).

Il est donc essentiel de prendre en compte ce facteur lors de l'élaboration d'un tel protocole d'ablation. Ces découvertes nous rappellent également à quel point la nature excelle à saisir toutes les opportunités pour réinventer la vie sous de multiples formes.

Suivi approfondi des communautés de coralligène

Protocole expérimental d'ablation des nécroses apicales de gorgone jaune visant à promouvoir la régénération des petits individus fortement nécrosés

Exploration de la diversité des épibiontes sur les portions nécrosées

LE BENTHOS DE SUBSTRATS MEUBLES



LE BENTHOS DE SUBSTRATS MEUBLES

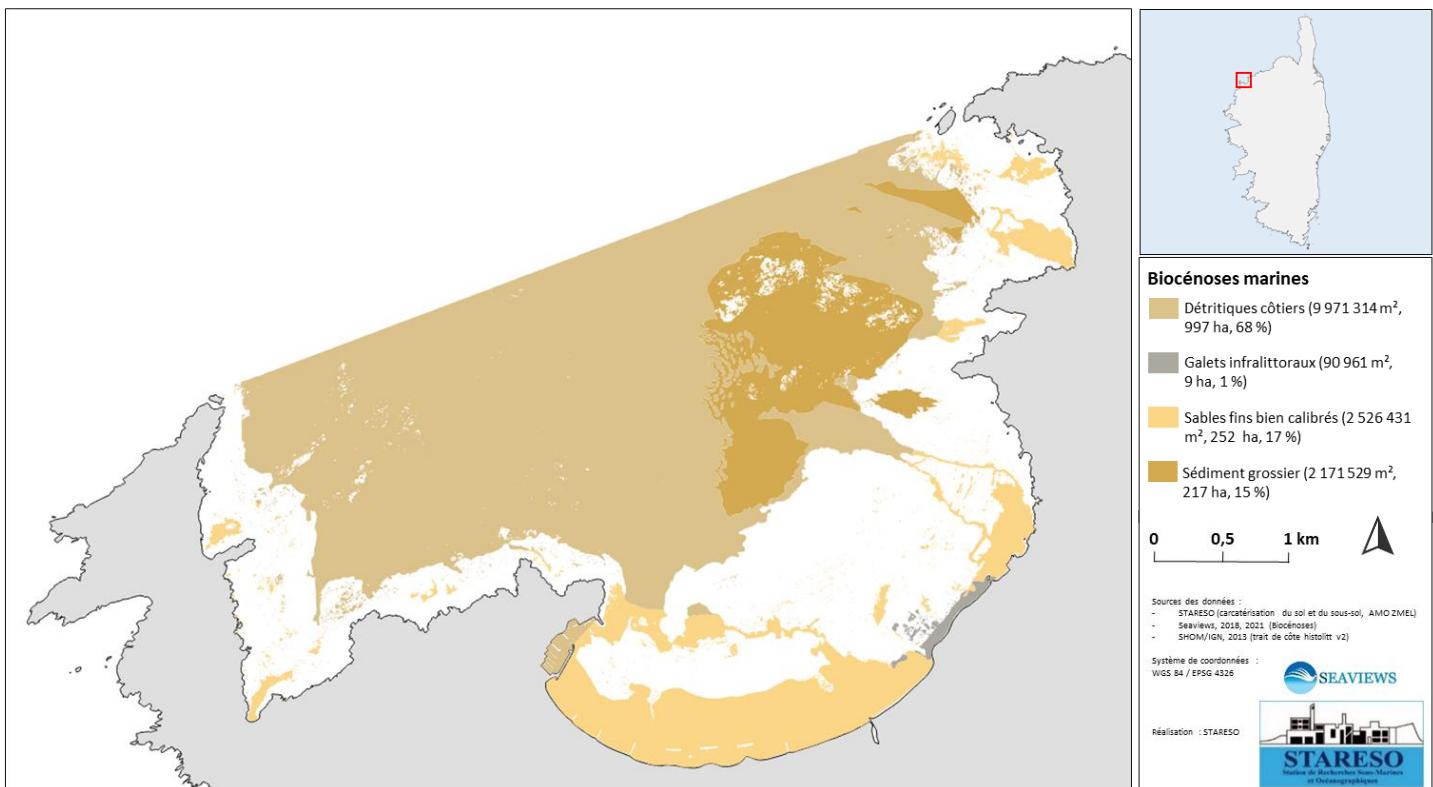


Le substrat meuble, vulgairement qualifié comme milieu sableux, représente quasi 70 % de la biocénose côtière des façades méditerranéennes françaises et **67 % en baie de Calvi** (de 0 à 100 m). Pourtant, il s'agit probablement du compartiment écologique le plus **méconnu** en termes de fonctionnement écologique. De plus, il s'agit d'un milieu « sacrifié » réceptionnant grand nombre de pratiques indésirées sur les autres milieux et donc directement

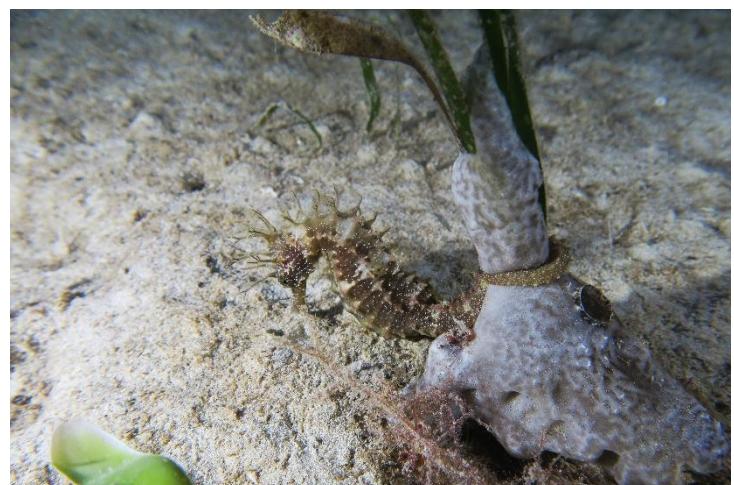
concerné par la mise en vigueur des **réglementations relatives à l'interdiction d'ancrage** dans les herbiers de Posidonie ou le déversement de sédiments de dragages ou des résidus de banquette de Posidonie issus des opérations de **clapages** en mer. Pourtant ce milieu est particulièrement « **vivant** » puisqu'il abrite une grande richesse et abondance de macrofaune qui, de plus est, est particulièrement réactif et sensible aux variations physico-chimiques du milieu.

Sélection d'aspects présentés

**IMPACT DE
L'ANCRAGE SUR LA
MACROFAUNE
BENTHIQUE**



Cartographie des biocénoses de type substrats meubles au sein de la baie de Calvi (Seaviews 2018 et 2021).



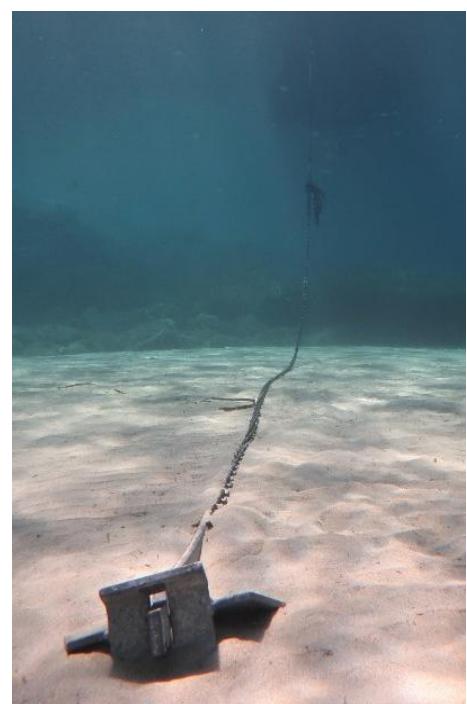
Sélection d'espèces associées au substrat meuble rencontrées de nuit à 40 m en baie de la Revellata.

LA MACROFAUNE BENTHIQUE



La macrofaune benthique de substrats meubles fait référence à l'ensemble des invertébrés supérieurs à 1 mm vivants sur le fond (épifaune) ou totalement voire partiellement enfouis dans ce dernier (endofaune). Elle se compose de différents phylums dont les principaux sont les polychètes, les crustacés, les mollusques et les échinodermes. Tous ces organismes présentent des caractéristiques morphologiques et/ou de traits de vie qui permettent de décrire un peuplement. De plus, malgré le fait que ces invertébrés soient influencés par différents paramètres environnementaux

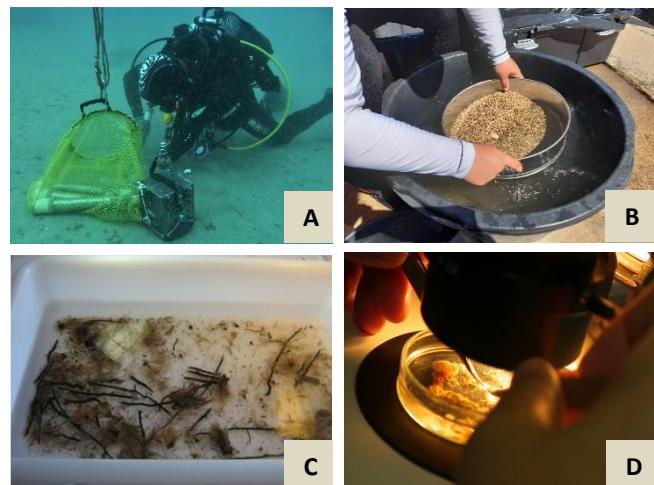
dont la granulométrie, liée à l'hydrodynamisme et la profondeur, ils sont connus pour être des indicateurs de qualité de milieu du fait de leur sensibilité reconnue à diverses perturbations (enrichissement du milieu, etc.). De ce fait, de nombreux indices de qualification du milieu ont été développés dont, selon Borja et al., 2015 les plus employés sont l'**AMBI** et le **M-AMBI**. Ce dernier a été ajusté par STARESO par la création de référentiels par habitat sédimentaire corse et pondéré afin d'obtenir un indice adapté aux conditions particulières de l'île: le **J'MAMBI** (Donnay, 2016).



Ancrage dans le substrat meuble.

Une expérience de 25 ans

Forte d'une expérience de plus de 25 ans, STARESO a été désignée par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse comme référente de l'indicateur Macrofaune benthique de substrats meubles dans le cadre du suivi de la qualité des eaux côtières pour la Directive Cadre sur l'Eau depuis 2006 pour le littoral corse, et depuis 2015 pour la façade méditerranéenne française. De plus, des prélèvements et analyses sont réalisés continuellement dans le cadre d'études d'impact (suivis d'émissaires de station d'épuration, d'opérations de dragage, etc.) pour lesquelles une analyse biocénotique est nécessaire. Enfin, le suivi sur le long terme de sites de référence et sous influences dans la baie de Calvi, permet de différencier les évolutions dues aux influences globales de celles dues aux influences anthropiques locales.

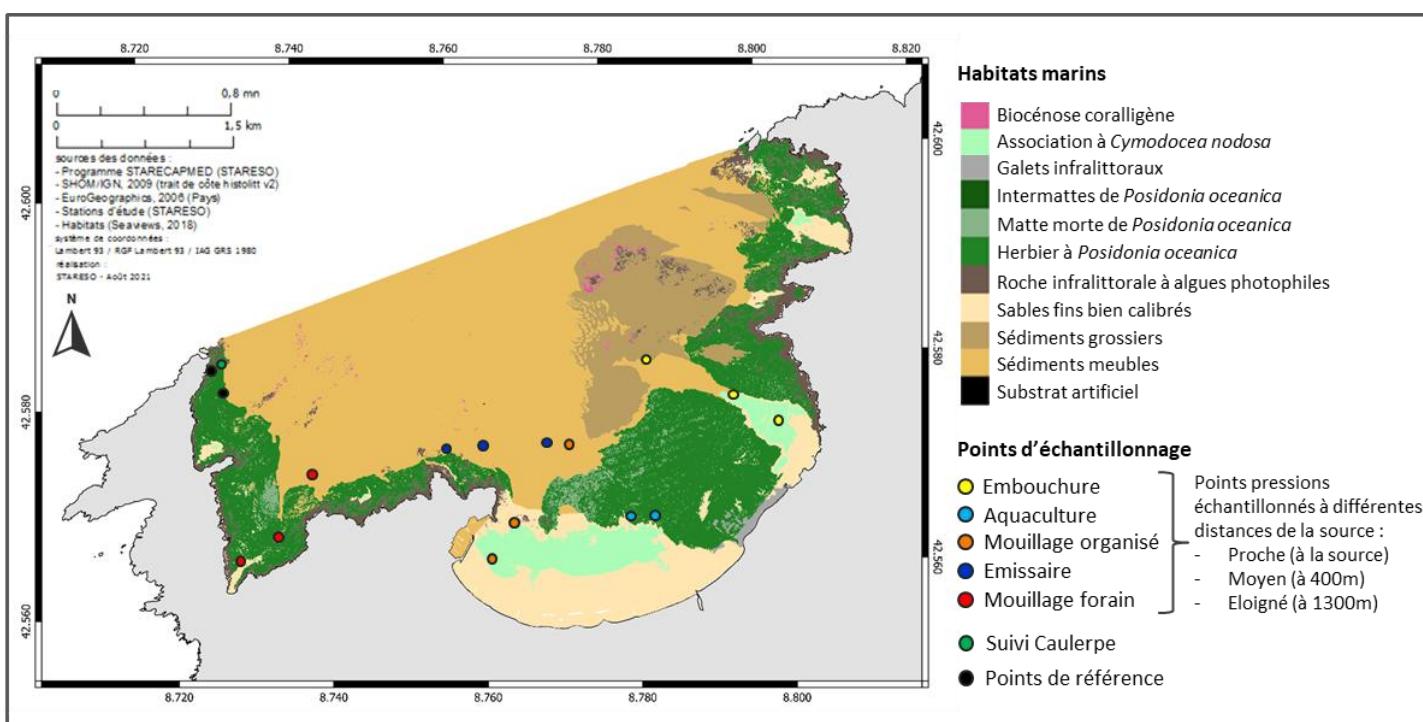


(A) Prélèvement d'échantillons par bennes et carottes, (B) tamisage, (C) tri et (D) identification.

Une expertise aux applications multiples

Dans le cadre du programme STARECAPMED, plusieurs suivis ont été réalisés permettant :

- l'étude de la réponse de la macrofaune aux différentes pressions anthropiques recensées en baie de Calvi (Emissaire, Aquaculture, Embouchure, Mouillage forain et Mouillage organisé). Deux sites de référence (hors influences anthropiques) ont également été échantillonnés.
- l'étude de la réponse de la macrofaune à la présence de l'algue envahissante *Caulerpa cylindracea*;
- la comparaison de la réponse de la macrofaune et celle des foraminifères (organismes appartenant à la méiofaune benthique) au niveau de l'émissaire en collaboration avec l'Université d'Angers et de Lille (Dubois et al., 2021).



Répartition des stations concernées par le suivi de la macrofaune benthique de substrats meubles.

Evolution de la qualité du milieu au niveau de la ferme aquacole de Spano en baie de Calvi

La ferme aquacole de Spano:

- est une concession en activité depuis **1994**, composée de **10 cages** circulaires (Mare&Stagni Corsi, le 26 Fév 2021);
- Produit du **loup** (*Dicentrarchus labrax*) et de la **daurade royale** (*Sparus aurata*) sous le « **Label Rouge** »;
- production en moyenne de **50 T/an**;
- est située sur des **fonds de 22 m**, dans une zone avec une courantologie permettant un bon **renouvellement des eaux**.

Ferme aquacole de Spano.



1) Vue du dessous d'une des cages aquacoles, 2) taches de matte morte situées au « point proche » (sous les cages), 3) herbier continu de posidonie situé au point moyen (à 300m des cages).



L'Evaluation de l'influence potentielle de l'activité est assuré via des prélèvements effectués **sous** (point proche) et à **300 m** (point moyen) de la source en:

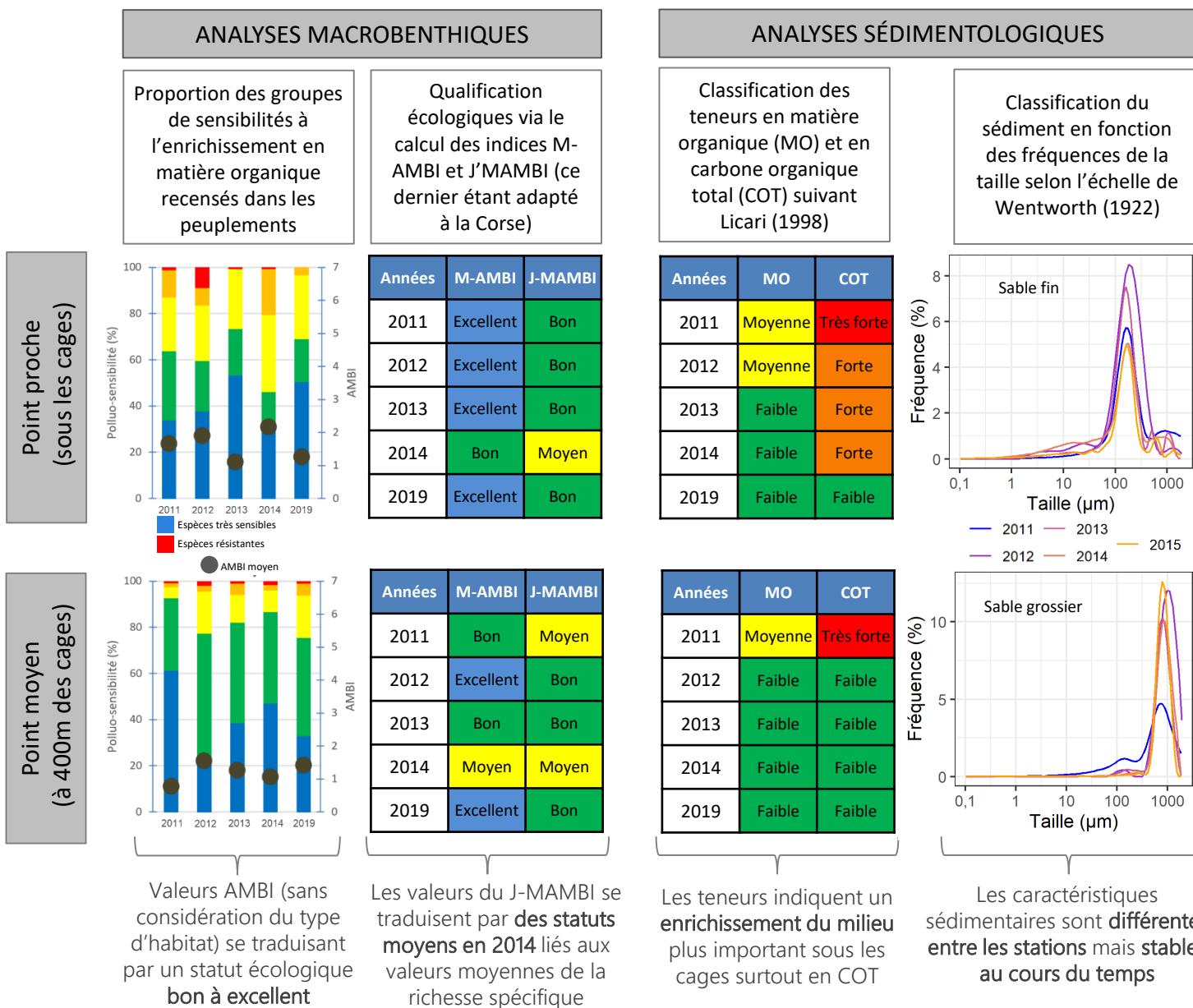
- 2011: avant la saison estivale constituant ainsi un état zéro car moins de nourrissage et important brassage en hiver;
- 2012, 2013, 2014 et 2019 : après la saison estivale;

Pour l'ensemble des échantillons prélevés aux stations liées au point pression de l'aquaculture, **2737 individus** appartenant à 290 taxa ont été dénombrés et chaque station présente **des habitats et caractéristiques de peuplements différentes**.

Exemples d'espèces de macrofaune benthique identifiées dans les prélèvements.

(crédits photo : Hans Hillewaert)





Dans l'ensemble, la concession aquacole de Spano influence peu le milieu proche à moyennement éloigné des cages. Son influence est stable au cours du temps malgré une baisse de la qualité en 2014 et un enrichissement en carbone organique total plus élevé sous les cages aquacole, potentiellement expliqué par les excréptions des poissons;

Les années futures devraient permettre d'améliorer les connaissances de l'état de santé de la zone aquacole par les évaluations de ces mêmes stations avant la saison estivale mais aussi par les évaluations de l'influence potentielle d'autres apports anthropiques tels que l'émissaire et des sites de référence.

L'apport de nouveaux indices basés sur d'autres formes de vie comme les foraminifères pourrait ouvrir d'autres champs d'investigations et compléteront les connaissances actuelles (Dubois et al., 2021).

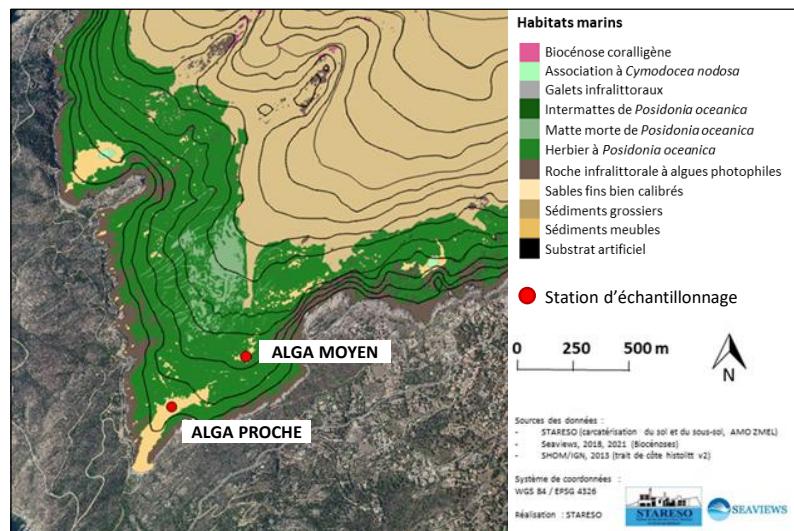
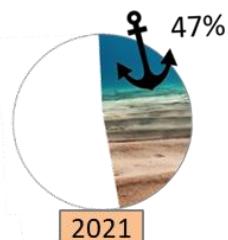
Ce cas d'évaluation de l'influence d'une pression localisée :

- s'inscrit dans le suivi sur le long terme de la qualité écologique de la baie;
- confirme la faible influence de la ferme de Spano, soutenant en partie l'idée que la baie de Calvi est bien une zone de référence;
- souligne la pertinence de l'indice J-MAMBI permettant de différencier les fines variations de qualité écologique d'un milieu soumis à de faibles influences anthropiques.

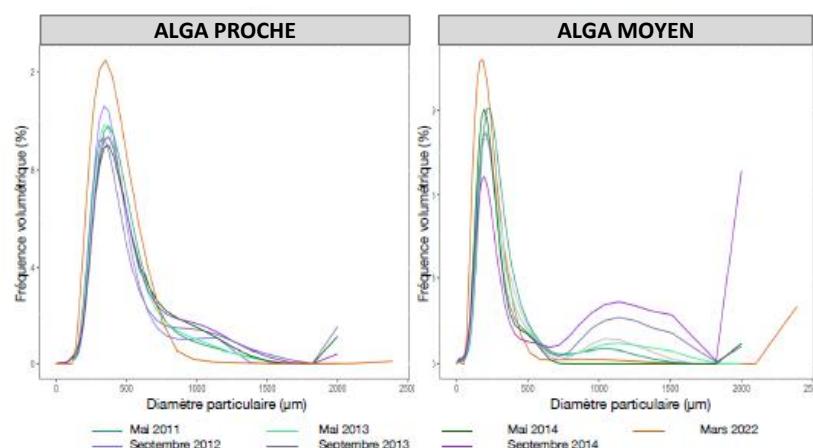
Impact de l'ancrage sur le macrofaune benthique

L'influence des ancrages sur le substrat meuble, ainsi que la macrofaune associée est peu connue, bien que supposée (Broad et al., 2020). La baie de l'Alga est reconnue pour être une importante zone d'ancrage forain, où la proportion de bateaux ancrés dans le sable ne fait qu'augmenter depuis 2021 (47%). C'est pourquoi, un des volets de STARECAPMED a pour but d'évaluer l'impact potentiel des ancrages sur la macrofaune benthique :

- au niveau de la baie de l'Alga;
- sur une station « proche » située au cœur de la zone de mouillage et une station « moyen » située à 400 m de la source de perturbation potentielle;
- depuis 2011;
- via des prélèvements en avant-saison (mars et mai) des prélèvements après-saison (septembre).



Stations d'échantillonnage de la macrofaune benthique dans la baie de l'Alga.



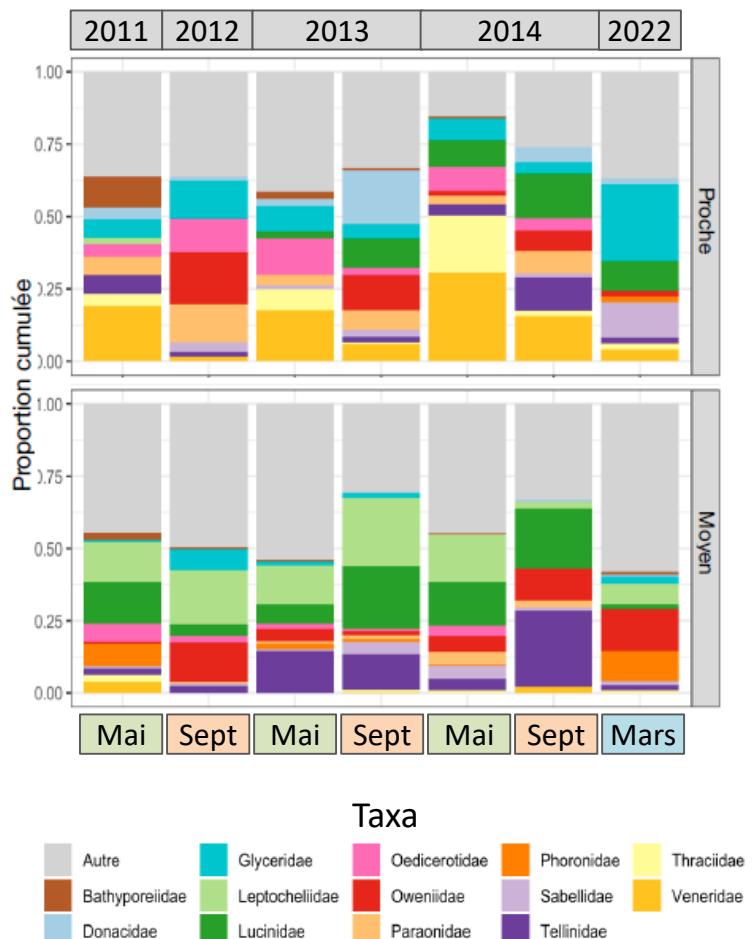
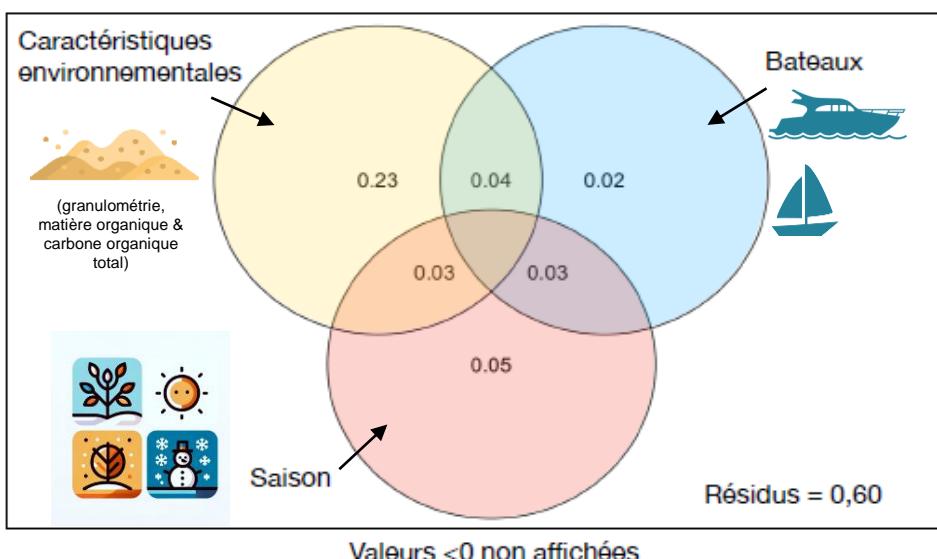
Courbes de fréquences volumétriques des sédiments permettant, en partie, de caractériser le type d'habitat sédimentaire.



Ancre arrimée dans le substrat meuble (à gauche), et chaîne de mouillage raguant le substrat meuble (à droite).

En termes d'état écologique, le seul impact significatif du nombre de bateaux est observé en septembre 2012, où les ancrages ont été plus nombreux que les autres années. Cependant, au-delà de l'analyse de l'état écologique, l'étude des communautés (Fig. B) a permis de montrer qu'elles n'étaient pas dissociées selon la pré et post saison, (ce qui aurait montré un effet de la fréquentation estivale), mais plutôt entre 1) des milieux non-influencés et 2) des milieux perturbés naturellement (tempêtes) ou par influence anthropique (ancrages). Bien que ces variabilités de la structure de population soient en grande partie imputables aux caractéristiques environnementales (Fig. A), un léger impact du nombre de bateaux sur ces communautés a été mis en évidence. Cette légère influence est à la fois **directe**, sur les organismes, et **indirecte** via les caractéristiques sédimentaires, notamment par un **effet de remise en suspension**. L'intensité de cette influence peut d'ailleurs être semblable, si ce n'est dépasser, celle engendrée par une tempête, telle qu'en mars 2022, entraînant également une remise en suspension. Enfin, cette étude a également permis de mettre en évidence que le **temps de résilience de la baie est assez court** (moins de 3 mois), puisqu'elle retrouve son bon état écologique avant les perturbations saisonnières suivantes.

A Diagramme de Venn représentant la partitionnement de la variation séparant l'effet des caractéristiques environnementales, de l'effet des bateaux et de l'effet de la saison. Exemple: 4 % de la variance est expliquée par l'effet combiné des caractéristiques environnementales et du nombre de bateaux.



B Proportions des principales familles représentées pour chaque station et date de prélèvement entre 2011 et 2022.

La pression d'ancrage influence peu la qualité écologique de la macrofaune benthique des substrats meubles

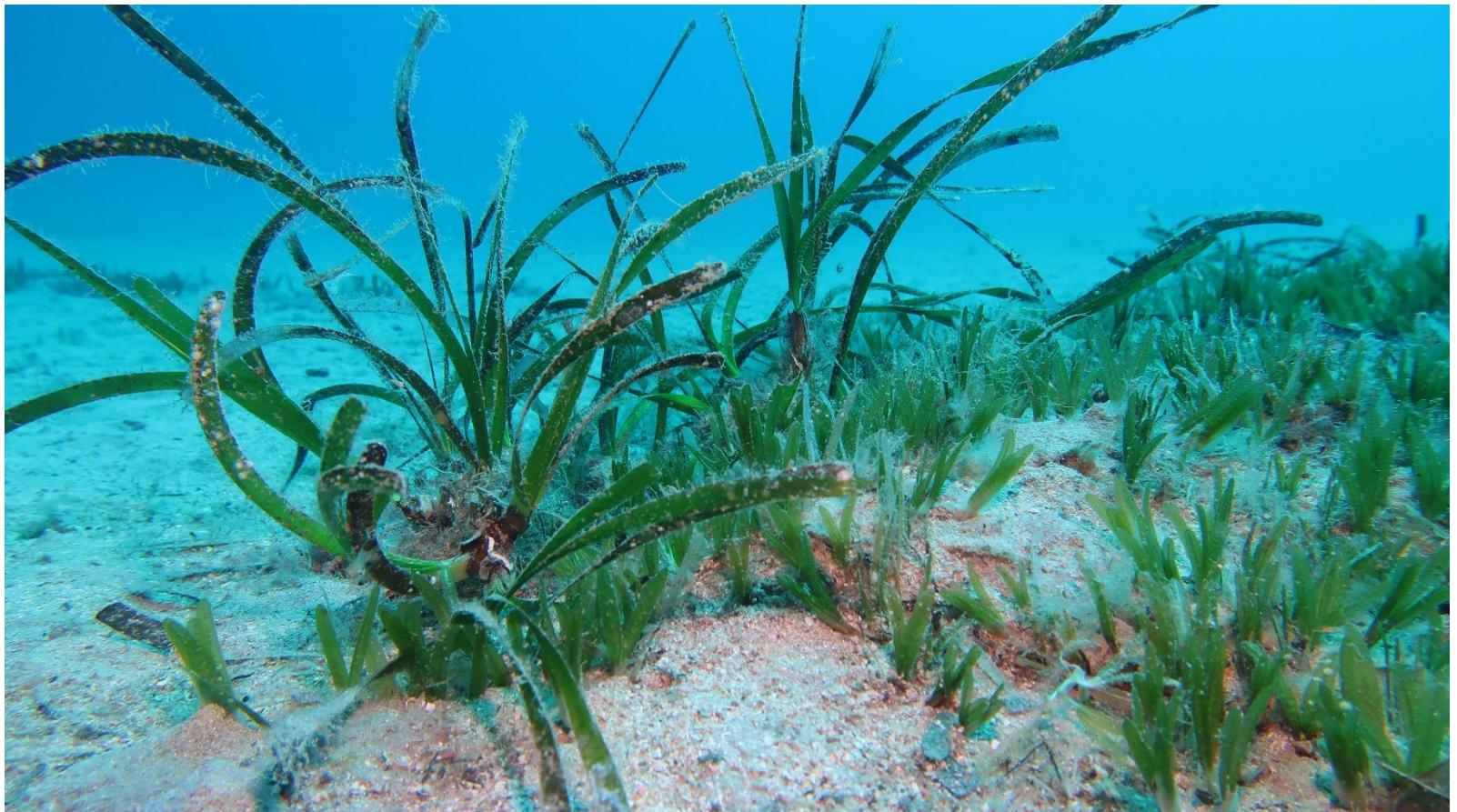
Par contre, la structure du peuplement est modifiée par cette perturbation

L'impact de la mise en place d'une ZMEL en baie de l'Alga pourra être suivi via la macrofaune benthique

LE SUIVI DES ESPÈCES ALIEN



SUIVI DES ESPÈCES ALIEN



Une espèce alien correspond à une espèce exotique, c'est-à-dire un individu ou une population introduit volontairement ou accidentellement **en dehors de son aire de répartition naturelle** (DAISIE, Pyšek et al. 2009). Cela comprend toutes les parties, gamètes, graines, œufs ou propagule d'espèces qui pourraient survivre et se reproduire (Genovesi & Shine 2004).

La Convention pour la Diversité Biologique définit une espèce exotique envahissante (EEE) comme

étant « une espèce allochtone dont l'introduction et/ou la propagation menace la diversité biologique » (décision VI/23 ; CBD, 2002). Ces dernières peuvent avoir des impacts environnementaux, sanitaires et/ou économiques négatifs considérables. Les invasions sont considérées comme une des cinq causes majeures de perte de biodiversité (rapport IPBES 2019).

Il est donc important de mettre en place des surveillances pour permettre des réactions rapides.

Sélection d'aspects présentés

SUIVI D'*HALOPHILA STIPULACEA* EN CORSE

SUIVI D'*HALOPHILA STIPULACEA* EN CORSE



Une espèce lessepsienne

Halophila stipulacea (Forsskål) Ascherson, est une plante marine originaire de la mer Rouge, du golfe Persique et de l'océan indien. Cette espèce est considérée comme une espèce exotique envahissante en Méditerranée (Boudouresque et Verlaque, 2002) où elle s'est répandue rapidement via le canal de Suez dès la fin du XIX siècle (Por, 1978). Pendant longtemps, l'espèce est restée confinée au bassin méditerranéen oriental, où

elle colonise principalement les fonds vaseux depuis la surface jusqu'à 30-45 m, à l'intérieur ou à proximité immédiate des ports (Pérès et Picard, 1964 ; Lipkin, 1975a, 1975b). Cependant, avec le réchauffement climatique, *H. stipulacea* a commencé à coloniser le bassin occidental (Tab. B) et a été observée pour la première fois en Corse en baie de Calvi en février 2022 (Cnudde et al., 2023).

Scientific Reports of Port-Cros National Park, 37: 509–507 (2023)

First record of the Red Sea seagrass *Halophila stipulacea* in Corsica

Sébastien CNUDDE¹, Charles-François BOUDOURESQUE², Michel MARENGO¹, Gérard PERGENT³, Thierry THIBAUT²

¹STARESO, Pointe Révelata, 82-23, 22250 Calvi, Corse, France
²Aix Marseille University and University of Toulon, MIO (Mediterranean Institute of Oceanography), 13451, IRD, Campus de Luminy, 13209 Marseille, France
³École Nationale Supérieure Littéraire, UMR-CNRS SFE 6154, University of Corsica Pasquale Paoli, 20250 Corse, France

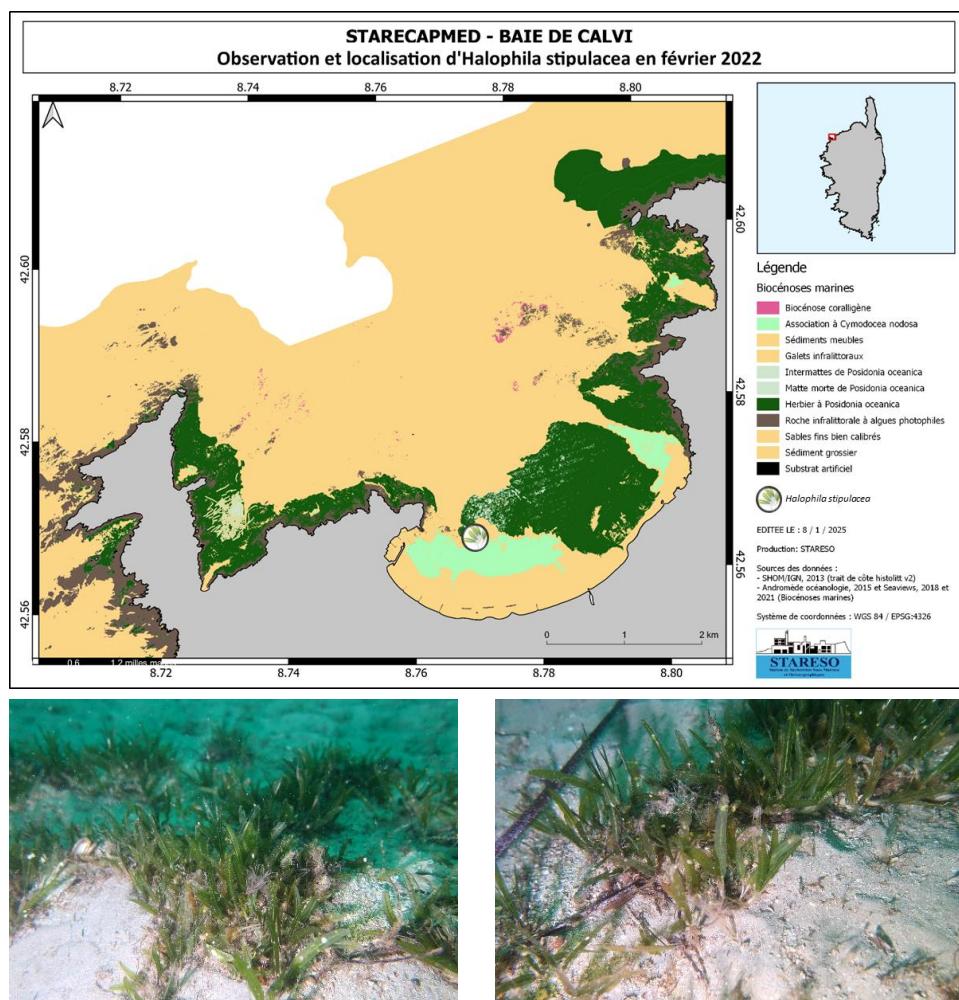
Corresponding author: charles.boudouresque@mio.osupyseas.fr

The seagrass *Halophila stipulacea* (Forskål) Ascherson, native to the Red Sea, was among the first Red Sea species to enter the Mediterranean Sea via the Suez Canal (Por, 1978). For a long time, the species remained confined to the eastern Mediterranean basin, where it invaded the coastal waters of the Levant and the Aegean Sea, within or in the immediate vicinity of harbours (Pérès and Picard, 1964; Lipkin, 1975a, 1975b). However, with climate warming, *H. stipulacea* began to invade the western basin: Vulcano Island (Messina, Italy) (Acunto et al., 1995), Palinuro harbour (Salerno, mainland Italy) (Gambi et al., 2009, 2018), northern Sardinia (Pica et al., 2021) and more recently Cannes (mainland France) (Thibaut et al., 2022).

The pathway by which the species entered the Mediterranean was the Suez Canal (Por, 1978; Boudouresque, 1999). Within the Mediterranean, two ways of dispersal occur: (i) the wave of advance model (diffusion spread), when the species spreads to adjacent areas; and (ii) the hopscotch jump model (saltation dispersal), for long-distance dispersal (Boudouresque and Sempère, 2017). The main vector of saltation dispersal is the anchoring of pleasure craft and cruise ships, given the nature of the invaded sites (marinas, anchoring zones) (Calvo et al., 2010; Thibaut et al., 2022). From the Mediterranean, via anchoring and survival in anchor wells, *H. stipulacea* has been introduced to the Caribbean Sea (Ruiz and Ballantine, 2004; Villette and Ambrose, 2009; Maréchal et al., 2013; Boudouresque et al., 2016).

We observed *H. stipulacea* near Calvi (western Corsica), east of the citadelle, on February 22nd, 2022 (Latitude 42.770339, longitude 02.565443 – WGS 84 geodetic system) (Fig. 1). It was sparsely distributed at 21 m depth, on a fine sand bottom (Figs. 2, 3) (Table 1). This locality lies near, but outside, the Natura 2000 zone FR09400574

H. stipulacea était répartie de manière éparsse à 21 m de profondeur, sur un fond de sable fin. Cette localité (Latitude 8.770339, longitude 42.565443 - système géodésique WGS 84) (Fig. A) se trouve à proximité, mais en dehors, de la zone Natura 2000 FR09400574 "Porto / Scandola / Revelatta / Calvi". Le site de la baie de Calvi constitue un point chaud d'ancrage de bateaux de plaisance, ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'une dispersion par saltation (dispersion sur de longues distances) (Boudouresque et Sempéré, 2017) via la navigation (plaisance) et l'ancrage (Thibaut et al., 2022).



A Localisation et photos d'*Halophila stipulacea* au sein de la baie de Calvi associée aux biocénoses marines.

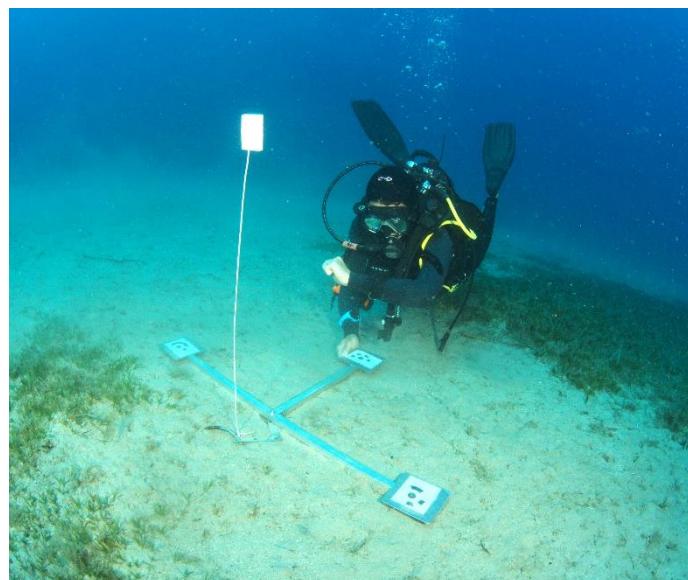
B Ensemble des observations de *Halophila stipulacea* réalisées dans le bassin occidental méditerranéen.

Sites	Profondeur	Habitat	Reference
Calvi	21 m	Sable fin	Cnudde et al. (2023)
Cannes	11-17 m	Matte morte de <i>P. oceanica</i>	Thibaut et al. (2022)
Gulf of Aranci (nord Sardaigne)	6-8 m	Matte morte of <i>P. oceanica</i>	Pica et al. (2021)
Razza di Juncu (nord Sardaigne)	2-3 m	Sédiment détritique grossier	Pica et al. (2021)
Palinuro (S-E Italie)	0.5-5 m	Sable and <i>P. oceanica</i>	Gambi et al. (2009)
Palinuro (S-E Italie)	1.5-4 m	Matte morte de <i>P. oceanica</i>	Gambi et al. (2018)
Vulcano (Sicile)	3-27 m	Sable avec et sans <i>Cymodocea nodosa</i> ou <i>Caulerpa prolifera</i>	Acunto et al. (1995)

L'évolution de l'étendue de *H. stipulacea* est désormais surveillée sur ce site avec une vigilance particulière sur l'impact qu'elle pourrait avoir sur deux espèces protégées et de valeur patrimoniale : les herbiers de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile et *Cymodocea nodosa* (Ucria) (Sghaier et al., 2014 ; Conte et al., 2023).

Première observation de l'espèce lessepsienne *Halophila stipulacea* en Corse en février 2022

Un suivi bi-annuel (au printemps et en hiver) ayant pour objectif d'étudier l'évolution spatiale de cette espèce envahissante a donc débuté le 29 octobre 2024. Ce suivi consiste en la réalisation d'une **orthophotographie sous-marine** du principal patch d'*H. stipulacea* grâce à la méthode de la photogrammétrie basée sur l'alignement de photos successives prises à haute fréquence par un plongeur. Cette orthophoto étant géoréférencée, orientée et dimensionnée grâce à la pose de balises fixes au niveau desquelles sont disposées des mires photos (Fig. C) dont on connaît les coordonnées GPS, les dimensions et leurs éloignements respectifs au cm près, il est ainsi possible de précisément quantifier la prolifération d'*H. stipulacea* dans l'espace et dans le temps.



C Mire photo disposée au niveau d'une balise fixe par un plongeur de STARESO.

Les observations visuelles faites en plongée et les calculs effectués sur le logiciel Agisoft Metashape ont permis de démontrer qu'en février 2022 *H. stipulacea* n'était présente que sous la forme de quelques pousses éparses, alors qu'en octobre 2024 le patch considéré recouvre désormais une surface quasi continue de 49 m² (Figs. D et E).

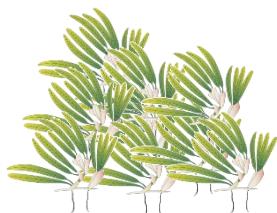
Février 2022



Quelques pousses éparses



Octobre 2024



Patches continus de quelques mètres à plusieurs dizaines de m²

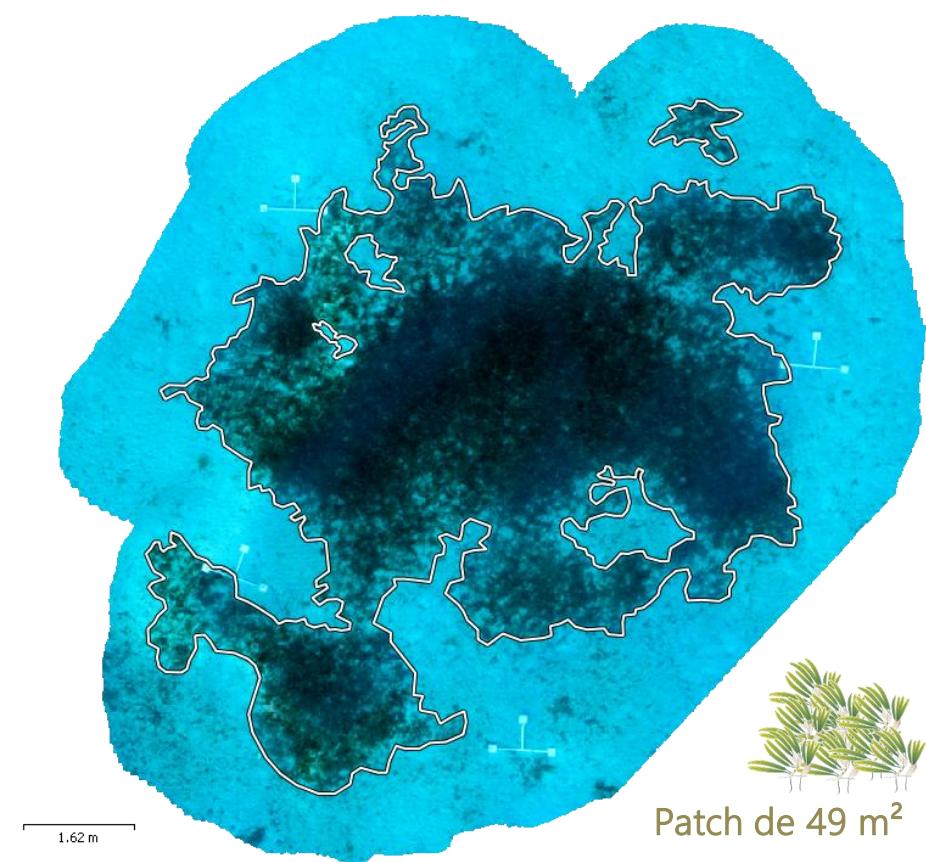


D Aperçu photographique de la surface occupée par *Halophila stipulacea* en février 2022 (à gauche) et en octobre 2024 (à droite).

Comme évoqué précédemment, *H. stipulacea* peut étendre son aire de répartition sur de longues distances par saltation notamment grâce au vecteur de la plaisirce. Euryhaline et tolérante à de larges conditions environnementales, elle possède localement une forte capacité de colonisation du substrat via ses rhizomes rampants (de 0,5-2 cm d'épaisseur) fixés au sable par des racines partant de chaque nœud et à partir desquels des feuilles apparaissent à intervalles réguliers (Otero et al., 2013). Ainsi, il semblerait qu'elle parcourt des distances relativement importantes de manière linéaire (Fig. F) pour ensuite s'étendre sous forme de patchs continus (Fig. E) préférentiellement au niveau de zones sablo-vaseuses souvent dégradées.

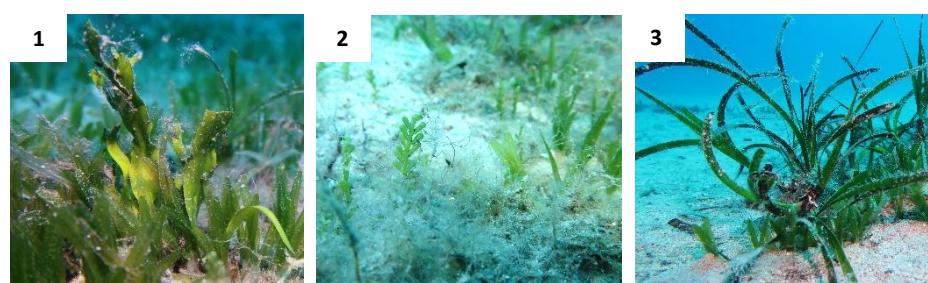


F Colonisation linéaire du substrat par *Halophila stipulacea* via ses rhizomes rampants.



E Orthophotographie sous-marine du principal patch d'*Halophila stipulacea* identifié en baie de Calvi.

A l'image des dernières observations faites en baie de Calvi, Halophila fini par former des prairies monospécifiques ou mixtes avec des pousses de *Caulerpa prolifera* (Fig. G.1) et de *Caulerpa racemosa* (Fig. G.2) voire des herbiers autochtones à *Posidonia oceanica* (Fig. G.3) et à *Cymodocea nodosa*.



G Développement d'*Halophila stipulacea* aux côtés d'herbier à *Posidonia oceanica* (1), de touffes de *Caulerpa prolifera* (2) et de *Caulerpa racemosa* (3).

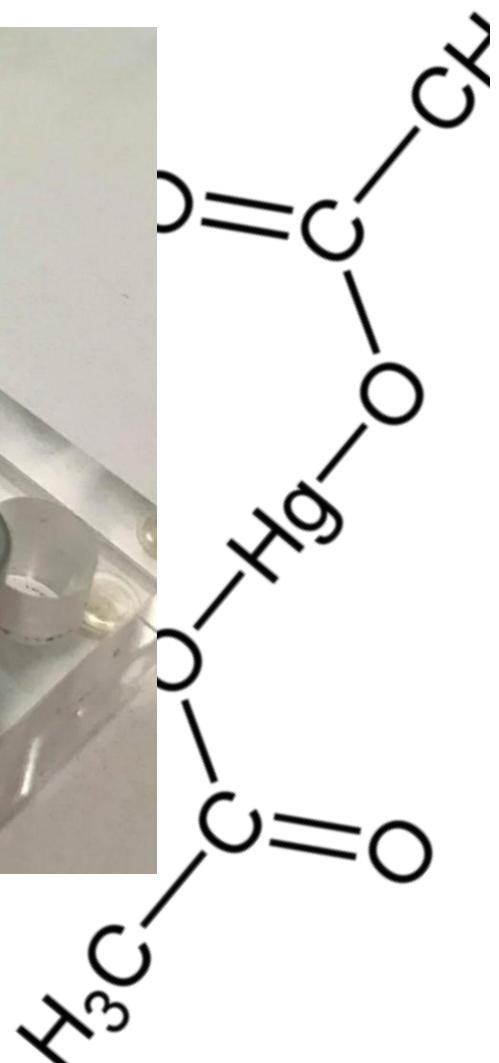
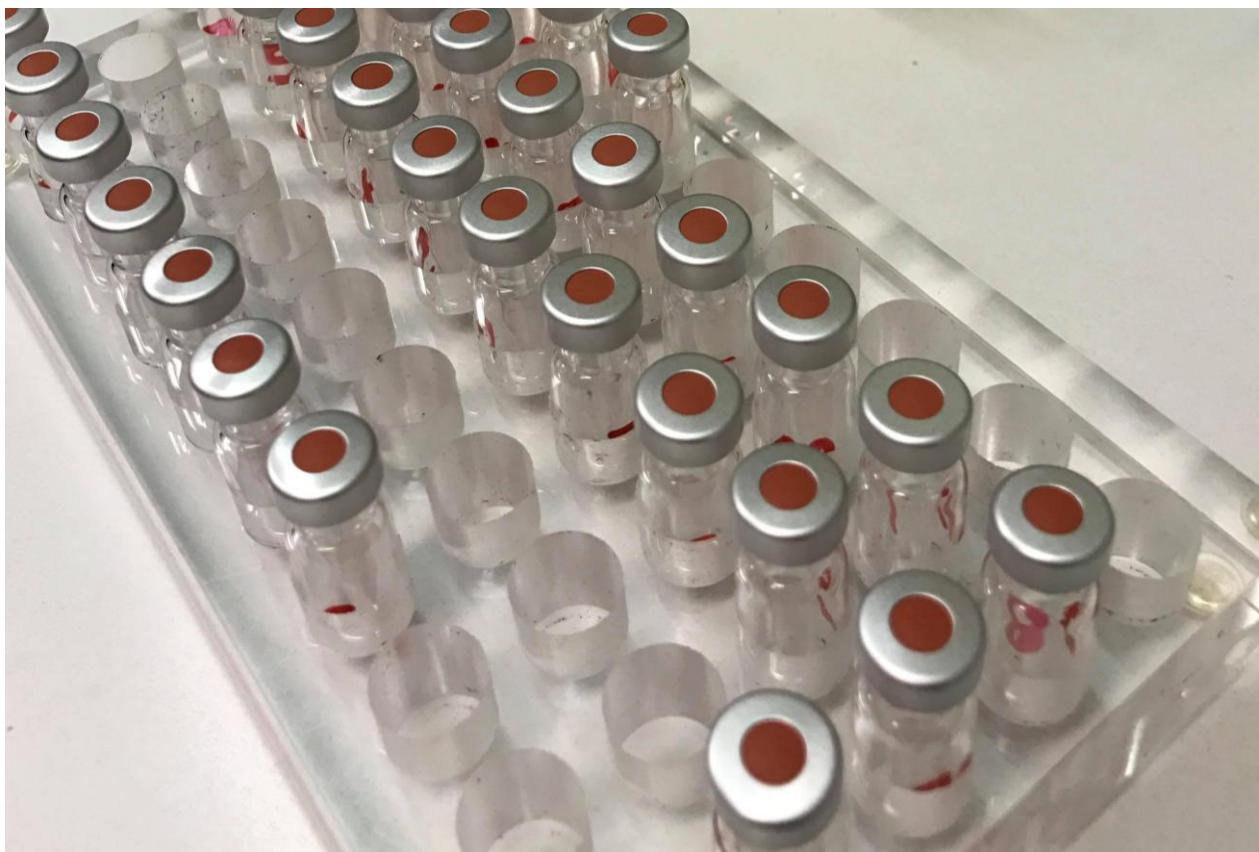
Un des nouveaux enjeux est donc également de surveiller si *H. stipulacea* aurait tendance à se développer aux côtés ou bien à la place de ces espèces natives ou naturalisées.

Forte prolifération (plusieurs dizaines de m²) d'*Halophila stipulacea* en baie de Calvi entre février 2022 et octobre 2024

ECOTOXICOLOGIE



ECOTOXICOLOGIE



Contaminations en éléments traces dans le milieu marin

Les activités humaines génèrent inévitablement des pollutions chimiques. De plus, les substances rejetées en milieu naturel ont tendance à se concentrer dans l'environnement marin, réceptacle final de nombreux polluants, tant classiques comme le plomb, qu'émergents comme le bismuth. Le volet écotoxicologie du projet STARECAPMED s'intéresse à la spéciation des éléments traces dans la colonne d'eau et dans les substrats meubles, à leur accumulation et leurs taux de transferts entre les différents maillons de la chaîne trophique

et aux sources anthropiques susceptibles modifier leurs niveaux de concentrations environnementales. Au sein de la baie de Calvi, une grande panoplie d'échantillons biologiques (posidonies, moules, holothuries, zooplancton, différentes espèces de poissons, etc.) ainsi qu'environnementaux (eau, sédiments, etc.) ont d'ores et déjà été prélevés et analysés. Par ailleurs, le développement d'indices de contamination permet de synthétiser une problématique complexe et multiple en une information simple mais rigoureuse destinée aux politiques.

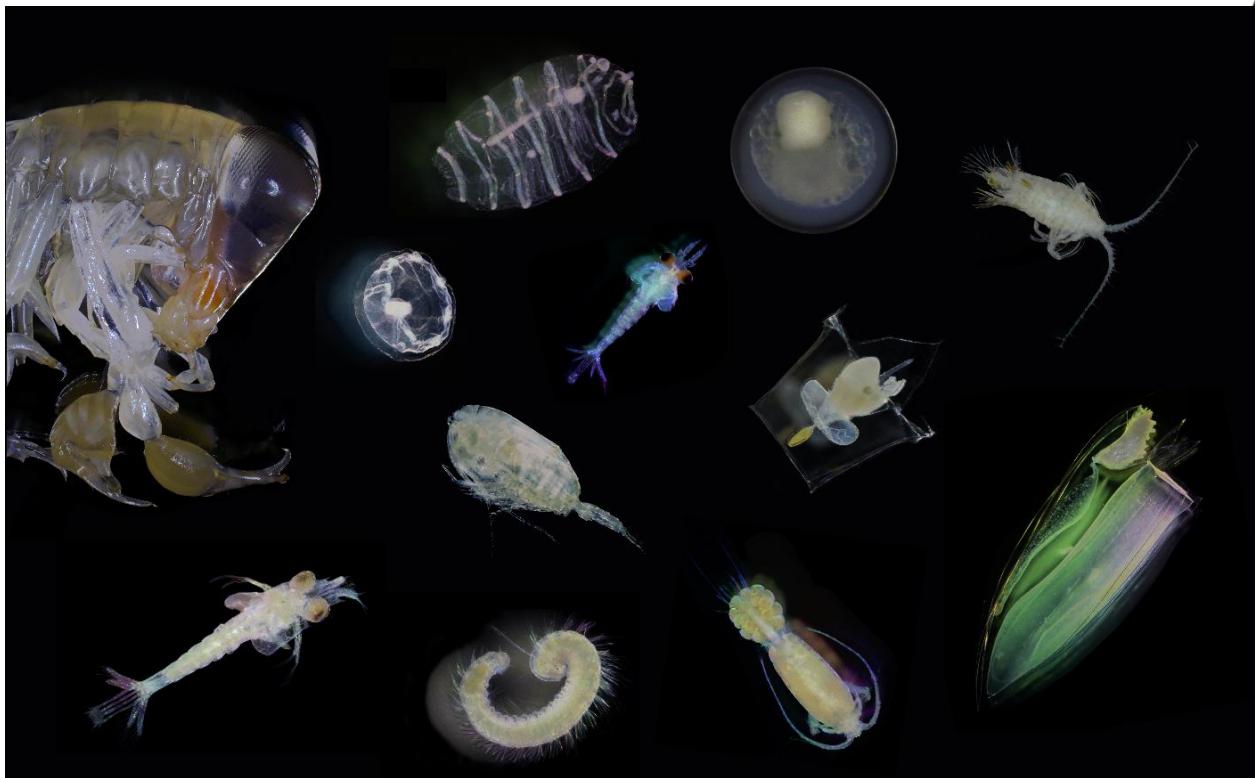
Sélection d'aspects présentés

ZOOPLANCTON: UN POTENTIEL BIO-INDICATEUR?

ETUDE ECOTOXICOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE LA CASTAGNOLE

EVALUATION DE LA QUALITE DE CHAIR DE POISSONS CULTIVES ET SAUVAGES

LE ZOOPLANCTON : UN POTENTIEL BIO-INDICATEUR?



La contamination en éléments traces dans le zooplancton

Les éléments traces (ET) sont des éléments "non-dégradables" qui peuvent accumuler dans divers compartiments biologiques et physiques à des niveaux potentiellement **toxiques**. Au vu de l'essor de leur diverses utilisations industrielles, l'étude de la contamination en ET et de leur transfert dans les milieux naturels s'avère essentielle. Bien que le zooplancton joue un rôle clé et central au sein des chaînes trophiques et des cycles biogéochimiques, les études portant sur leur contamination

en ET sont rares. Une étude préliminaire de STARESO a ainsi été réalisée dans le but de caractériser les teneurs en ET à différents sites témoin/pression et côtier/large dans le zooplancton, de mieux comprendre les mécanismes de bioaccumulation au niveau de ce maillon clé de la chaîne trophique et ainsi sa capacité à constituer un traceur de contamination chimique de la colonne d'eau.

Echantillon de zooplancton fraîchement prélevé.

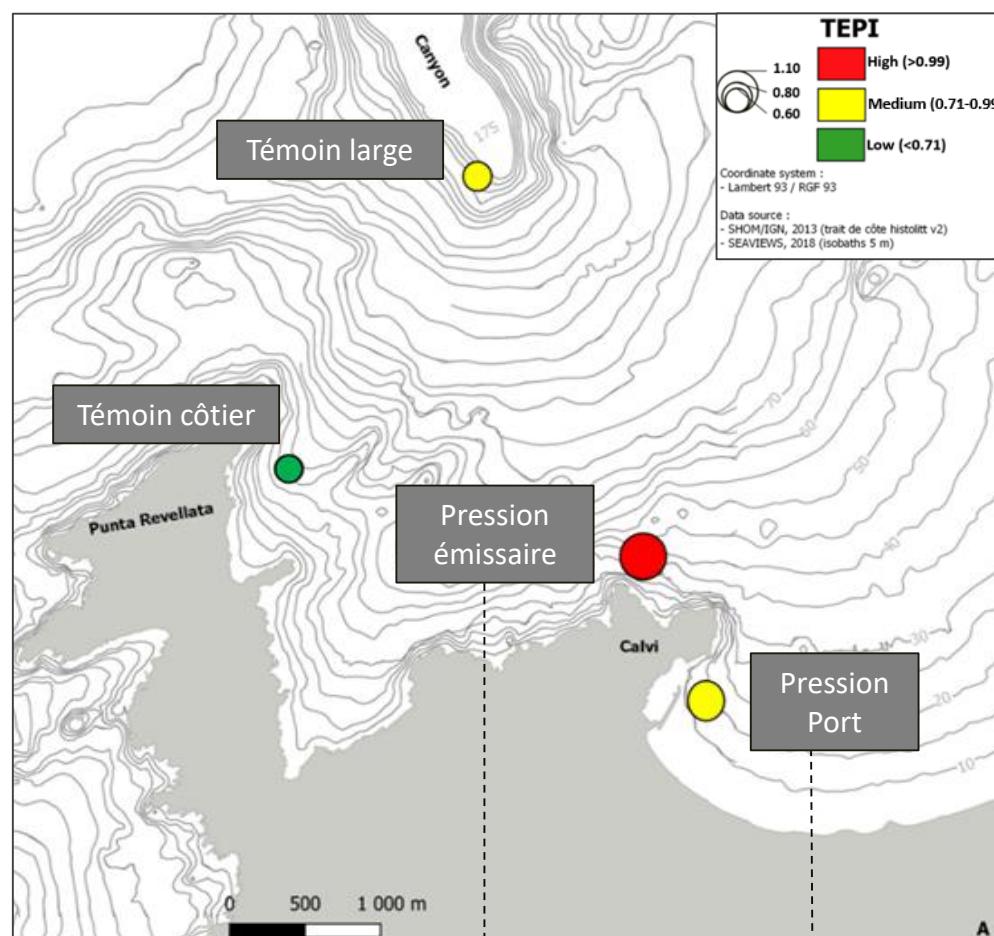


Le zooplancton : un bio-indicateur de la contamination en éléments traces?

L'étude de 21 ET dosés dans le zooplancton de la baie de Calvi à différents sites témoins/pressions et côtiers/larges a notamment permis de mettre en évidence une variabilité spatiale (indices TEPI et TESVI) de la signature en ET reflétant et caractérisant des influences de pressions anthropiques côtières. Par ailleurs, cette étude fournit des valeurs de référence concernant les niveaux naturels côtiers de ET dans le zooplancton et identifie les copépodes comme constituant

le groupe le plus pertinent à considérer en termes de potentiels traceurs de contamination chimique. Enfin, ces travaux ont également permis le développement d'une méthodologie adaptée.

Résultat de l'indice TEPI (Trace Element Pollution Index) calculé sur base des teneurs en éléments traces dans le zooplancton et permettant de différencier les sites globalement fortement (rouge) ou peu (vert) contaminés.



Prélèvement issu d'un échantillonnage horizontal.



Emissaire



Zinc (Zn)

Cuivre (Cu)

Etain (Sn)

Bismuth (Bi)

Port



Zinc (Zn)

Arsenic (As)

Etude préliminaire montrant que le zooplancton est capable de transporter une signature d'origine anthropique dans la colonne d'eau et constitue ainsi un potentiel candidat de bio-indicateur de la contamination en éléments traces

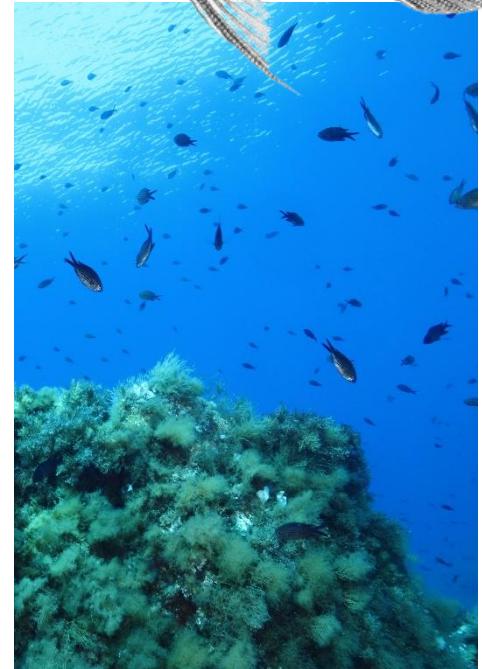
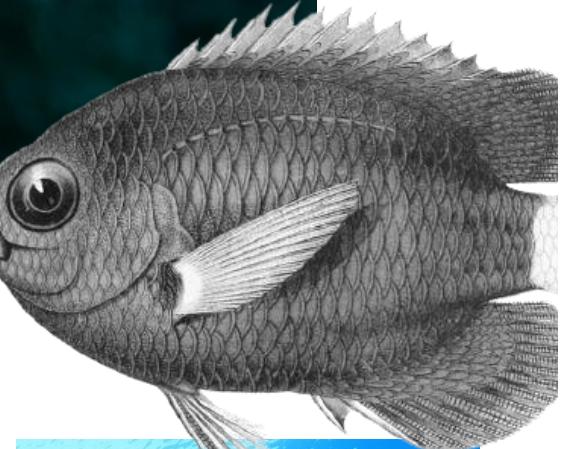
ETUDE ECOTOXICOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE LA CASTAGNOLE



Etude écotoxicologique et écologique d'une espèce clé

La castagnole *Chromis chromis* est un poisson clé du littoral rocheux méditerranéen en raison de sa grande abondance et de son rôle important en tant qu'espèces planctonophages, intervenant dans le transfert des nutriments du compartiment pélagique vers le littoral rocheux. De plus, ce poisson présente de nombreuses caractéristiques d'espèce indicatrice puisqu'il n'est pas important pour la pêcherie commerciale mais que son abondance peut indiquer la

pression de pêche existante sur les autres espèces commercialement plus appréciées, qu'il est petit, facile à reconnaître, largement répandu et abondant (Bracciali, et al., 2014). Enfin, cette espèce est également sensible aux phénomènes anthropogéniques tels que la mauvaise qualité de l'eau ou le bruit (Pinnegar, 2018). Dans ce contexte, plusieurs travaux s'intéressant à l'écotoxicologie et l'écologie de cette espèce ont été réalisés.



Les populations sur 3 sites ont été considérées : STARESO, la Revellata (zone fortement fréquentée en plongée) et Saint François (zone proche de l'émissaire et de la ville de Calvi).



Comptages visuels *in situ* vidéo-assistés à 3 sites différents dans la baie

- Estimation d'une abondance de 8 420 240 individus dans la baie de Calvi et d'une biomasse de 28,8 tonnes au printemps;
- Densité maximale calculée au niveau des zones d'interface entre les roches et les herbiers;
- Pas de différence dans la structure de population en fonction des sites.

Image de vidéos réalisées durant les comptages visuels puis analysées après la plongée.



Analyses de contenus stomachaux et analyses des isotopes stables $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$

- Un régime composé majoritairement de copépodes (espèces pélagiques) et niveau trophique estimé à 3,7;
- Un régime alimentaire qui diffère en fonction des régions, des conditions météorologiques et de la taille de l'individu;
- Identification de particules anthropiques (majoritairement des fibres plastiques) présentent dans 4 sur 24 estomacs analysés.

Chaque individu capturé a été pesé et mesuré pour déterminer la biomasse moyenne.



Analyses des concentrations de 20 éléments traces (ET)

- Pas de processus significatifs de bioaccumulation;
- Faibles risques liés à la consommation de castagnole avec des concentrations inférieures aux valeurs de référence toxicologiques;
- Concentrations en ET comparables sur les 3 sites sauf pour celles en Baryum, plus élevées à Saint-François.

Exemple de particules anthropiques (ici fibre) retrouvées dans certains estomacs.



Ces travaux multidisciplinaires et complémentaires sur la castagnole ont permis d'apporter des connaissances nouvelles concernant la structure de population, le régime alimentaire, le niveau trophique et les caractéristiques liées à l'accumulation en ET au sein de la baie.

Les analyses n'ont pas révélé de bioaccumulations contaminations en ET (sauf une légère augmentation en Baryum proche de l'émissaire).

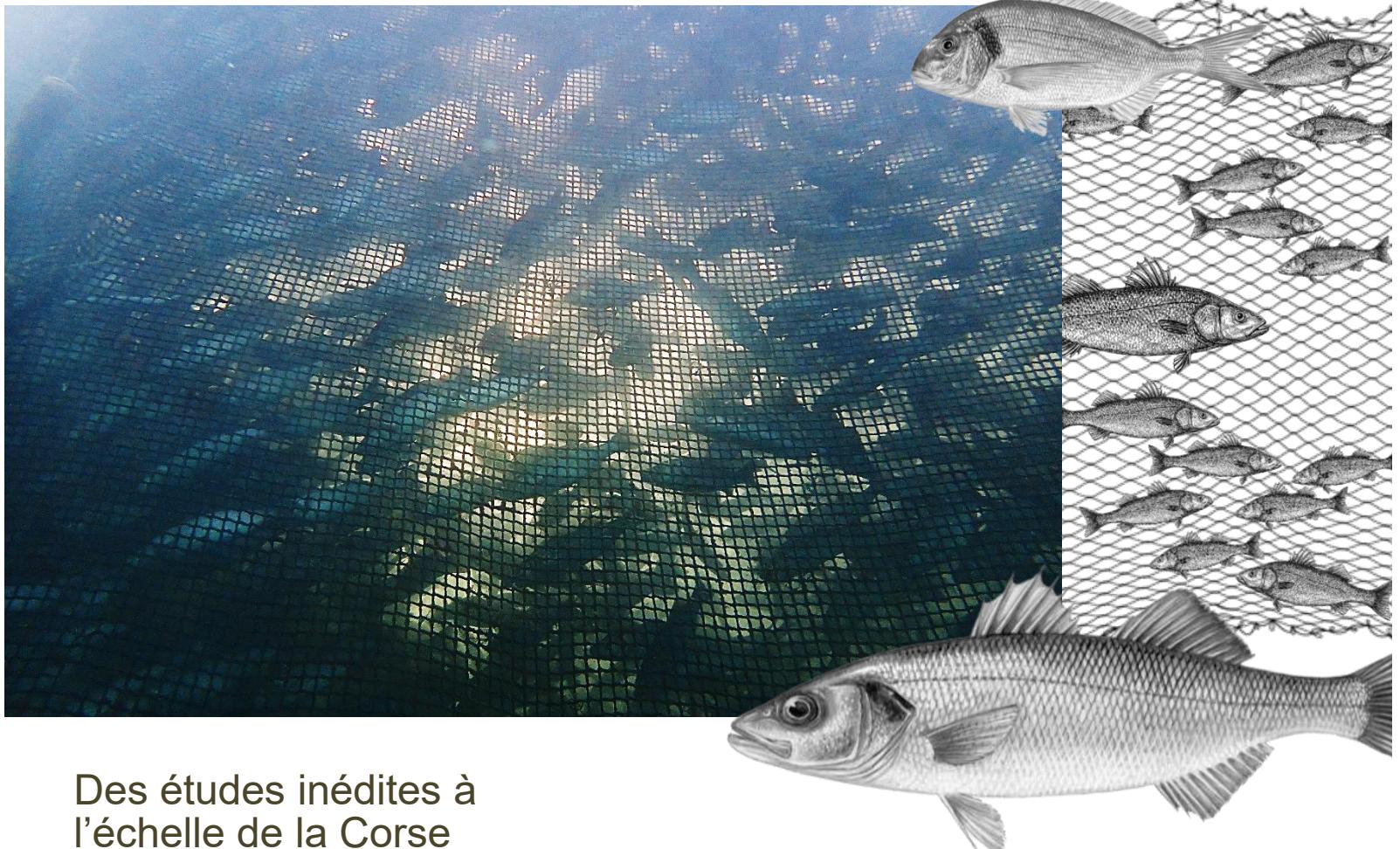
Ces travaux constituent un exemple de cas d'études approfondies spécifiques à une espèce réalisées régulièrement en baie de Calvi.

Une estimation de 28,8t de castagnoles en baie de Calvi

Caractérisation du régime alimentaire et du niveau trophique, avec 15% des individus contenant du plastique

Pas de bioaccumulation en ET

EVALUATIONS DE LA QUALITE DE LA CHAIR DE POISSONS CULTIVES ET SAUVAGES



Des études inédites à l'échelle de la Corse

Malgré l'essor de l'aquaculture en Corse ces dernières années, rares sont les études comparant la qualité de la chair de poissons sauvages et cultivés en Corse, c'est-à-dire issus de fermes aquacoles telles que la ferme aquacole de Calvi. En effet, dans les élevages, les poissons sont soumis à des conditions différentes de celles rencontrées dans le milieu naturel: des produits d'entretien sont utilisés et des huiles végétales ainsi que des

additifs sont ajoutés dans leur nourriture. C'est ainsi que plusieurs études complémentaires ont été réalisées sur 3 espèces différentes dans le but d'évaluer la qualité de la chair des poissons cultivés versus sauvages, à la fois en termes d'apports nutritionnels (profils en acides gras) mais aussi en estimant le risque potentiel sur la santé humaine lié à la consommation (contamination en éléments traces) (Amoussou et al., 2022).



Les évaluations de la qualité de la chair de poisson via leur composition en acides gras et en éléments traces (ET) ont été réalisées sur les 3 espèces de poissons élevées en cages en Corse: le bar (*Dicentrarchus labrax*), le maigre (*Argyrosomus regius*) et la dorade royale (*Sparus aurata*). Cette évaluation a fait l'objet d'une comparaison entre poissons cultivés (individus récupérés de différentes fermes corses) et poissons sauvages (poissons pêchés) uniquement pour la dorade royale et le bar (notamment élevé dans la ferme aquacole en baie de Calvi).

Un des principaux bénéfices nutritionnels de la consommation en poisson réside en son apport en acides gras, plus précisément en acides gras polyinsaturés (AGPI). Or, les analyses ont notamment permis de mettre en évidence que:

- les acides polyinsaturés sont plus élevées dans la

chair de poissons cultivés que dans celle de poissons sauvages (principalement représentées par l'acide linoléique, l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA));

- les ratios omega3/omega6 de la chair de poissons cultivés sont en accords avec les niveaux recommandés pour la consommation humaine.

Par ailleurs, l'analyse des teneurs en ET ont permis de montrer entre autre:

- que les niveaux en ET sont largement inférieurs à ceux qui pourraient constituer un risque pour la santé humaine.;
- que les concentrations en ET sont néanmoins plus élevées dans la chair de poissons sauvages que dans celle de poissons cultivés, sauf pour le zinc, cuivre, sélénium et bismuth;

- qu'un potentiel risque carcinogénique en lien avec les teneurs en arsenic pour la dorade royale sauvage est à surveiller;
- que les taux de contamination en ET sont généralement inférieurs à ceux trouvés dans d'autres études en Méditerranée.

Ainsi, ces études ont permis 1) d'évaluer le risque lié à la consommation de poissons issus de la pêche et de l'élevage en ferme aquacole; 2) d'estimer l'apport nutritionnel que représente leur consommation et 3) de caractériser l'influence des fermes aquacoles en Corse en termes de source de contamination en ET.

Prélèvement de la chair sur les 3 espèces de poissons étudiées.



À gauche : spectromètre de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS);
à droite : dilution des échantillons avant passage en analyse.



Les poissons élevés en fermes aquacoles en Corse représentent une source d'éléments nutritionnels bénéfiques et ne constituent pas de risque pour la santé humaine

Les fermes aquacoles ne représentent pas un risque de contamination en éléments traces lors de la consommation de leur production



LA PRESSION DE PÊCHE



LA PRESSION DE PÊCHE



Des pratiques à comprendre et à encadrer

En Méditerranée, la pêche artisanale représente environ 86 % des 42 000 bateaux de pêche de la région et 12 % des captures de l'Union Européenne (Battaglia et al., 2017). Autour de la Corse, la pêche à grande échelle est rarement pratiquée, puisque 95 % des navires de pêche sont de petite taille et pratiquent une pêche majoritairement artisanale (Bousquet et al. 2022, Le Manach et al. 2011). De nombreuses aires marines protégées ou zones interdites à la pêche existent également autour de l'île, jouant un rôle central dans les efforts de conservation, avec environ 15 % des eaux Corses bénéficiant d'un statut de gestion ou de protection (Bousquet et al. 2022).

Toutefois, le grand nombre d'unités de pêche et leur fragmentation dans de nombreux ports et refuges côtiers rend le suivi et l'établissement de données de pêches extrêmement difficile, malgré leur importance (Di Franco et al. 2014, Quetglas et al. 2013). Des suivis existent cependant depuis 1988 et, depuis 2011, un suivi de la pêche artisanale Corse dans son ensemble est réalisé par divers institutions, dont STARESO.

Rougets (*Mullus surmuletus*) fraîchement pêchés.



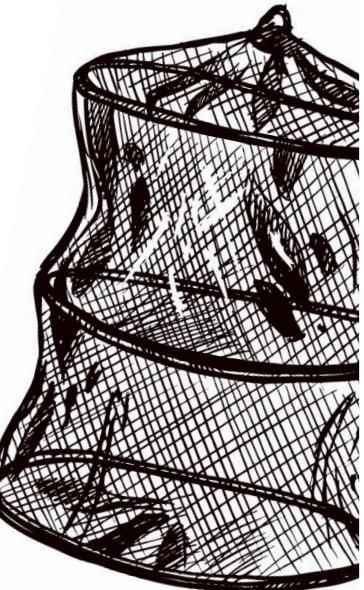
La pêche de loisir est couramment pratiquée en Corse, y compris la pêche sous-marine. Bien que certaines soient en cours dans des zones précises, peu d'études sont menées sur la pêche de loisir en Corse, les captures pouvant être largement sous-estimées.

Sélection d'aspects présentés

L'ACTIVITÉ DE PÊCHE PROFESSIONNELLE

PRATIQUES, IMPACTS ET GESTION DE LA PÊCHE DE LOISIR

L'ACTIVITÉ DE PÊCHE PROFESSIONNELLE



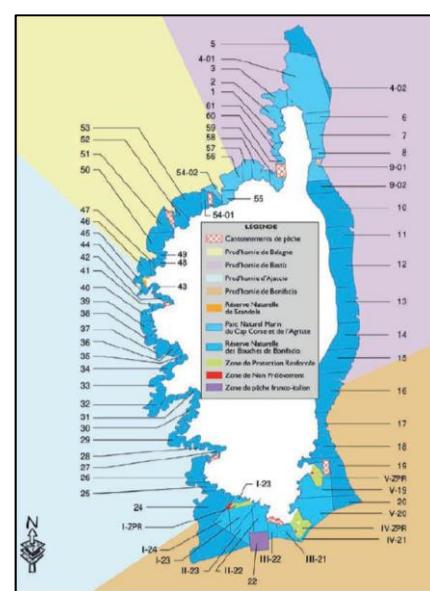
Une pratique qui évolue

La pêche dans le golfe de Calvi est une pratique ancienne, remontant à des millénaires. Dès le Néolithique, les Hommes utilisaient des hameçons en obsidienne pour pécher à la pointe de la Revellata (Campocasso *et al.*, 2011). Plus tard, sous l'influence des Génois, cette activité s'est développée de manière plus structurée et a perduré jusqu'à nos jours. Depuis les années 1980, avec la pêche au jarret pratiquée sur le site de la STARESO (Fig. A), jusqu'à l'expérimentation de dispositifs de concentration de poissons en 2004 (Monot, 2011) et la mise en place de nouvelles réglementations favorisant une **pêche durable**, la profession n'a cessé d'évoluer.



A Des pêcheurs tirant le filet à jarret, site de STARESO (Source : INA).

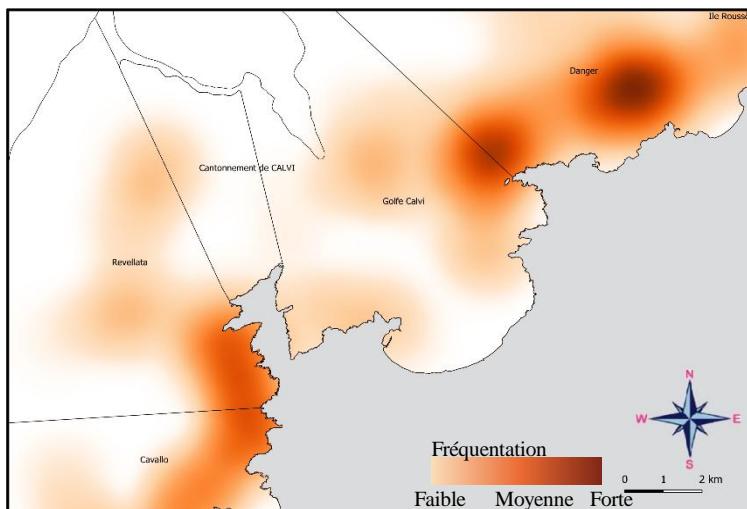
De nos jours la pêche professionnelle en Corse est répartie en quatre prud'homies : Ajaccio, Bastia, Bonifacio, Calvi-Balagne (Fig. B). Cette dernière s'étire de l'ouest du désert des Agriates au nord de la réserve de Scandola. Au sein de la prud'homie, le port de Calvi joue encore un rôle prédominant bien que l'activité ait fortement diminué. En 1985, on comptait 24 pêcheurs dans ce port (Culioli, 1986) ; en 2024, ils ne sont plus que 7 parmi les 16 recensés entre l'Île-Rousse et Galéria.



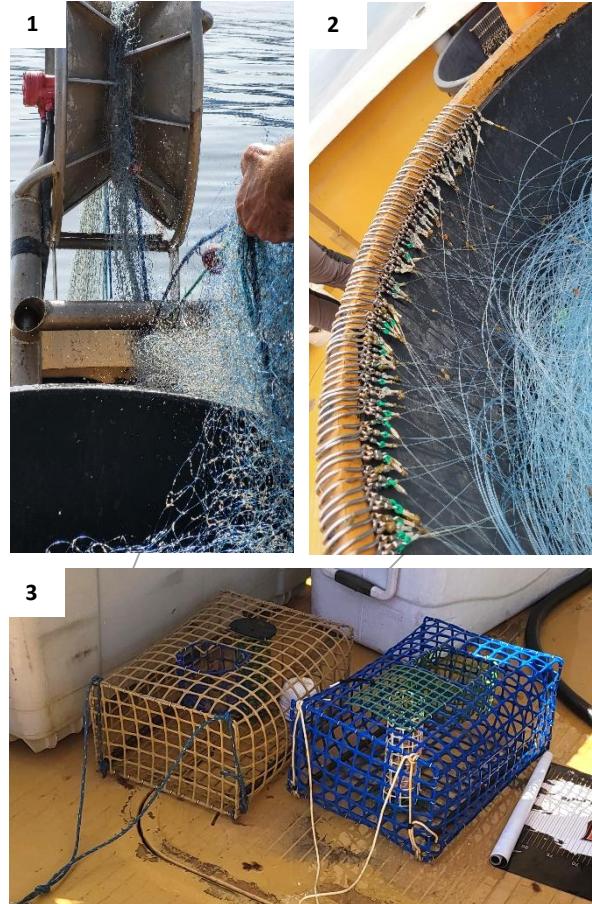
B Les quatre prud'homies de Corse.

Une pratique qui perdure

Bien que cette activité de pêche professionnelle ait diminué, elle reste néanmoins caractéristique de la pratique corse avec une grande majorité des métiers de pêches exercés en Corse également pratiqués dans le golfe de Calvi. Ces métiers au **filet** (à poissons, à langoustes ou plus spécifiquement à rouget), au **palangre** (benthique ou pélagique) ou à la **nasse** (Fig. E), sont répartis de manière assez homogène dans tout le golfe et ses alentours (Fig. C), capturant diverses espèces (Fig. D).



C Répartition spatiale des activités de pêche professionnelle (nombre d'engins à l'eau) entre avril et octobre des années 2022 à 2024.



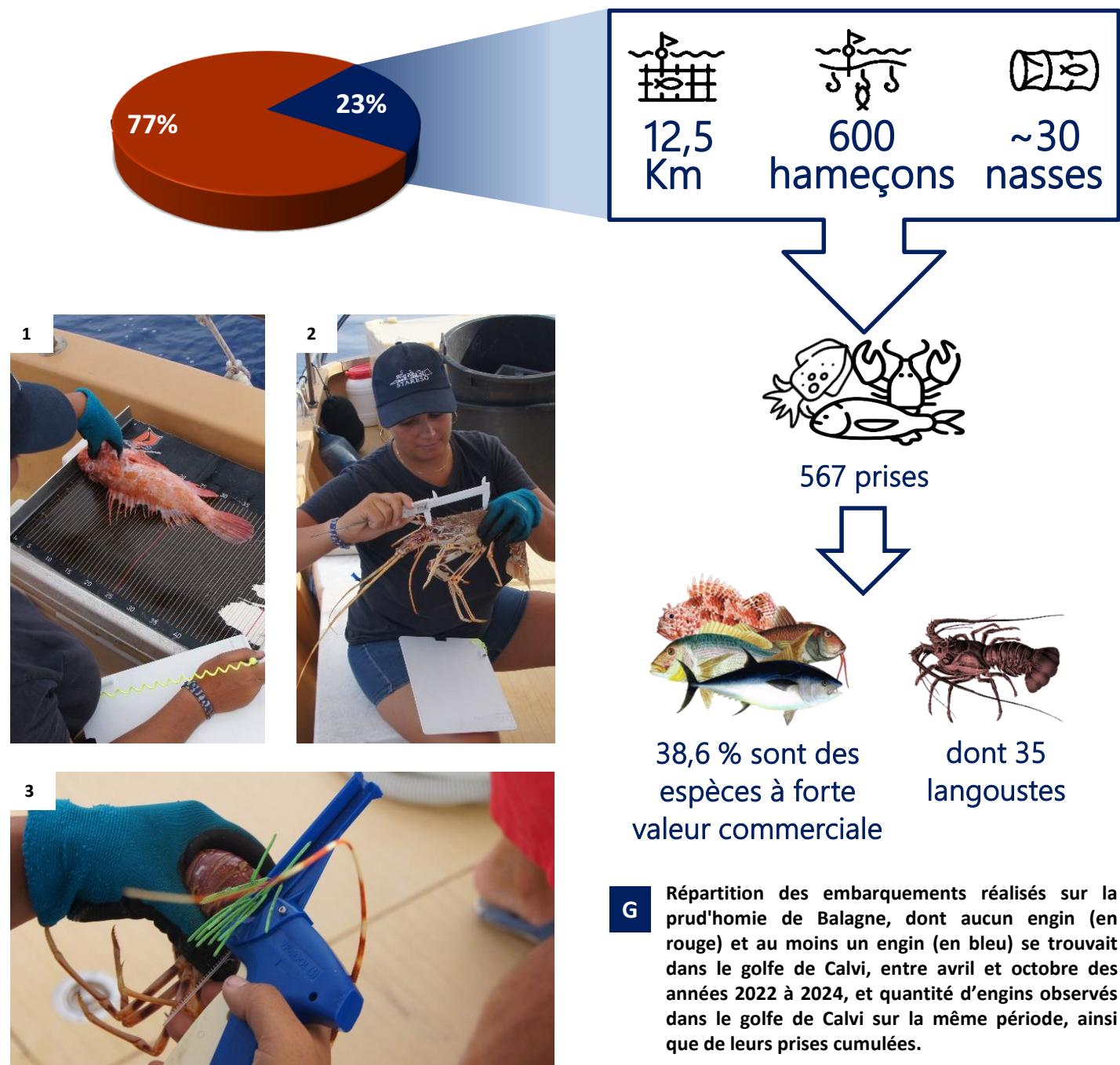
E Les différents types d'engins : filets (1), palangres (2) et nasses (3).



D Espèces à forte valeur commerciale, pêchées dans le golfe de Calvi : chapon (*Scorpaena scrofa*) (1), Rouget (*Mullus surmuletus*) (2), Mostelle (*Phycis phycis*) (2), Langouste rouge (*Palinurus elephas*) (3), Denti (*Dentex dentex*) (4), Thon rouge (*Thunnus thynnus*) (5).

Un suivi scientifique de l'activité

Depuis 1980, la STARESO a collecté une grande quantité de données pour mieux comprendre les causes et les impacts des évolutions de la pêche artisanale en Corse, en caractérisant à la fois l'activité et les captures (Fig. G). Aujourd'hui, la STARESO est intégrée au **réseau régional des observateurs scientifiques embarqués à bord des navires de la petite pêche côtière en Corse** (Fig. F). Cette initiative s'inscrit dans une collaboration étroite avec des institutions scientifiques locales, telles que l'Université de Corse et l'Office de l'Environnement de la Corse, toutes impliquées dans la préservation et la gestion durable des ressources halieutiques.



Suivi scientifique depuis 2011 des captures et de l'effort de pêche

LA PÊCHE DE LOISIR : PRATIQUES, IMPACTS ET GESTION DURABLE



La pêche récréative : définition

La pêche de loisir, activité ancestrale et populaire, est aujourd'hui une composante significative des usages maritimes en Méditerranée. Définie comme une activité non commerciale à vocation récréative, elle se caractérise par des captures qui ne sont ni une source alimentaire principale ni destinées à la vente. En plein essor, elle soulève des préoccupations croissantes dans la gestion des ressources halieutiques, notamment en raison de son impact économique, du nombre croissant de

pratiquants et de l'importance des captures réalisées.

En Corse, et particulièrement en Balagne, cette activité revêt une dimension culturelle forte tout en posant des défis environnementaux. Pourtant, malgré son importance et ses effets significatifs sur les ressources marines et les écosystèmes, la pêche de loisir demeure nettement moins étudiée par rapport à la pêche professionnelle (Iborra et al., 2024).

Check for updates

Received: 14 October 2023 | Revised: 17 June 2024 | Accepted: 7 July 2024
DOI: 10.1802/mcf2.10113

ARTICLE

A multimethod approach to assess marine recreational fishing activity in a Mediterranean area: A case study of the Balagne region (Corsica, France)

Laura Iborra^{1,2} | Michel Marengo³ | Claire Valletteau¹ | Michela Patrissi¹ |
Pierre Lejeune⁴ | Sylvie Goibert^{2,3} | Philippe Cuny¹

¹Aix - Marseille Université, Université de Toulon, 13281, FRANCE - OCTAONOMED, Institut Océanographique - LUMINY, Marseille, France
²Laboratoire d'Océanologie - Centre MARE, Université de Liège, Liège, Belgique
³STAKISO - Pointe de la Roselière, Côte d'Azur, France
⁴Correspondence
Laura Iborra
Email: iborra.laura@gmail.com

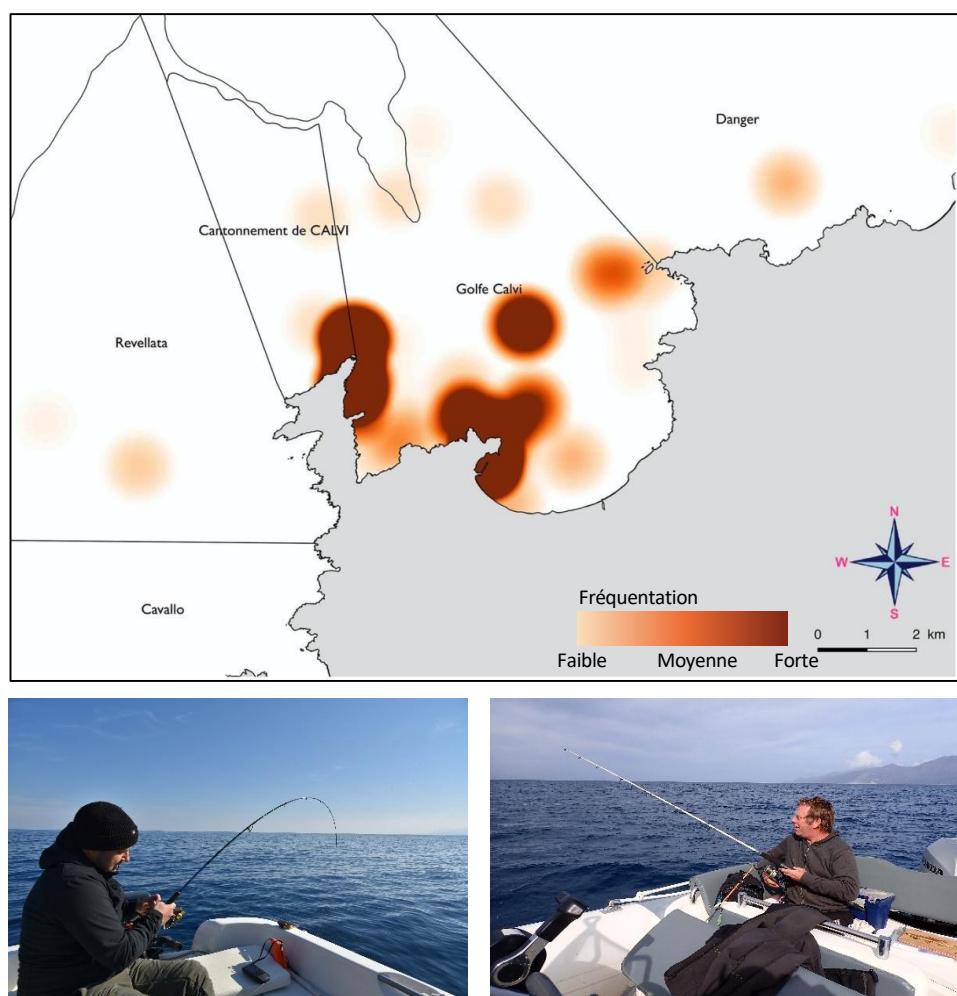
Abstract
Objective: Recreational fishing is a growing concern in the management of fishery resources given its economic impact, the number of people involved, and the magnitude of catches. Despite its significant impact on marine resources and economy, recreational fishing has received less attention in research than commercial fishing.
Methods: This study focuses on marine recreational fishing in Balagne (Corsica, France) (northwest Mediterranean). It presents, for the first time in this region, valuable data on the population size of recreational fishers, their sociological profiles, fishing habits, and, specifically, catch data related to boat households.
Results: Through an extensive telephone survey involving 387 households, we estimated that recreational fishing constitutes 10.2% of the population, with the majority being men (84.8%). The average age varies significantly based on the type of fishing practice: 38.4 years for spearfishing, 50.7 years for shore fishing, and 56.4 years for boat fishing. Additionally, we found that shore fishers declare practicing non-skill fishing more frequently than boat fishers (60.0% and 56.0%, respectively). Phenotypic protocol, fishing location, and household provided data on catch composition and fishing characteristics. In the case of boat fishing, catches per effort, estimated from boating data, were found to be 1.03 ± 1.51 individuals/h/house and 222.32 ± 318.94 g/h/house. Despite the great diversity among the species caught (49 species), Comber *Serranus cabrilla*, Blackspot Seabream *Pagellus erythrinus*, Blacktail Bream *Spondyliosoma cantharus*, and Grilled Comber *Serranus scripsi* are overrepresented in number among the species of marine fish caught by boat fishers and Common Dentex *Dentex dentex*, Greater Amberjack *Seriola dumerilii*, Dolphinfish *Coryphaena hippurus*, and Blufin Tuna *Thunnus thynnus* are overrepresented in weight. Among all individuals caught and measured, about one out of two individuals (45.97% of catches) does not reach the legal size.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
© 2024 The Author(s). Marine and Coastal Fisheries published on behalf of American Fisheries Society.
<https://doi.org/10.1802/mcf2.10113> wileyonlinelibrary.com/journal/mcf2 | 1 of 22

Pratiques des pêcheurs de loisir

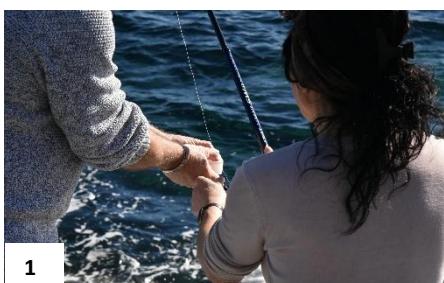
Cette étude, fondée sur une approche multimodale, a permis pour la première fois en Balagne de recueillir des données sur le nombre de pêcheurs récréatifs, leurs profils sociologiques, leurs pratiques de pêche et les spécificités des captures réalisées. Ces données ont été acquises par des protocoles de suivi sur le terrain, incluant des carnets de pêche, des prises photographiques et des embarquements scientifiques.

Les caractéristiques socio-démographiques montrent que la majorité des pratiquants sont des hommes (85 %), et que les pratiques les plus courantes sont la pêche embarquée (30 %), suivie de la pêche du bord (29 %) et de la chasse sous-marine (26 %) (Fig. A).



B Répartition spatiale des activités de pêche de loisir (nombre de pêcheurs) en Balagne et photos d'illustrations de la pêche embarquée.

A Illustrations des principales pratiques de pêches recensées en Balagne : pêche du bord (1), pêche embarquée (2), chasse sous-marine (3).



La répartition spatiale des activités de pêche montre une forte occurrence autour des ports de Calvi et de l'Île-Rousse, avec des points chauds localisés près des hauts-fonds ou récifs (Danger d'Algajola, Sec du clocher) et des structures artificielles comme les installations aquacoles ou les houlographes (Fig.B). Il convient également de noter que des activités de pêche récréative ont été observées au sein même du cantonnement de pêche de Calvi, en dépit de l'interdiction en vigueur pour la pêche, qu'elle soit professionnelle ou récréative.

Première estimation du nombre de pratiquants :
2 046 pêcheurs de loisir résidents en Balagne
soit **10,22 % de la population totale**

Impacts et durabilité

Les enquêtes menées ont permis d'identifier 49 espèces appartenant à 26 familles, reflétant l'exploitation d'une grande biodiversité. Parmi ces captures, les familles les plus représentées sont les Sparidae, Labridae et Scombridae, regroupant à elles seules 22 espèces. En termes de biomasse, les trois espèces les plus capturées sont le denti commun (*Dentex dentex*, 22 %), la sériole couronnée (*Seriola dumerili*, 15 %) et le thon rouge (*Thunnus thynnus*, 10 %). En termes d'abondance, les trois espèces les plus fréquentes sont le serran chevrette (*Serranus cabrilla*, 35 %), le pageot rose (*Pagellus bogaraveo*, 12 %) et la dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*, 11 %) (Fig. C).



C Captures de dentis effectuées en pêche embarquée.

Cependant, près de 49 % des captures ne respectent pas les tailles minimales légales, posant des questions sur la durabilité de cette activité (Fig. D). Cette situation est particulièrement préoccupante, car l'âge et la taille à maturité sexuelle jouent un rôle clé dans le potentiel reproducteur d'un stock. Si ce potentiel est compromis, la capacité du stock à produire une descendance viable, essentielle au renouvellement des populations adultes et à la pêche, en sera également affectée.



49 % des individus capturés ne respectent pas la taille minimale réglementaire



D Exemples d'espèces fréquemment capturées par la pêche de loisir en Balagne : pageot rose (1), labre merle (2), dorade grise (3), serran chevrette (4).

Vers une gestion durable

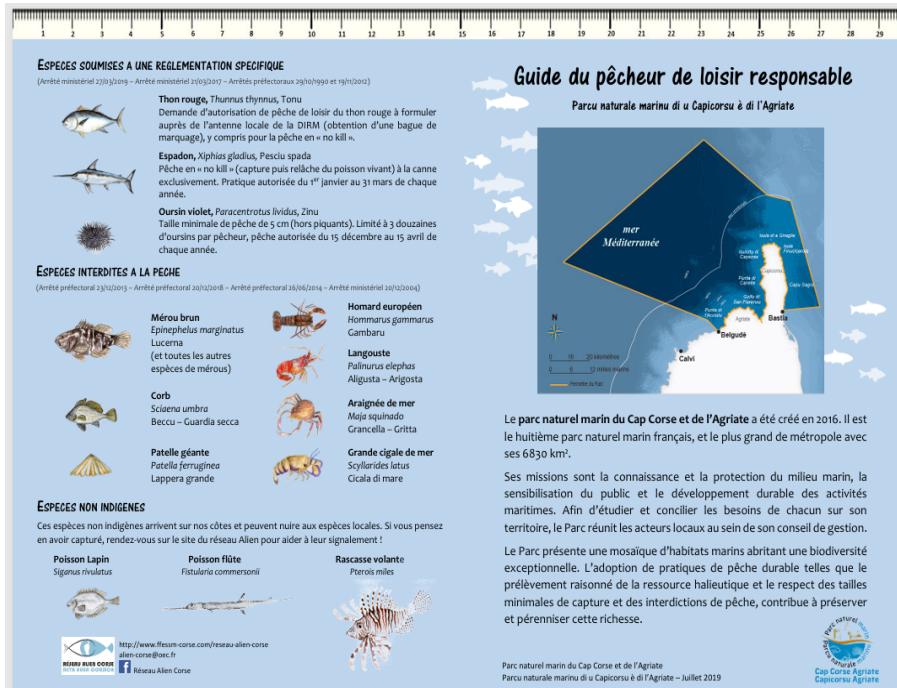
Cette étude met en évidence l'importance de la pêche récréative, qui devrait être prise en compte dans les évaluations des stocks halieutiques. De plus, un renforcement des mesures réglementaires est recommandé, car nos résultats montrent que certains pêcheurs récréatifs ne respectent pas les réglementations, que ce soit en termes d'espèces capturées, de tailles minimales, ou encore en pratiquant leur activité dans des cantonnements où la pêche est interdite.

Face aux défis posés par la pêche de loisir, plusieurs mesures sont proposées pour améliorer sa durabilité :

- 1. Renforcement de la réglementation :** Imposer des licences/permis obligatoires pour mieux surveiller et contrôler cette activité.
- 2. Éducation et sensibilisation :** Informer les pêcheurs sur les tailles légales, les espèces protégées et les pratiques de pêche durable (Fig.E, F).
- 3. Amélioration de la collecte de données :** Étendre les études à l'échelle régionale pour inclure toutes les modalités de pêche et mieux estimer leur impact global.



E Sensibilisation menée à STARESO autour de la pêche de loisir.



F Guide pêche durable distribué aux pêcheurs de loisir lors des enquêtes menées au sein du PNMCCA.

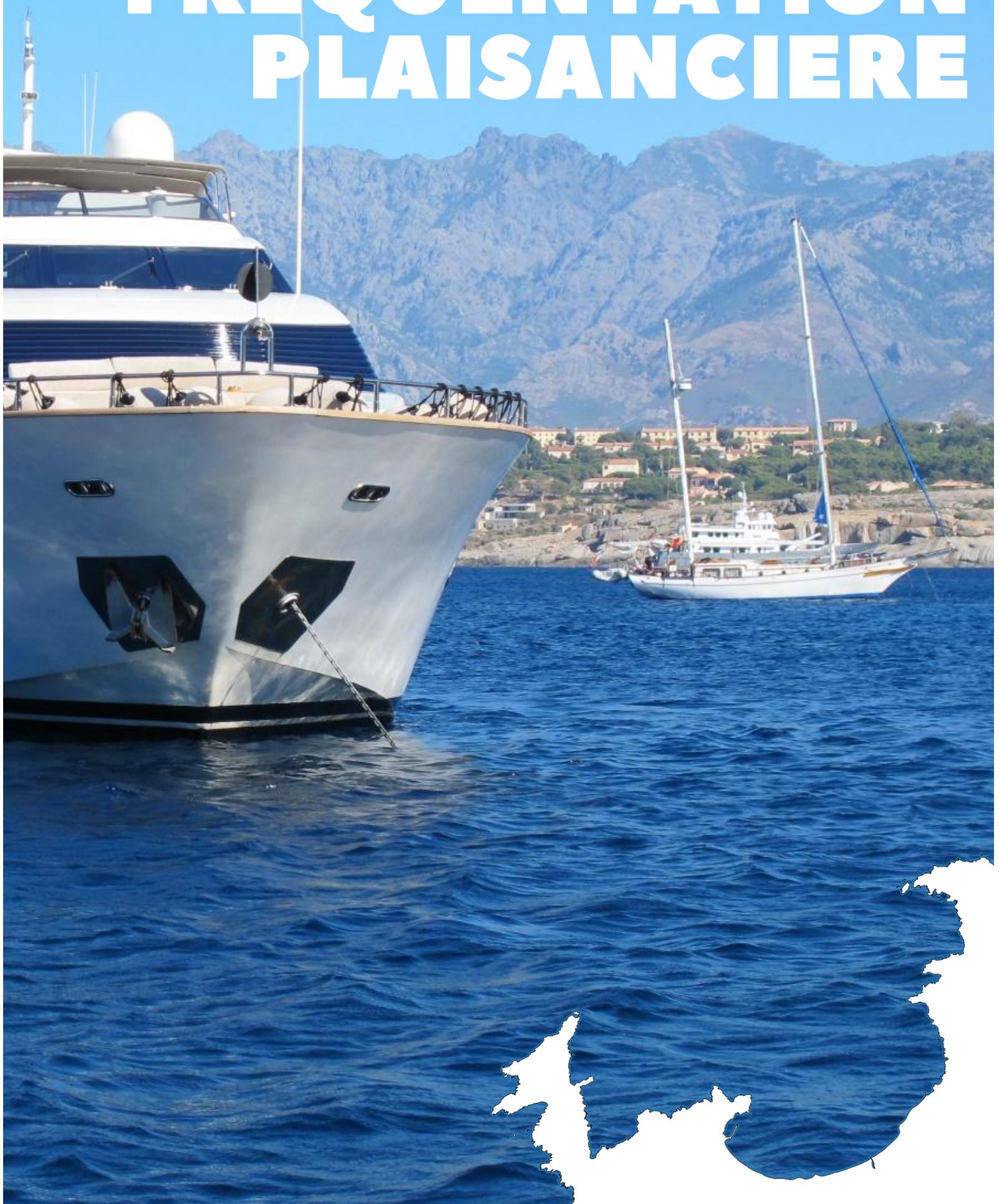
Sur la base des méthodologies développées dans le cadre du projet STARECAPMED et des résultats obtenus en Balagne, des études ont également été menées au sein du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate (PNMCCA). STARESO a rendu un avis scientifique, qui a contribué à la mise en place d'un arrêté fixant les modalités d'exercice de la pêche maritime de loisir au sein du PNMCCA. Cet arrêté inclut l'instauration d'une déclaration de pêche (permis de pêche) et la mise en place d'un « panier familial » limitant les captures à 5 kg par pêcheur par jour. Nous estimons qu'au-delà des aires marines protégées, cette réglementation devrait être harmonisée et appliquée à l'ensemble de la Corse (Fig.G).



Un renforcement des mesures réglementaires est recommandé pour garantir la pérennité des ressources marines

G Propositions de mesures de gestion pour une pêche de loisir durable en Corse.

LA FREQUENTATION PLAISANCIERE



LA FREQUENTATION PLAISANCIERE



Une pratique à comprendre et à encadrer

La Méditerranée française est caractérisée par un marché de la plaisance mature, avec une implantation de ports très dense. En 2015, l'observatoire des ports de plaisance français a décompté 162 ports maritimes en Méditerranée, dont 22 ports corses. Ce bassin méditerranéen offre environ 95 200 places, dont 96 % sont destinés à la plaisance. Il s'agit d'un des principaux foyer de fréquentation à l'échelle mondiale, notamment pour les grandes unités (< 24 m). En effet, la moitié de la flotte mondiale de grande plaisance est concentrée chaque été sur la côte d'Azur, la Corse et l'Italie, 1/3 évolue entre la Provence Alpes Côte d'Azur et la Corse et environ 1/7ème

arborent les côtes corses chaque été (Fontaine et al., 2019). En Méditerranée française, les secteurs du nautisme et de la plaisance génèrent d'importantes retombées économiques mais sont également sources de dégradations environnementales et de conflits d'usages sur le plan d'eau.

C'est dans ce contexte, et à des fins de compréhension, de gestion et d'encadrement de cette pratique, que depuis de nombreuses années STARESO a développé une expertise concernant les études de fréquentation.

Opérateurs de STARESO en train de faire un comptage bateau.



Des comptages depuis 2012

Depuis, 2012, des comptages sont réalisées au sein de 2 baies situées à l'Est de la presqu'île de la Revellata : la baie de l'Alga et de l'Oscellucia (représentant environ 165 hectares), faisant l'objet d'une forte pression de mouillage forain.

Ces comptages sont effectués de façon journalière voire bi-journalière du lundi au vendredi de avril à septembre, comptabilisant ainsi de 2012 à 2023, 2 202 jours de comptages et recensant 23 923 bateaux.



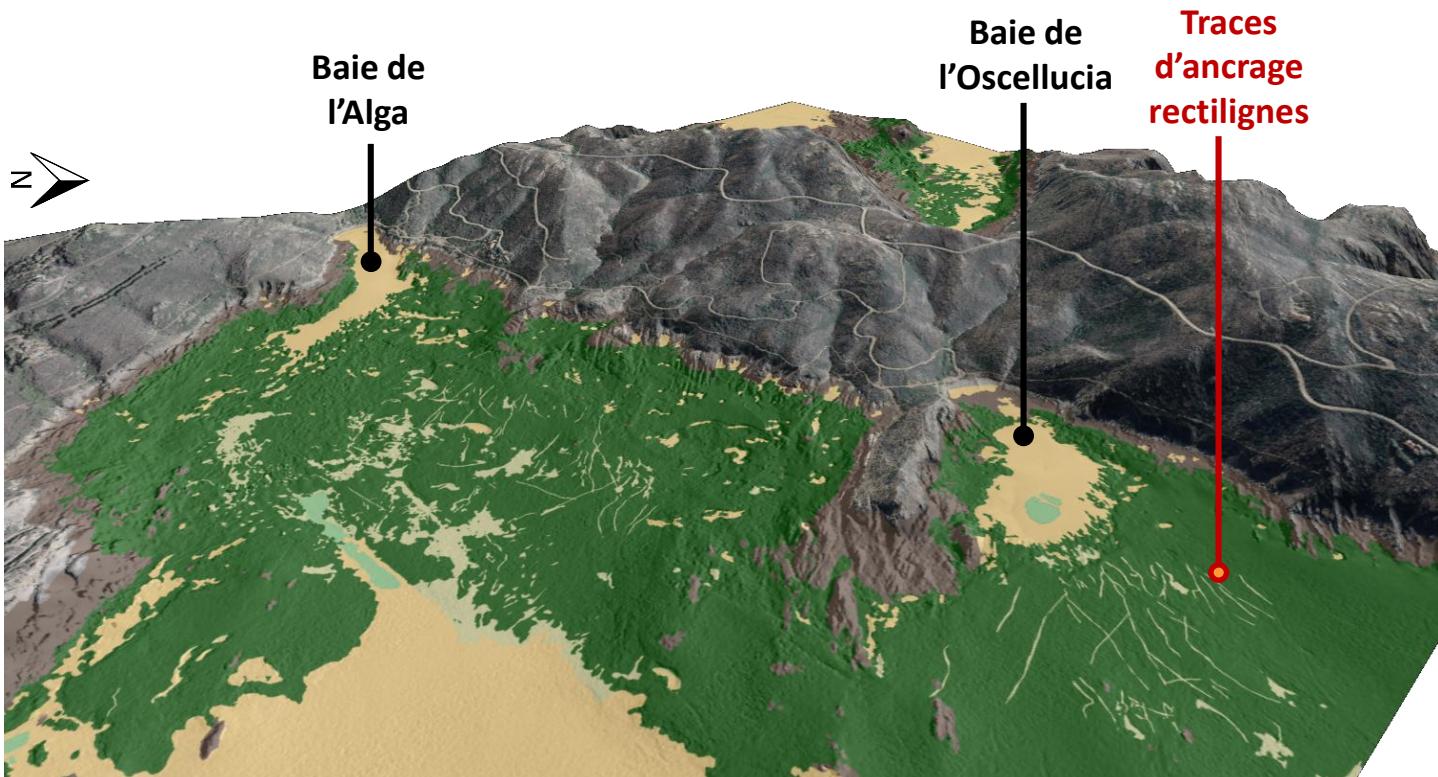
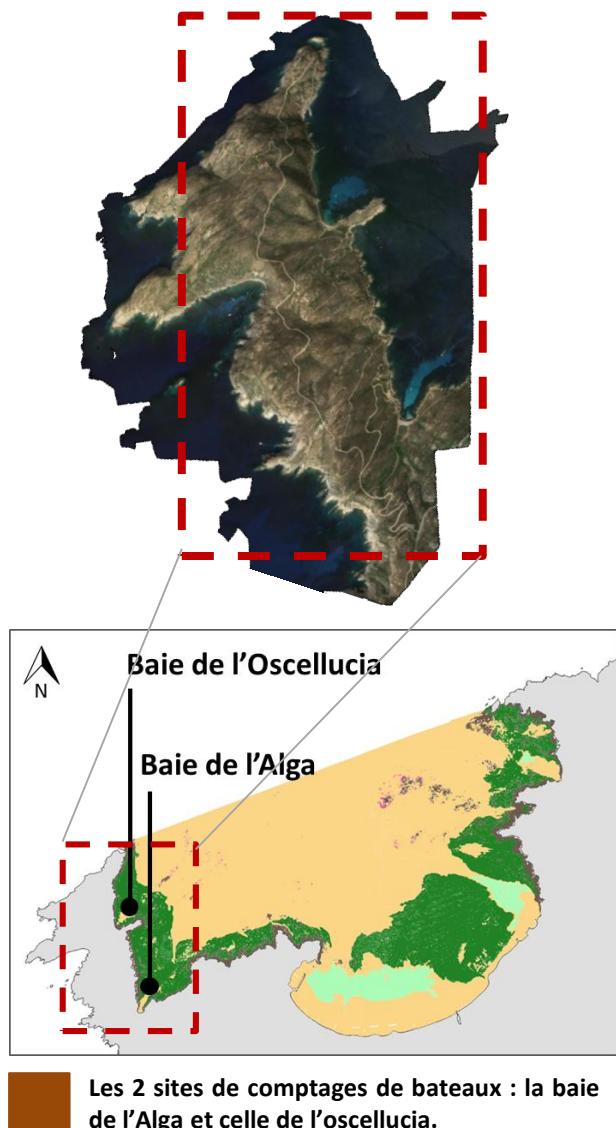
2 202
comptages



23 923 bateaux

Ces comptages discriment:

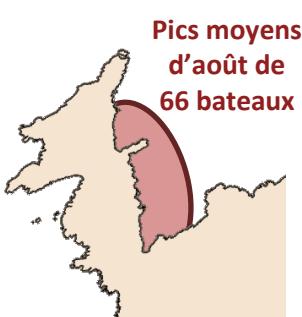
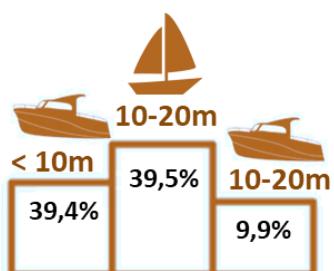
- le site (Alga, Oscellucia)
- l'heure
- la typologie (moteur, voilier)
- la classe de taille (> 10m, 10-20, >20m)
- le substrat d'ancrage (sable, herbier de Posidonie)



Profils types et évolutions

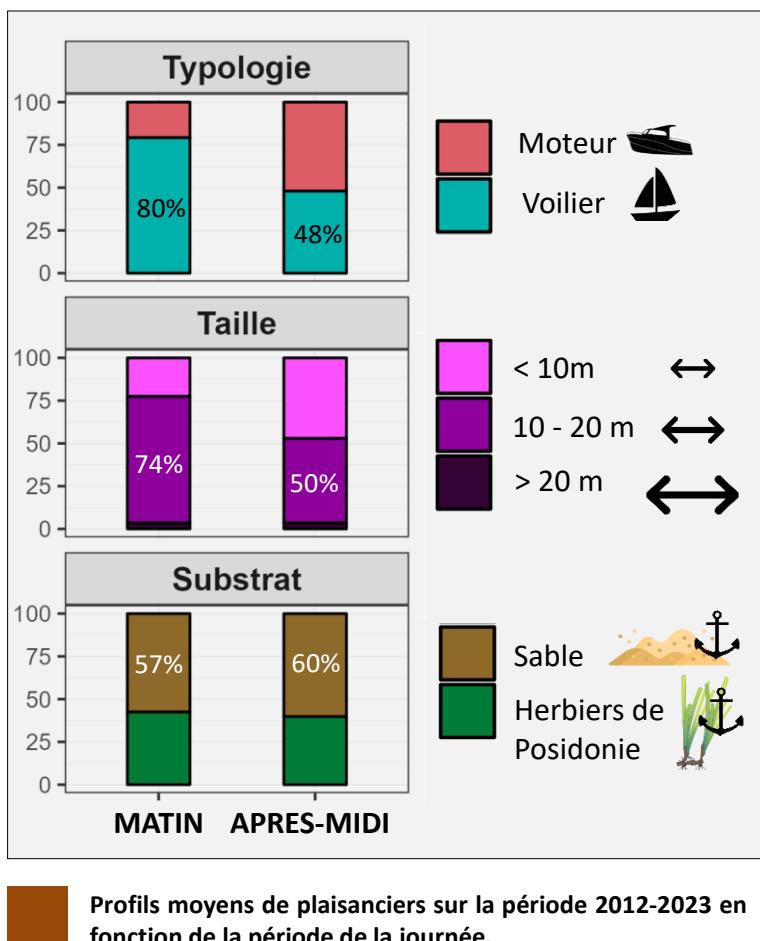
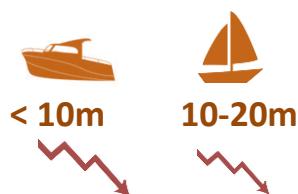
Les profils de plaisanciers diffèrent selon l'heure de la journée. Les voiliers, en particulier ceux supérieurs à 10m, représentent l'embarcation privilégiée pour passer la nuit sur site et sont donc 4 fois plus nombreux que les moteurs le matin.

L'après-midi (13h-19h), les profils les plus récurrents de plaisanciers sont :

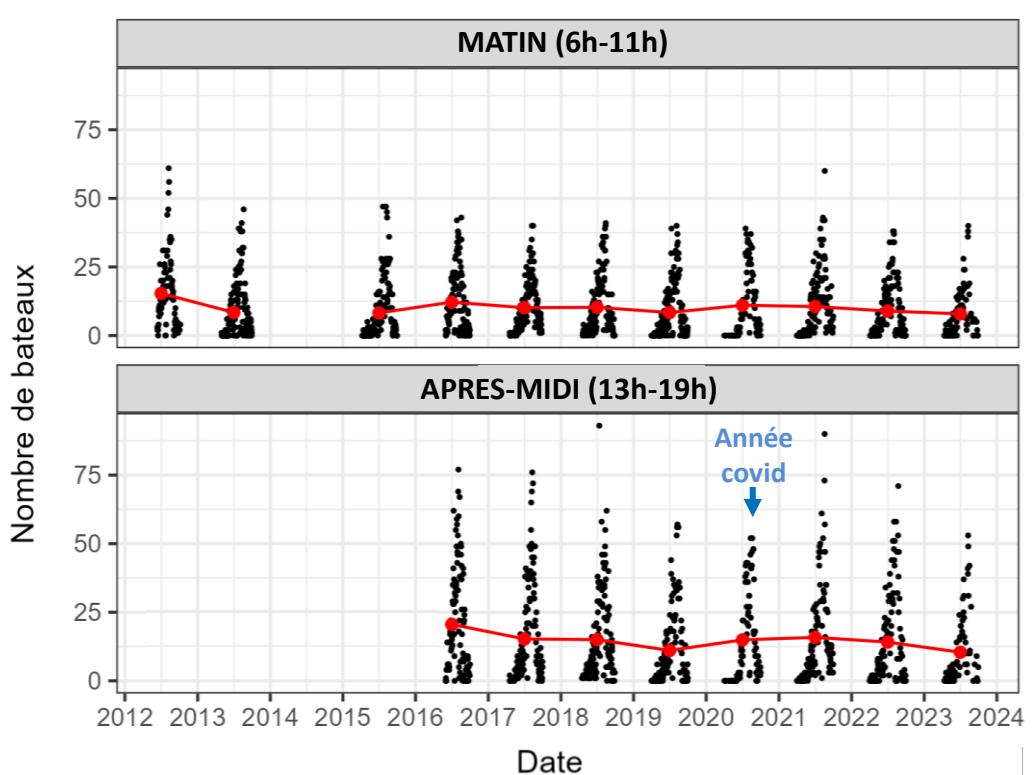


Durant la haute saison (juillet & août), en moyenne 24 bateaux sont au mouillage l'après-midi, avec un pic moyen en août de 66 bateaux, sur un espace de 165 hectares.

Face à une certaine stabilité du nombre moyen de plaisanciers passant la nuit au mouillage, le nombre de bateaux l'après midi montre une légère diminution, cependant non-significative, depuis 2016. Ce pattern semble être indépendant de l'effet covid. Cette diminution est la plus prononcée pour les bateaux à moteur de moins de 10m puis les voiliers de 10-20m pour lesquels les tendances à la baisse sont significatives.



Profils moyens de plaisanciers sur la période 2012-2023 en fonction de la période de la journée.



Nombre de bateaux recensés à chaque comptage (en noir) et moyenne annuelle (en rouge) de 2012 à 2023 entre avril et septembre inclus en fonction de la période de la journée.

Impacts de l'interdiction d'ancrage dans l'herbier de Posidonie

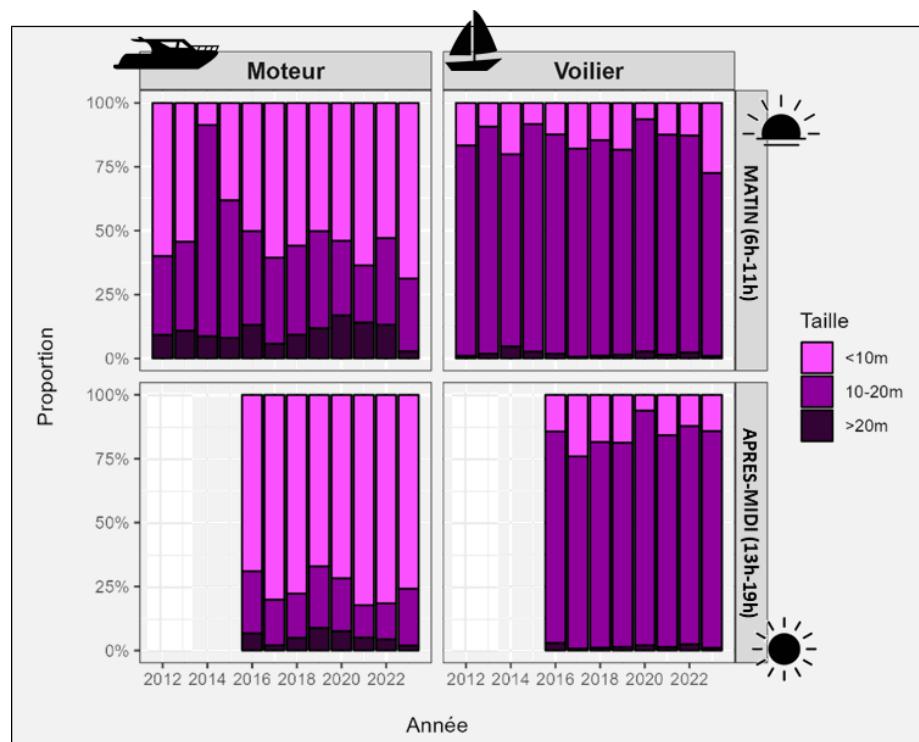
Suite à l'arrêté cadre n°123/2019 ayant pour but de protéger les herbiers de Posidonie de l'ancrage, plusieurs arrêtés locaux définissant les zones d'interdiction au mouillage pour les navires de 20 et 24 mè ont été signés.



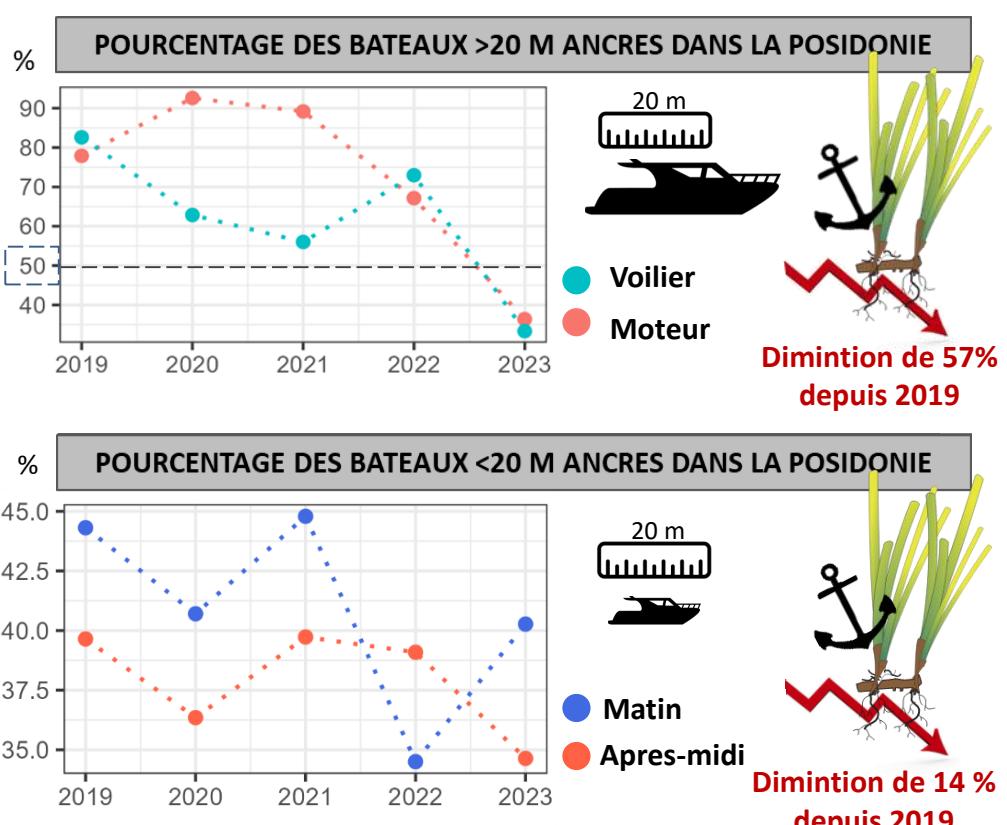
A Calvi, alors que la proportion des bateaux à moteurs de plus de 20 m était en légère augmentation entre 2012 à 2020, cette proportion diminue désormais depuis 2020, tout particulièrement en 2023 (Fig. A).

En terme du substrat d'ancrage, depuis 2019, plus de la moitié des unités de plus de 20 m était systématiquement ancrée dans l'herbier de Posidonie sauf en 2023, où ce pourcentage chute sous la barre des 50%. En effet, la proportion de bateaux de plus de 20 m ancrés dans l'herbier de Posidonie a diminué de 60 % pour les voiliers et de 53 % pour les moteurs entre 2019 et 2023 (Fig. B).

Une diminution plus faible marque également les unités plus petite que 20 m, principalement l'après-midi avec un comportement plus contrastée lors d'un ancrage pour la nuit. Ainsi, entre 2019 et 2023 les proportions de petites unités ancrées dans la Posidonie ont diminué de 12 % le matin et de 16 % l'après-midi.



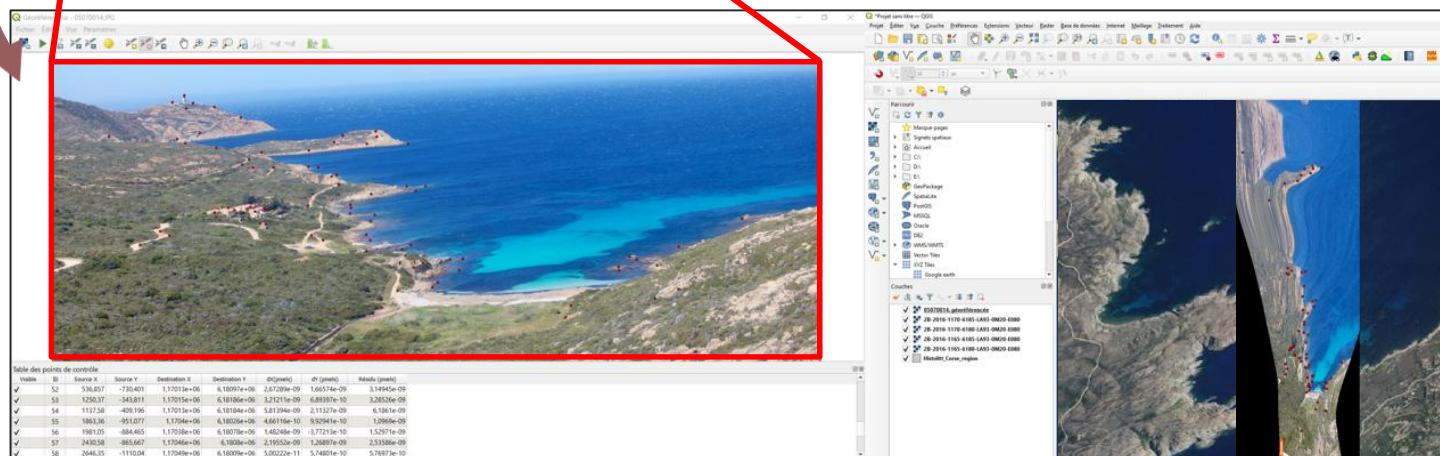
A Evolution annuelle des proportions de bateaux par typologie et classes de taille en fonction de la journée.



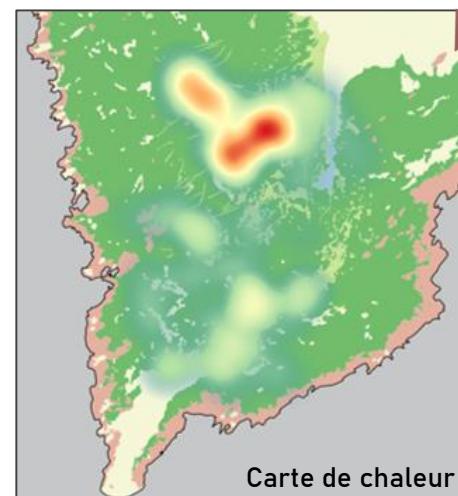
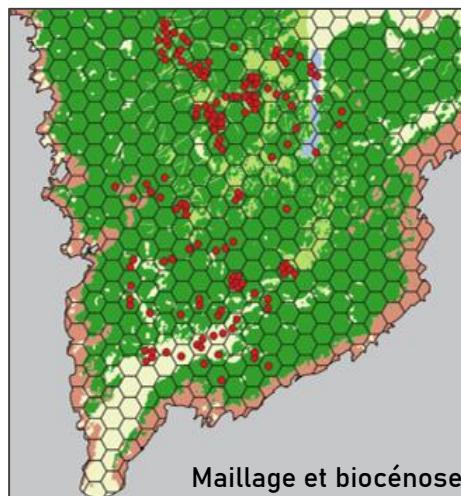
B Evolutions annuelles des pourcentages de bateaux ancrés dans l'herbier de Posidonie en fonction de la typologie (pour les plus de 20m) et en fonction de la période de la journée (pour les moins de 20m).

Protocole de quantification de la pression d'ancrage

Un protocole permettant la quantification de la pression d'ancrage sur l'ensemble des substrats a été développé sur la base de prises photographiques obliques et fixes à intervalles réguliers et durant la large saison estivale (avril à septembre).



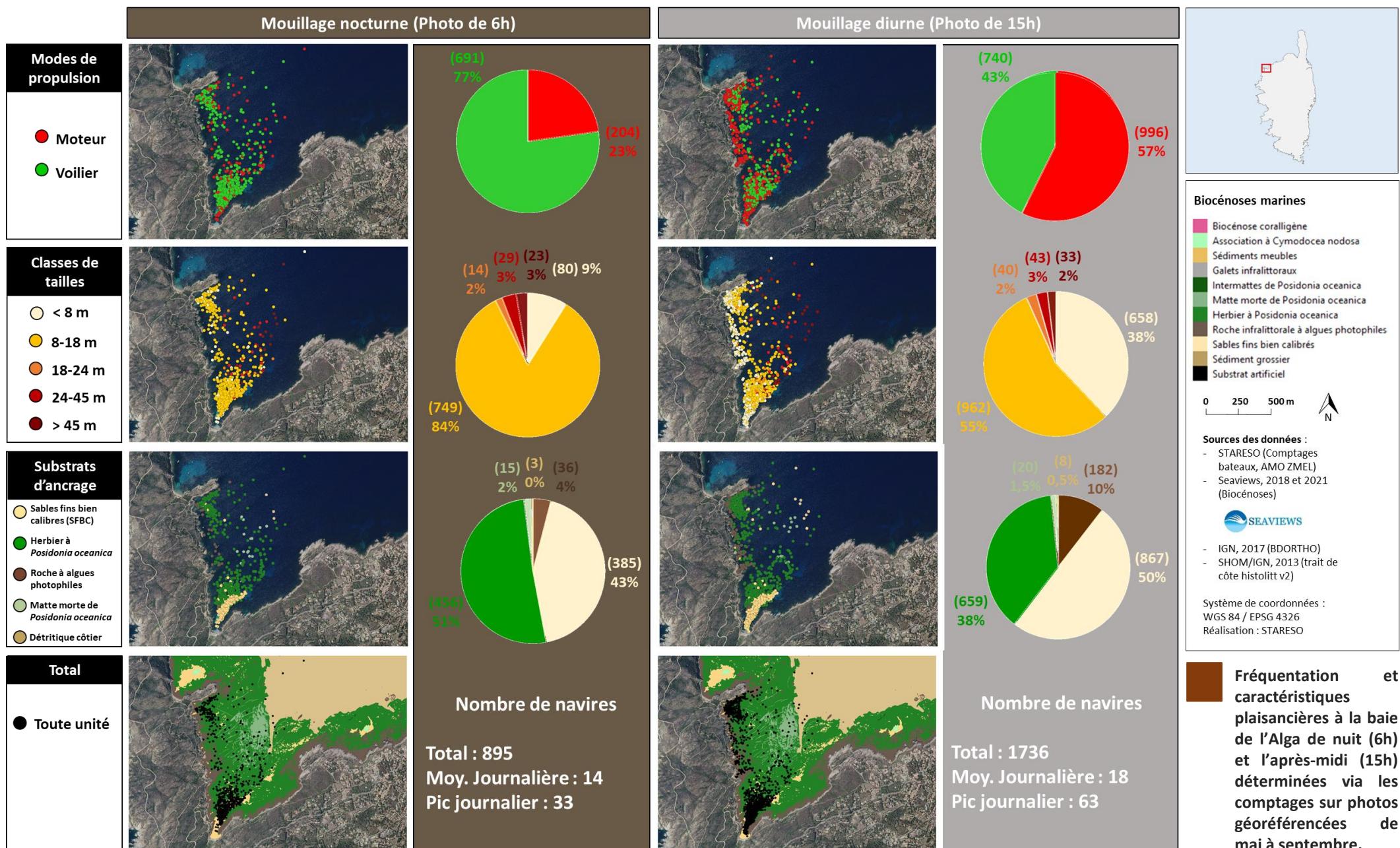
Ce protocole développé en baie de Calvi constitue ainsi un outil de gestion pertinent, notamment dans un contexte d'essors de la réglementation et de la nécessité de vérifier son efficacité.



Exemples de représentations du géoréférencement des bateaux au mouillage dans la baie de l'Alga superposé au type de substrat.

FREQUENTATION PLAISANCIERE

PROTOCOLE DE QUANTIFICATION DE L'ANCRAGE

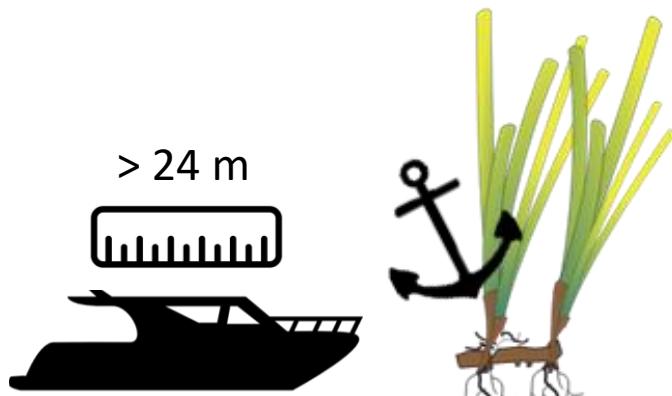
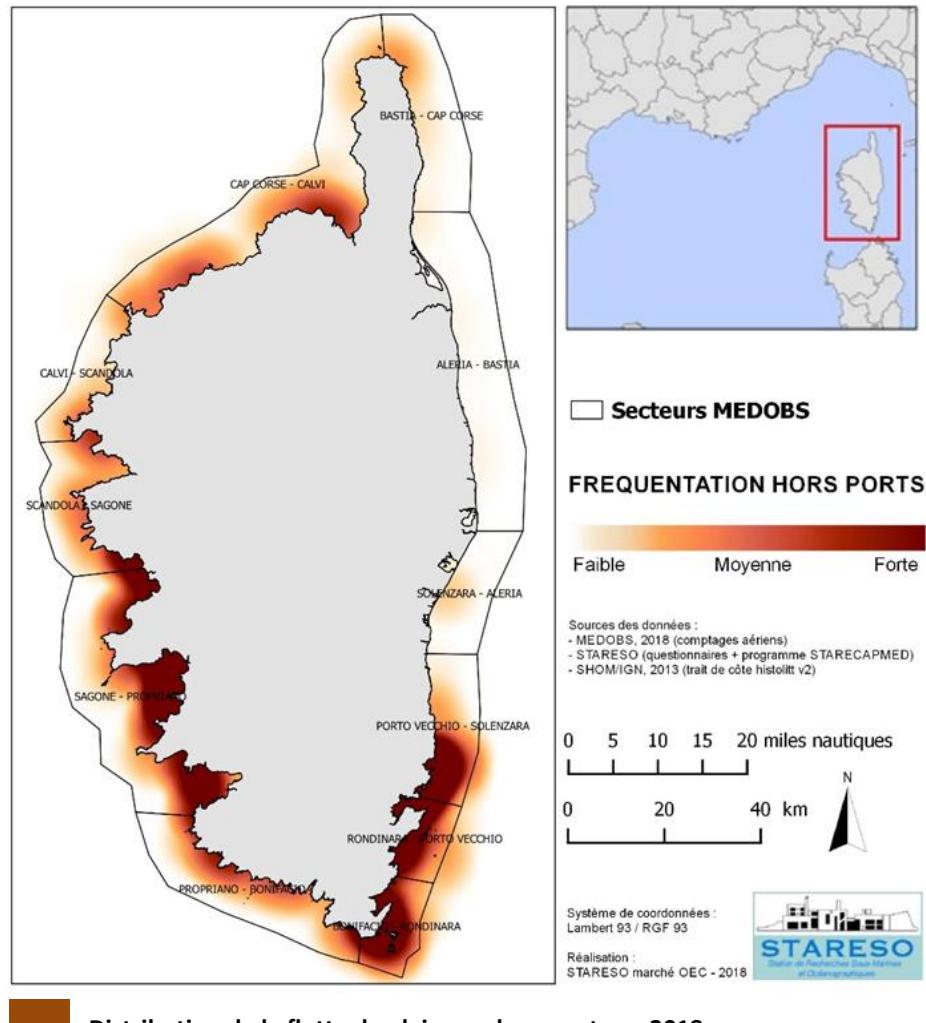
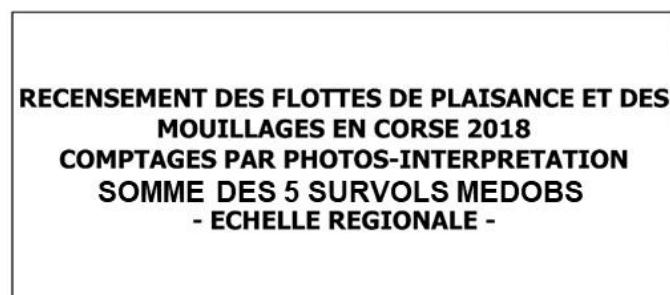


Une étude à l'échelle insulaire

Grâce à cette expertise, initialement développée en baie de Calvi, STARESO a réalisé plus d'une quarantaine d'études de fréquentation plaisancière à l'échelle de la Corse depuis les années 90.

STARESO a notamment réalisé 2 études majeures de la plaisance et des mouillages à l'échelle de la Corse en 2013 et 2018. La diversité des modes de comptage mis en œuvre avait permis de dresser un diagnostic global, de comprendre le fonctionnement et d'analyser l'évolution de ce secteur d'activité à l'échelle insulaire.

L'étude de 2018 avait d'ailleurs pour la première fois permis de quantifier, d'identifier les hot-spots et les flux et d'évaluer la pression d'ancrage des navires de grande plaisance. Il avait ainsi été démontré que plus d'1/7 de la flotte mondiale de grande plaisance (navire de plus de 24 m) fréquentait la Corse chaque été, et que parmi ces yachts identifiés au mouillage à l'ancre, 1/3 l'était dans l'herbier de Posidonie.



Parmi les yachts ancrés en Corse en 2018, 1/3 l'étaient dans l'herbier

1/7 de la flotte mondiale de grande plaisance en Corse en 2018

1/3 des yachts ancrés dans l'herbier de Posidonie

Une expertise clé pour la gestion de la plaisance à plus large échelle

Les résultats de ces études précis et récents ont été sources d'éléments de compréhension du secteur de la plaisance et du nautisme pour les gestionnaires et institutionnels.

En effet, la mise en évidence de l'essor grandissant de la grande plaisance et de ses impacts environnementaux a permis une prise de conscience généralisée de la nécessité d'encadrer cette catégorie de navires.

C'est ainsi qu'en 2019, la préfecture maritime de Méditerranée a pris l'**arrêté cadre 123/2019** réglementant et encadrant le mouillage des navires de grande plaisance à l'échelle de la façade méditerranéenne. Cet arrêté cadre précise qu'il est désormais officiellement interdit de mouiller dans une zone correspondant à un habitat d'espèces végétales marines protégées, autrement-dit dans l'herbier de posidonie. Déclinée en plusieurs arrêtés locaux, cette réglementation a permis de définir des zones d'interdiction à l'ancre des grandes unités sur tout le pourtour méditerranéen français.

Associée à cette réglementation, et dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) correspondant à une déclinaison de la DCSMM (Directive Cadre Stratégie Milieu Marin), une nouvelle **stratégie méditerranéenne de gestion des mouillages** (Préfecture maritime Méditerranéenne, 2019) ainsi qu'un **guide méthodologique pour créer, gérer et organiser les ZMEL** (Ministère de la transition écologique, 2019) ont également été élaborés. Le volet opérationnel de cette stratégie de façade identifie, au sein d'arrêtés locaux, des secteurs prioritaires pour organiser le mouillage des navires de plaisance.

C'est dans ce contexte, et afin d'accompagner la mise en œuvre opérationnelle de la stratégie mouillage, que la Direction Interrégionale de la Mer (DIRM) Méditerranée a lancé, en 2020 puis en 2022, deux appels à projet visant à promouvoir la création de zones de mouillages et d'équipements légers (ZMEL) petite et / ou grande plaisance.



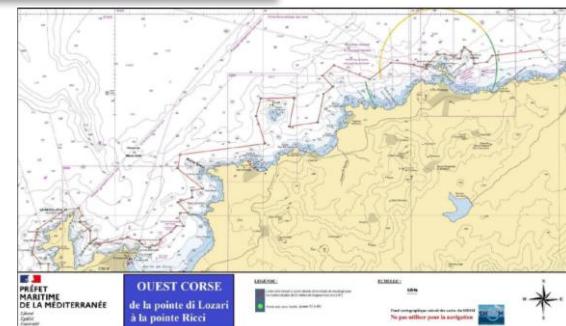
Toulon, le 03 juin 2019



DIVISION « ACTION DE L'ETAT EN MER »
ARRÈTE PREFECTORAL N°123/2019
FIXANT LE CADRE GÉNÉRAL DU MOUILLAGE ET DE L'ARRÊT DES NAVIRES DANS LES EAUX INTÉRIEURES ET TERRITORIALES FRANÇAISES DE MÉDITERRANÉE

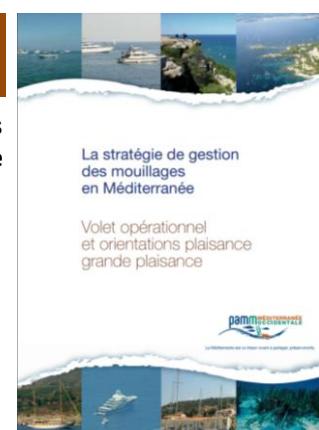
2019

Arrêté cadre 123/2019



2019

Stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée



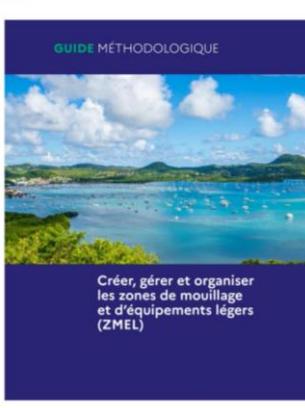
La stratégie de gestion des mouillages en Méditerranée

Volet opérationnel et orientations plaisance grande plaisance

pamm-mediterranee.fr



GUIDE MÉTHODOLOGIQUE



2019

Guide méthodologique pour créer, gérer et organiser les ZMEL



2020 et 2022

Appels à projet de la DIRM pour la mise en place de ZMEL



Réduction de l'impact des ancrages des navires de plaisance sur l'herbier de posidonie par la mise en œuvre de mouillages organisés

APPEL A PROJETS

Un accompagnement de l'émergence des zones de mouillage

C'est ainsi que STARESO, après avoir contribué à l'acquisition de connaissances et à l'essor de ces réglementations à large échelle, est désormais sollicité pour valoriser son expertise dans le cadre d'études de faisabilité, d'impact, de demande ou de renouvellement d'AOT, d'évaluation d'incidences Natura 2000 nécessaires pour la mise en place de ZMEL (Zone de Mouillages et d'Equipements Légers) au sein de nombreuses baies corses.

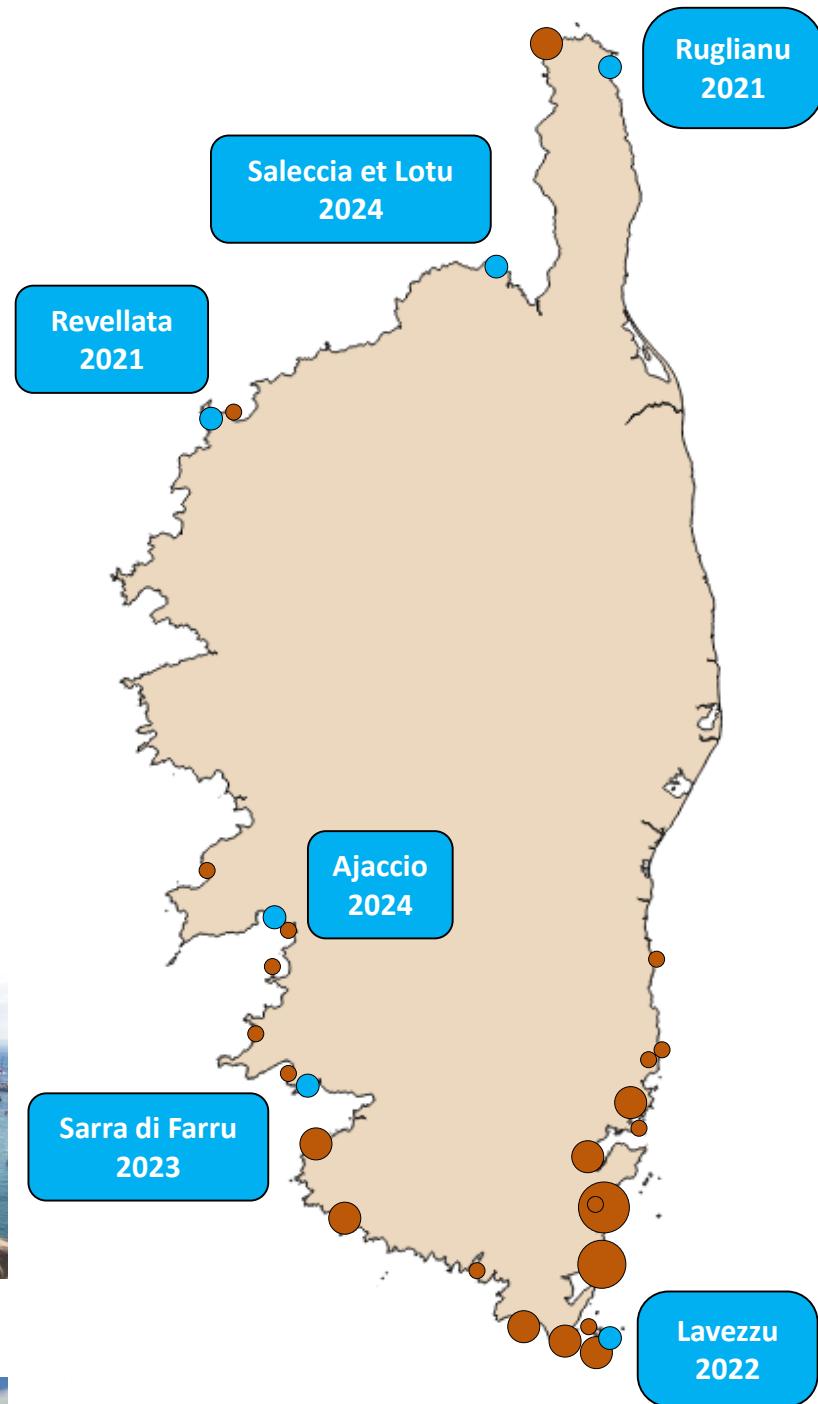
En effet, depuis l'existence de ces nouvelles réglementations, plusieurs porteurs de projet publics tels que la municipalité de Ruglianu, de Sarra di Farru, d'Ajaccio, un gestionnaire privé pour une future ZMEL en baie de la Revellata, ou encore le Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate pour la création de son observatoire des usages au niveau des plages de Saleccia et du Lotu et la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio au niveau des îles Lavezzi, ont fait appel à STARESO.



Zone de mouillage propre de l'île Lavezzi.



ZMEL de Sarra di Farru au niveau de la baie de Porto Pollo.



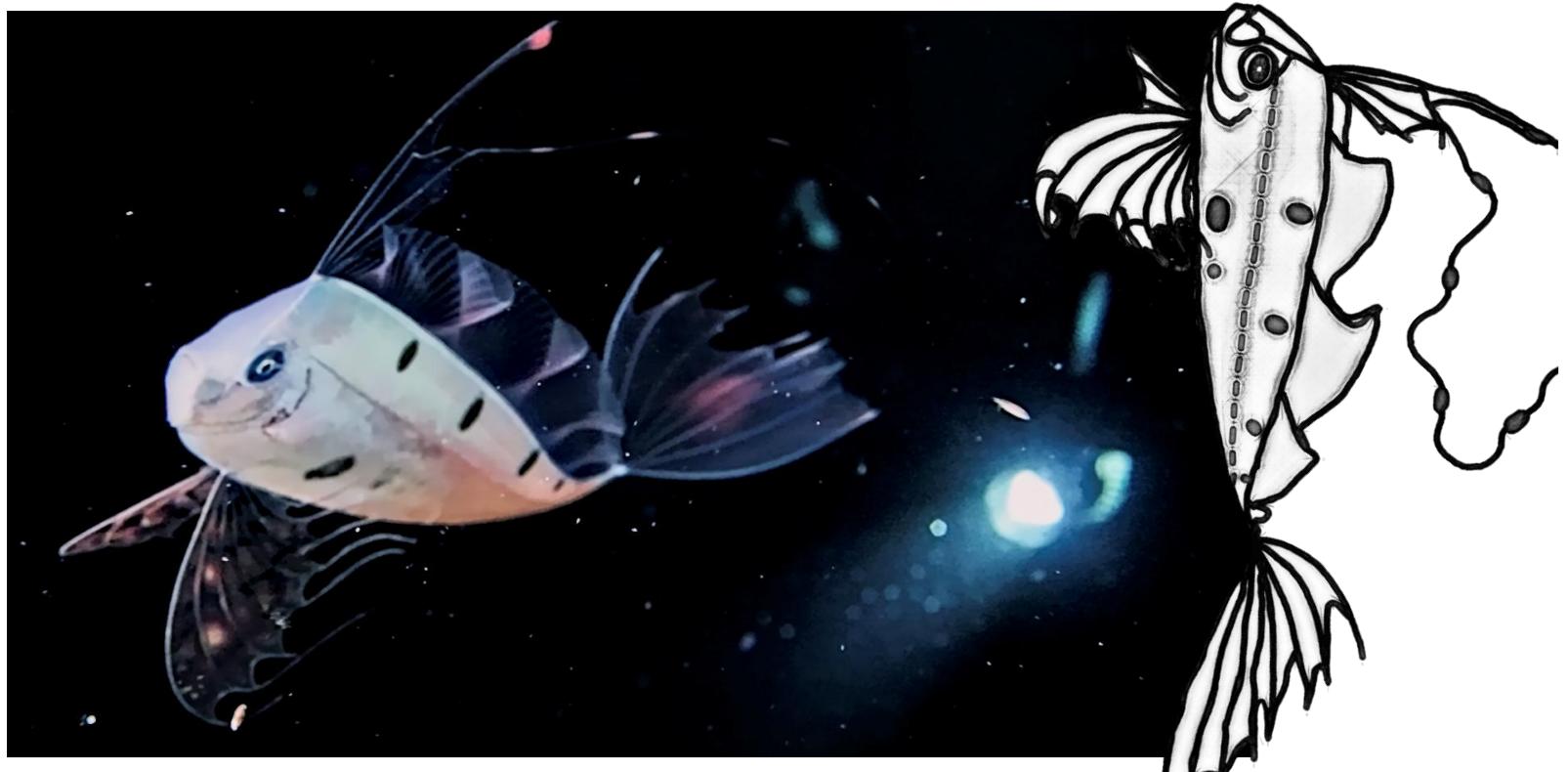
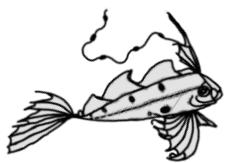
Cartographie des projets de ZMEL pour lesquels STARESO a réalisé des études de fréquentation et des études environnementales avant (en marron) et après (en bleu) la nouvelle réglementation.

42 études de fréquentation au profit de la gestion effective de la plaisance en Corse

DES OBSERVATIONS REMARQUABLES



PREMIERE OBSERVATION DE TRACHYPTERE EN CORSE



Une rencontre d'exception

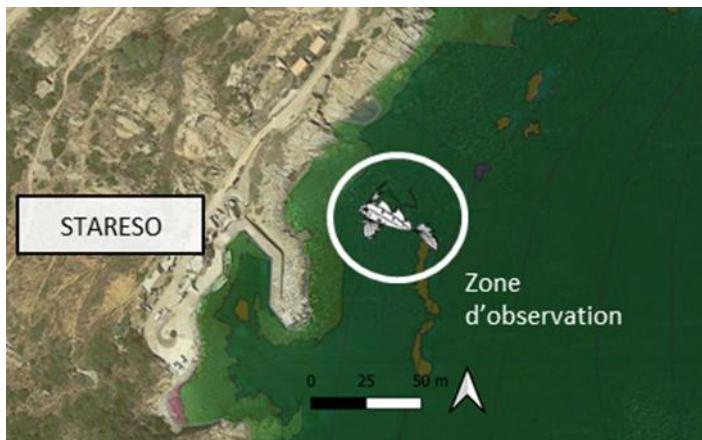
De nombreux organismes rencontrés dans la colonne d'eau sont d'aspects très variés, appartenant à un large éventail évolutif. Ces diversités de forme reflètent souvent des fonctionnalités particulières, issues d'une série d'adaptations aux conditions particulières de ce milieu. Bien qu'une grande partie des organismes marins soit décrite dans des journaux ou bases de données scientifiques, les **comportements** de nombreux organismes ne sont pas connus à ce jour faute de fréquences d'observations suffisantes *in situ*. Néanmoins la communauté scientifique s'intéresse de plus en plus à certains milieux peu explorés où des espèces relativement rares peuvent s'y trouver. Les explorations benthiques en ROV (Remotely Operated Vehicle) ont permis par exemple d'acquérir par hasard des images de comportements exceptionnels d'organismes de la colonne d'eau grâce aux

caractéristiques discrètes de ces appareils (Robison, Reisenbichler & Sherlock, 2017). Plus récemment, une vague d'enthousiasme mondiale au sein de la communauté des plongeurs avertis convainc de nombreux photographes et naturalistes à effectuer des plongées dites de «**blackwater**». Ces plongées consistent à s'immerger de nuit, généralement en pleine eau au large, avec une source lumineuse afin d'attirer ou d'observer les organismes présents dans la colonne d'eau. C'est dans un cadre similaire à celui d'une plongée blackwater qu'un **organisme** **parmis les plus rares de Méditerranée** (Macali et al., 2020) a été observé par quelques employés de la station juste à côté de STARESO dans la baie de Calvi. L'organisme en question a été identifié en tant qu'appartenant à l'espèce *Trachipterus trachypterus* (Gmelin, 1789) de son nom commun Poisson ruban.

Contexte d'observation

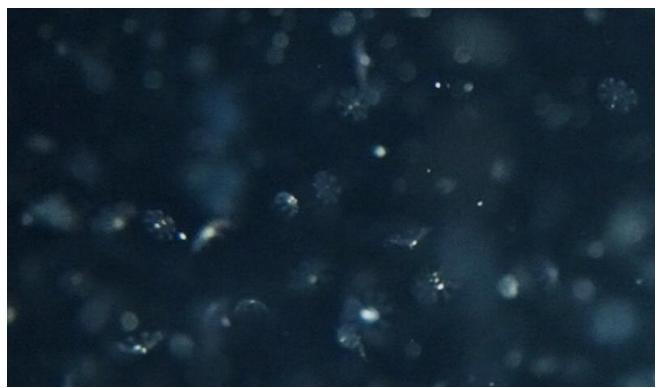
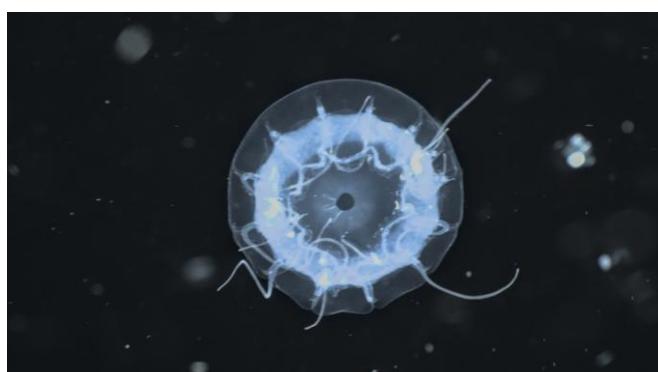
Le trachyptère a été observé, photographié et filmé par des opérateurs scientifiques en apnée :

- le vendredi 28 avril 2023,
- de nuit entre 23h23 et 23h31,
- en période de lune gibbeuse croissante, soit la phase précédent la pleine lune,
- en baie de Calvi, devant la station STARESO (Fig. A),
- à la surface entre 4 et 10 mètres de fond.



A Contexte géographique du lieu et de la zone de rencontre.

Par avis d'expertise, la diversité et l'abondance d'organismes planctoniques rencontrés au cours de cette soirée étaient exceptionnelles. Cette densité d'individus semble coïncider avec un bloom légèrement tardif. De nombreux gélatineux étaient alors présents dans la colonne d'eau ainsi que les jours précédents l'observation du trachyptère (Fig. B). Plus précisément, la densité de larves de méduses au stade ephyra le jour même de la rencontre était extrêmement importante, visibles en centaines lors de certains arrêts sur image des prises de vues vidéos. De plus, une forte concentration de *Velella velella* avait été observée dans la période d'observation du trachyptère (± 3 jours). De manière générale, le cycle lunaire a été montré comme étant un facteur déterminant des abondances et comportement du zooplancton (Macali et al., 2020).



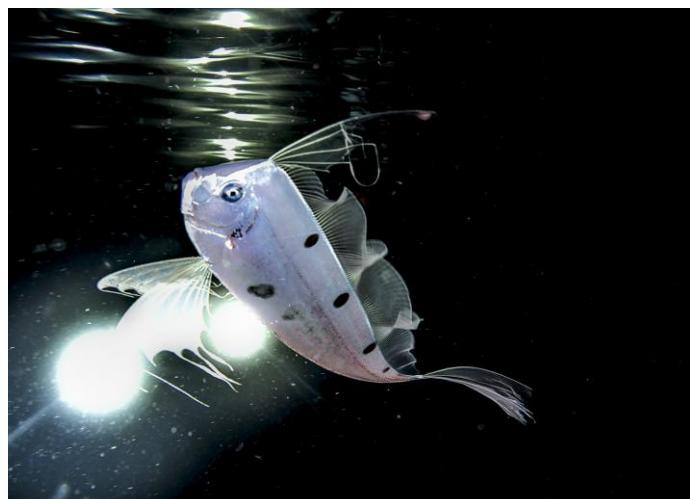
B Quelques photographies d'organismes gélatineux peu communs rencontrés la même soirée (de haut en bas) : *Forskalia edwardsii*, *Pegantha* sp., *Rhopalonema velatum* et multiples ephyra).

Description et comportement

La taille de l'individu est estimée **entre 30 et 40 centimètres de long**, ce qui correspond, selon la littérature, à un juvénile. Bien que les adultes soient principalement rencontrés en zone mésopélagique (Heemstra & Kannemeyer, 1986; Bianco *et al.*, 2006; Borme & Voltolina, 2006), les juvéniles sont parfois observés plus à la surface (Bini, 1970). La période de rencontre d'un juvénile coïncide avec les observations réalisées dans d'autres régions de Méditerranée, telles qu'en Mer Tyrrhénienne (Italie) **en avril** (Macali *et al.*, 2020) ou encore avec les observations d'échouages sur les plages entre les **mois de mars à mai** (Stipa *et al.*, 2022). Par ailleurs, les quatre points noirs observés sur l'individu pris en photo semblent être récurrents chez les juvéniles. Le trachyptère possède un corps très allongé, reflet d'une adaptation à des profondeurs importantes (Borme & Voltolina, 2006). Sa nageoire dorsale parcourt pratiquement l'ensemble de son corps jusqu'à la nageoire caudale. Ses nageoires représentent une grande surface proportionnellement à son corps lorsqu'elles sont dépliées. Les juvéniles semblent utiliser la surface large des nageoires pour dériver avec les courants (Borme & Voltolina, 2006).

Le trachyptère est resté à la surface l'intégralité de la rencontre, jusqu'à son éloignement de la côte suivi d'une immersion plus profonde empêchant de pouvoir le suivre en apnée. A l'approche du trachyptère par les plongeurs, celui-ci restait en suspend en dessous de la surface en changeant la vitesse d'ondulation de sa nageoire bien que cela n'influe pas toujours sur le déplacement de son corps dans la colonne d'eau. L'individu ne semblait **pas montrer de comportement de fuite particulier** et semblait, au contraire, être attiré par la source lumineuse émise par les phares sous-marin. Dans certaines situations, le trachyptère changeait de position dans l'espace jusqu'à s'incliner latéralement à 90°, voire totalement à l'envers (Fig. C). Il lui arrivait aussi de faire des petits déplacements sur une courte distance à des intervalles de temps irréguliers. Ces comportements ont déjà été observés par une équipe scientifique italienne sur l'île de Ponza (Macali *et al.*, 2020). Ces derniers suggèrent

que ce comportement pourrait être lié à un **mimétisme batésien** permettant au trachyptère de se faire passer pour un organisme dangereux auprès de ses potentiels prédateurs.



C Variation de positions du trachyptère juvénile dans la colonne d'eau. La caméra utilisée est quasi-parallèle au niveau de l'eau.

Trachipterus trachypterus imiterait en effet des méduses *Pelagia noctiluca* ou bien des cormidies de siphonophores. Comme le spécifient les auteurs, les **excroissances en filament** au niveau de la tête que nous avons aussi pu observer sur l'individu de la baie de Calvi (Fig. D) ne semblent pas être conservés chez les adultes. Ces structures pourraient ainsi avoir comme rôle principal de participer au mimétisme batésien afin de **limiter la prédation** sur les juvéniles de trachiptère avant qu'ils atteignent une certaine taille nécessaire à leur vie semble-t-il exclusivement **mésopélagique**.

Perspectives

Aucune documentation publiée ne témoigne de l'existence de rencontres ou même de pêche de *Trachipterus sp.* dans les eaux corses. Il semblerait ainsi que cet individu soit la première observation documentée de *Trachipterus trachypterus* (Gmelin, 1789) dans les eaux méditerranéennes de Corse, du moins

assurément documenté *in situ*, la plupart des observations mondiales étant faite par pêche ou échouage. Via le programme STARECAPMED permettant à la baie de Calvi d'être un site atelier de référence, une investigation plus approfondie sera menée en associant les observations *in situ* du trachiptère avec la série temporelle de données environnementales et planctoniques de la colonne d'eau, dans la perspective de documenter sous forme de communiqué court (*short-note*) la présence de cette espèce dans la baie de Calvi afin de contribuer à une meilleure compréhension écologique de cette espèce particulièrement méconnue.

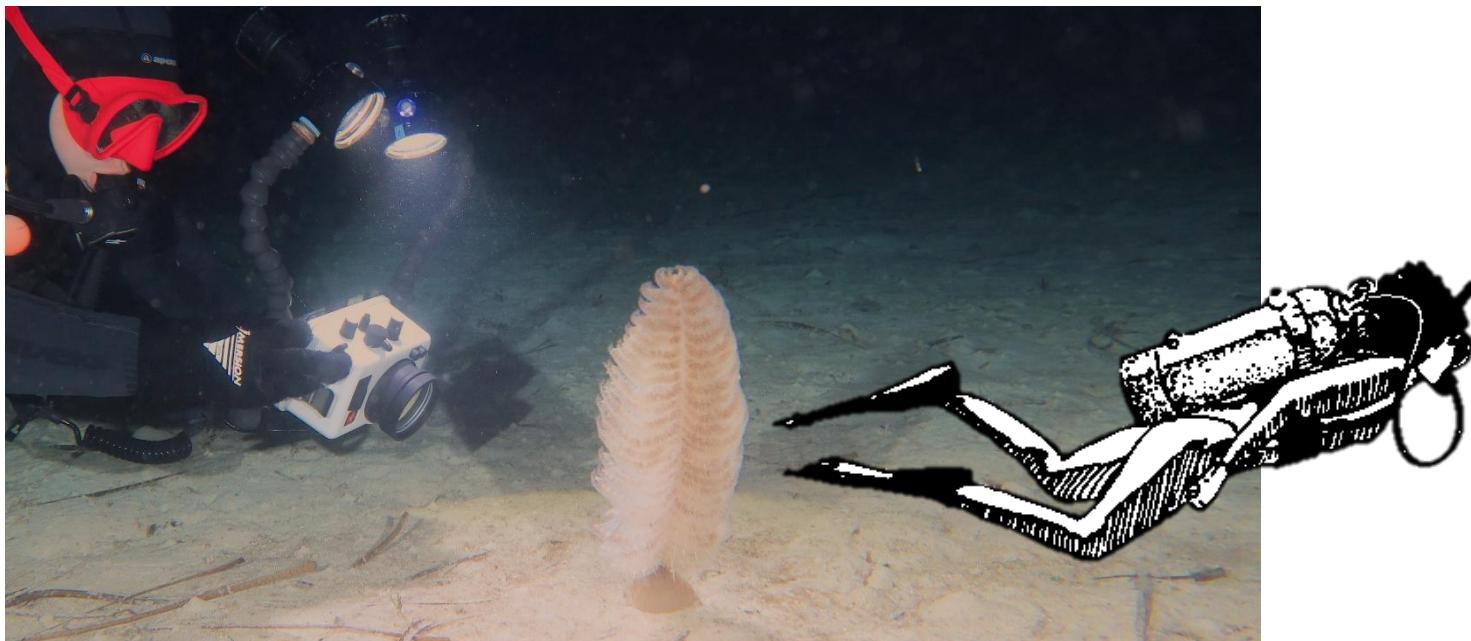
**Première observation *in situ*
du poisson
Trachipterus trachypterus
en Corse en avril 2023**



D

Capture d'écran des prises de vue vidéo du trachyptère juvénile dans la colonne d'eau. Les 4 points noirs alignés le long de la dorsale ainsi que les excroissances en filament au niveau de la tête seraient caractéristiques du stade juvénile.

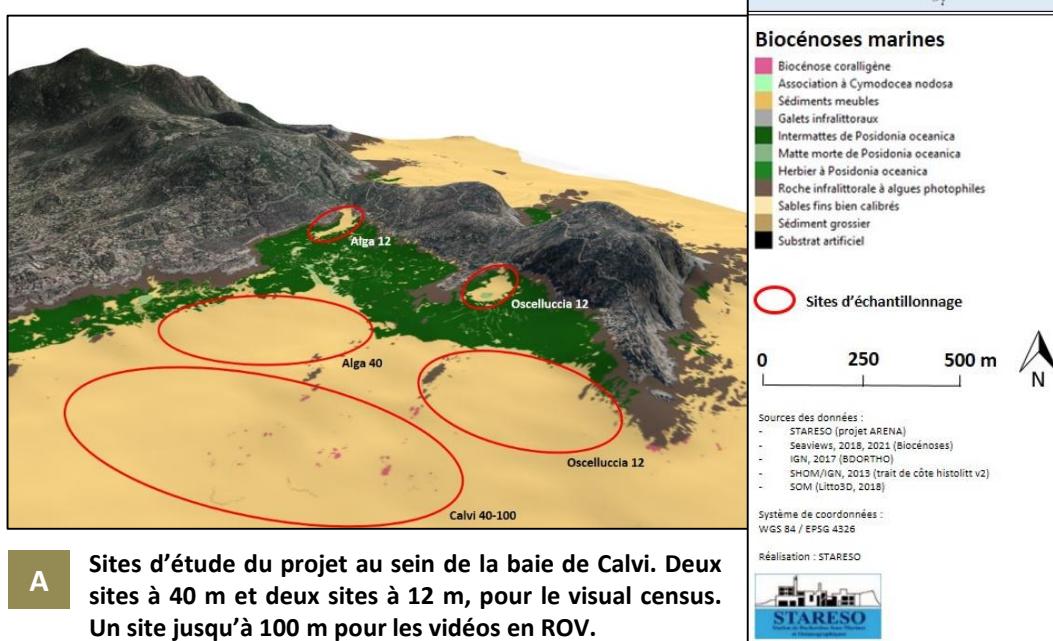
ESPECES DES FONDS SABLEUX



Des espèces remarquables observes sur les fonds sableux

Les **fonds sableux** de la baie de Calvi abritent une biodiversité remarquable. Depuis la frange littorale jusqu'à plusieurs centaines de m de profondeur, de nombreux taxons, parfaitement adaptés à cet environnement, y prospèrent. On y trouve des **espèces variées**, dotées de caractéristiques et de capacités spécifiques, leur permettant de se spécialiser pour survivre et évoluer dans cet habitat particulier. Durant longtemps, les fonds sableux furent considérés comme des milieux vides de biodiversité, peuplés uniquement d'invertébrés. Ce n'est que récemment que les scientifiques se sont intéressés à l'importance de ces fonds dans le fonctionnement global de l'écosystème marin. La STARESO fait parti de ces organismes scientifiques.

En mettant un accent particulier sur les fonds sableux, de 0 à 100 m de profondeur (Fig. A), l'équipe de plongeurs scientifiques a utilisé différents types de prospection : **suivis en visual census** (de jour comme de nuit), **suivis vidéos** à l'aide de ROVs, **suivis sonores** grâce aux hydrophones ainsi que **prélèvements d'ADN environnemental** en plongée.



A

Sites d'étude du projet au sein de la baie de Calvi. Deux sites à 40 m et deux sites à 12 m, pour le visual census. Un site jusqu'à 100 m pour les vidéos en ROV.

Les espèces observées

Une grande diversité d'espèces aux formes variées et issues de différentes familles a été recensées. Les observations nocturnes se sont avérées plus riches que celles effectuées de jour, en raison de la prédominance d'espèces nocturnes sur ces fonds. Dépourvus de cachettes ou d'anfractuosités pour échapper aux prédateurs, ces fonds ont poussé la plupart des espèces qui y habitent à adopter un mode de vie nocturne afin de rester discrètes et éviter d'être repérées. La préservation de cet écosystème est cruciale, car sa dégradation pourrait entraîner une perte significative de biodiversité.

Le rôle de « parent soignant »

Blennius ocellaris (Fig. B) fait partie de ces nombreuses espèces pour lesquelles la garde de la progéniture est confiée au mâle. Cette stratégie évolutive assure ainsi un taux de survie plus élevé des œufs. Le mâle défend vigoureusement le site de ponte contre les prédateurs et les intrus, même au détriment de son propre bien-être. Pendant leur croissance les œufs sont soigneusement ventilés et triés. Les œufs morts et moisissures sont rapidement éliminés. En revanche, une fois les œufs éclos, le mâle ne joue plus aucun rôle dans le développement des larves.



B Photo d'une *Blennius ocellaris* mâle couvant ses œufs déposés à l'intérieur d'un test d'oursin des sables. Observation en janvier, de nuit sur 40m.

Une espèce peu commune



C *Eledone moschata* observée de nuit sur le site de l'Alga à 40 m en automne 2023.

L'élédone musquée, *Eledone moschata* (Fig. C), est une espèce très présente en mer adriatique, où elle est pêchée au chalut de fond. En revanche, en Corse cette espèce n'est que peu représentée (P. Belcari et al. 2002) ce qui rend les rencontres d'autant plus enthousiasmantes. La particularité de cette espèce se trouve au niveau de ses 8 bras : par opposition au poulpe commun, *Octopus vulgaris*, l'élédone ne possède qu'une seule rangée de ventouses. Un liseré bleuté est également visible sur les bords du manteau.



L'espèce emblématique des fonds sableux

Le rason (*Xyrichtys novacula*) (Fig. D1) est l'espèce qui représente le mieux les fonds sableux corses. Il est inféodé à ces fonds en raison de plusieurs facteurs liés à son mode de vie. Morphologiquement adapté, il possède un corps comprimé et une tête pointue lui permettant de s'enfouir rapidement dans le sable pour échapper aux prédateurs et se camoufler. Ainsi il est l'une des rares espèces diurne de cet habitat (Alós et al. 2012). Les fonds sableux lui fournissent également une source abondante de nourriture (Cardinale et al. 1997), notamment des invertébrés benthiques. Les caractéristiques du milieu sableux lui permettent d'exercer un comportement territorial et de disposer de harems (Cardinale et al. 1998). En choisissant cet habitat, le rason minimise la compétition avec d'autres espèces vivant sur des substrats rocheux ou d'herbiers.

Une espèce inféodée

L'Uranoscope (*Uranoscopus scaber*) (Fig. D2) est également capable de s'enfouir dans le sable. Il utilise ses nageoires pectorales pour creuser et s'enterrer. Seul ses yeux et sa bouche sont alors visibles. Une fois camouflé, il se sert de son appendice mandibulaire, semblable à un vers, pour leurrer les poissons de passage. C'est une espèce venimeuse appartenant à la famille des vives (Bruce et al., 2016). Son venin, présent dans les nageoires dorsales et pectorales, provoque une douleur intense mais n'est pas mortel pour l'Homme.

Une espèce rare

Prédateur opportuniste, la raie lisse (*Raja asterias*) (Fig. D3) se nourrit de crustacés, mollusques et petits poissons. Chez les elasmobranches, les proies sont localisées grâce à des narines sensibles appelés ampoules de Lorenzini (Broun et al. 1978). Une fois sa proie détectée, elle la recouvre de tout son corps en formant un piège inéluctable. Sa mâchoire puissante, équipée de dents adaptées, lui permet de broyer les coquilles des mollusques ou les carapaces des crustacés avant de les avaler. Ovipare, elle pond des œufs encapsulés qui se développent sur le fond marin.



1



2



3

D Photographies d'organismes remarquables rencontrés lors des plongées sur fond sableux (de haut en bas) : *Xyrichtys novacula* (1), *Uranoscopus scaber* (2) et *Raja asterias* (3).

Les Ophichthidae



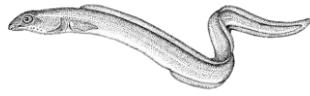
E Photo de *Ariosoma balearicum* observé de nuit, en février 2024, sur le site de l'Osseuccia, à 12 m.



F Photo de *Apterichtus caecus* observé de nuit, en janvier 2024, sur le site de l'Alga, à 12 m.



G Photo de *Ophisurus serpens* observé de nuit, en août 2023, sur le site de l'Alga, à 12 m.



Le congre des baléares (*Ariosoma balearicum*) (Fig. E), bien que présent en Méditerranée, est une espèce cryptique qui peut facilement passer inaperçue. Seuls ses yeux et son museau peuvent rester visibles, ce qui lui permet de rester à l'affût de ses proies. Chassant la nuit, c'est uniquement lors de ses expéditions nocturnes que l'espèce est visible hors de son terrier. C'est la proie prévalente du grand dauphin *Tursiops truncatus* (Scheinin et al. 2010). Elle ne possède pas d'importance d'un point de vue commercial (FAO).

À ne pas confondre avec *Apterichtus anguiformis* présent en Sardaigne et très proche morphologiquement (Mura et al. 2016), *Apterichtus caecus* (Fig. F) est une espèce d'Ophichthidae très discrète. Les membres du genre *Apterichtus* sont rares et peu connus des points de vue taxonomique et biologique (Erguden et al. 2017). Pouvant atteindre 60 cm de longueur, cette espèce est la plus grande du genre (Hibino et al. 2018). L'**anguille-serpent aptère** se déplace sous le sable, laissant derrière elle des traces caractéristiques.

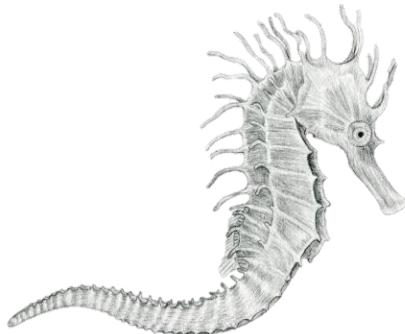
Avec son corps serpentiforme atteignant une longueur maximale de 2 à 2,5 m, *Ophisurus serpens* (Fig. G) fait partie des anguilles les plus grandes de la Méditerranée. Peu d'informations précises sont disponibles sur sa reproduction, mais comme beaucoup d'anguilles, il pourrait avoir un cycle reproductif lié à une migration vers des eaux plus profondes pour pondre (Sallami et al. 2020). Comme les espèces précédentes, celle-ci est également nocturne. Ses pupilles sont capables de s'adapter à la lumière environnante. Dilatée la nuit, elles deviennent fines voire quasiment absentes en présence de lumière.

Les Syngnathidae

Cette famille regroupe des poissons au corps allongé et souvent rigide, dotés d'une anatomie unique, comme un museau tubulaire adapté à l'aspiration de proies microscopiques (Manning et al. 2019). Chez ces poissons, ce sont les mâles qui portent les petits, ce qui est une des caractéristiques principales de la famille (Wilson et al. 2011). Lors des plongées réalisées par l'équipe de la STARESO, deux espèces de cette famille ont été observées.

L'hippocampe moucheté, *Hippocampus guttulatus* (Fig. H), mesure entre 12 et 15 cm. Il se distingue par ses nombreuses excroissances cutanées, filaments dermiques, sur la tête et le corps. Ces filaments lui permettent de se camoufler efficacement parmi les algues et les herbiers. *Hippocampus guttulatus* est présent le long de la côte atlantique, depuis le Royaume-Uni, l'Irlande et les Pays-Bas jusqu'à la mer Méditerranée (Gristina et al. 2014). Sa couleur peut varier du brun au jaune, parfois avec des mouchetures blanches.

Mesurant entre 15 et 25 cm, *Syngnathus tenuirostris* (Fig. I) est la seconde espèce rencontrée lors de ces plongées. Doté d'un rostre particulièrement fin et allongé qui le caractérise, il présente une coloration brunâtre à verdâtre qui lui permet de se camoufler dans son habitat. Vivant au sein de la végétation poussant sur le substrat meuble, cette espèce est inféodée aux fonds sableux.



H Photo de *Hippocampus guttulatus* observé de nuit, en octobre 2023, sur le site de l'Alga, à 40 m de fond.



I Photo d'une *Syngnathus tenuirostris* observé de nuit, en aout 2023, sur le site de l'Oscelluccia, à 40 m de fond.

Leurs observations sont particulièrement rares, notamment pour l'hippocampe moucheté, qui n'est pas spécifiquement ciblé par les activités de pêche. En revanche, il est principalement menacé par les captures accidentelles dans les engins de pêche tractés et par sa sensibilité à la dégradation de son habitat (Woodall et al. 2011). Les deux espèces étant mentionnées dans l'annexe II de la convention de Berne de 1979, il est notamment interdit toutes formes de capture intentionnelle, de détention et de mise à mort intentionnelle.

Le poisson thermomètre



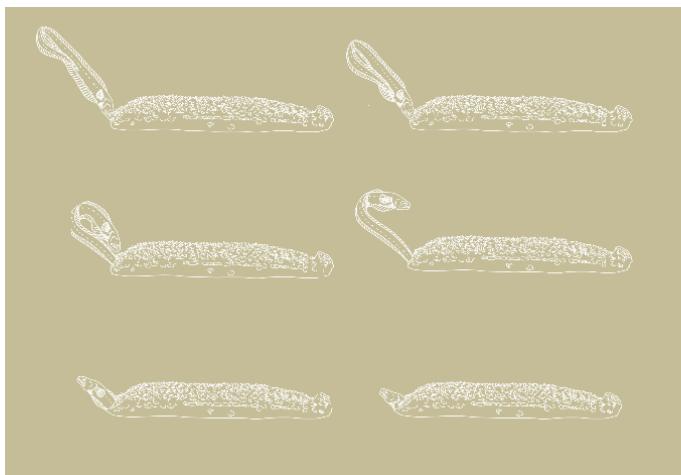
J

Poisson thermomètre, *Carapus acus*, observé de nuit hors de son hôte, correspondant souvent à un invertébré, sur une tâche de *Caulerpa racemosa*.

Première
observation *in situ*
de l'espèce en août
2023

Carapus acus, également appelé poisson-thermomètre (Fig. J), est une espèce symbiotique appartenant à la famille des Carapidae. Rencontré de nuit en fin d'été au sein de la baie de Calvi. Cet individu mesure entre 15 et 20 cm de long et présente un corps fin, allongé et partiellement transparent, ce qui le rend difficile à repérer dans son environnement naturel. Ce poisson est particulièrement connu pour son commensalisme, souvent avec des invertébrés marins tels que les holothuries, les étoiles de mer ou les bivalves (Parmentier et al. 2003). Il utilise l'orifice anal de ses hôtes pour pénétrer à l'intérieur de l'arbre branchial ou du cœlome et s'y abriter (Martines et al. 2024) (Fig. K).

C. acus n'est pourtant pas considéré comme un parasite au stade adulte, car il cause peu ou pas de dommages à son hôte, bien qu'il puisse parfois se nourrir de tissus internes, ou des gonades de certains holothuries au stade juvénile. Ce mode de vie offre une protection efficace contre les prédateurs et permet à *C. acus* d'exploiter les restes alimentaires ou les débris présents à l'intérieur de son hôte (Fig. L). Peu d'informations sont à ce jour disponibles pour cette espèce. On suppose que *C. acus* sort de son hôte lors de sa période de reproduction, en été, bien que celle-ci puisse se faire directement à l'intérieur de l'hôte (Trott et al. 1981).

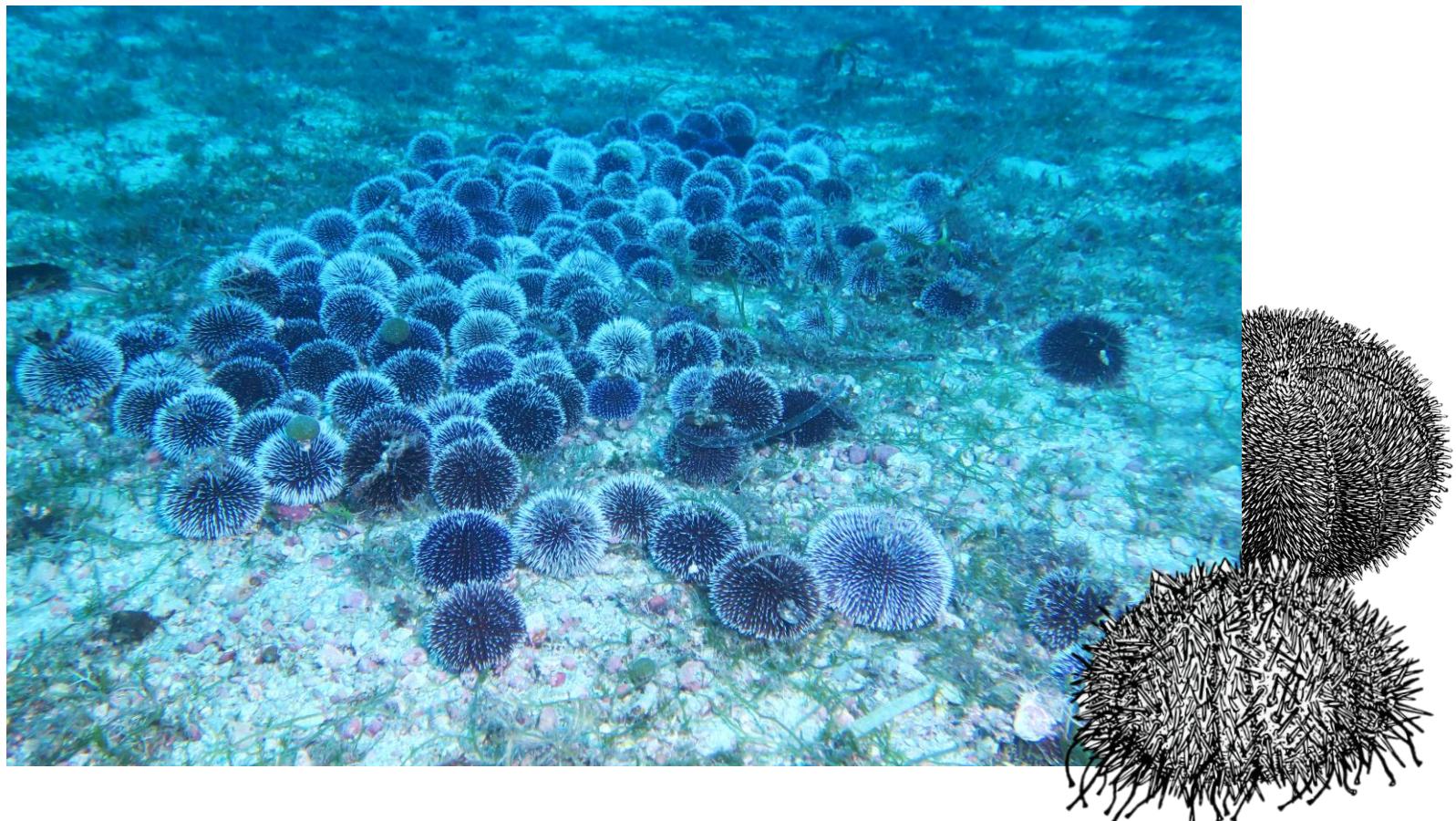


K Technique adoptée par *Carapus acus* pour se réfugier à l'intérieur d'une holothurie.



L *Holothuria tubulosa*, l'hôte de *Carapus acus*, rencontrée de nuit, sur fond sableux à une dizaine de m de profondeur.

AGRÉGATIONS D'OURSINS GRANULEUX SUR FOND DE RHODOLITHES



L'oursin granuleux *Sphaerechinus granularis* (Lamarck, 1816) est un échinoderme présent en Méditerranée (Tortonese 1965), ainsi que dans l'Atlantique Est, des côtes françaises de la Manche jusqu'au golfe de Guinée (Köhler 1921). On le trouve de la zone intertidale jusqu'à 130 m de profondeur (Cherbonnier 1958) dans des habitats variés. L'oursin granuleux consomme principalement des algues corallines encroûtantes sur les roches (Verlaque 1981,

Sartoretto & Francour 1997). Une seule période de reproduction, au printemps, a été observée (Guillou & Michel 1993, Guillou & Lumingas 1998). **Sa densité est variable, mais rarement élevée.** Des densités supérieures à 50 individus/m² ont cependant été observées au sud de la Bretagne (Martínez-Pita 2008).

Ces densités correspondent à ce qui a été observé en baie de Calvi sur un substrat constitué de rhodolithes.



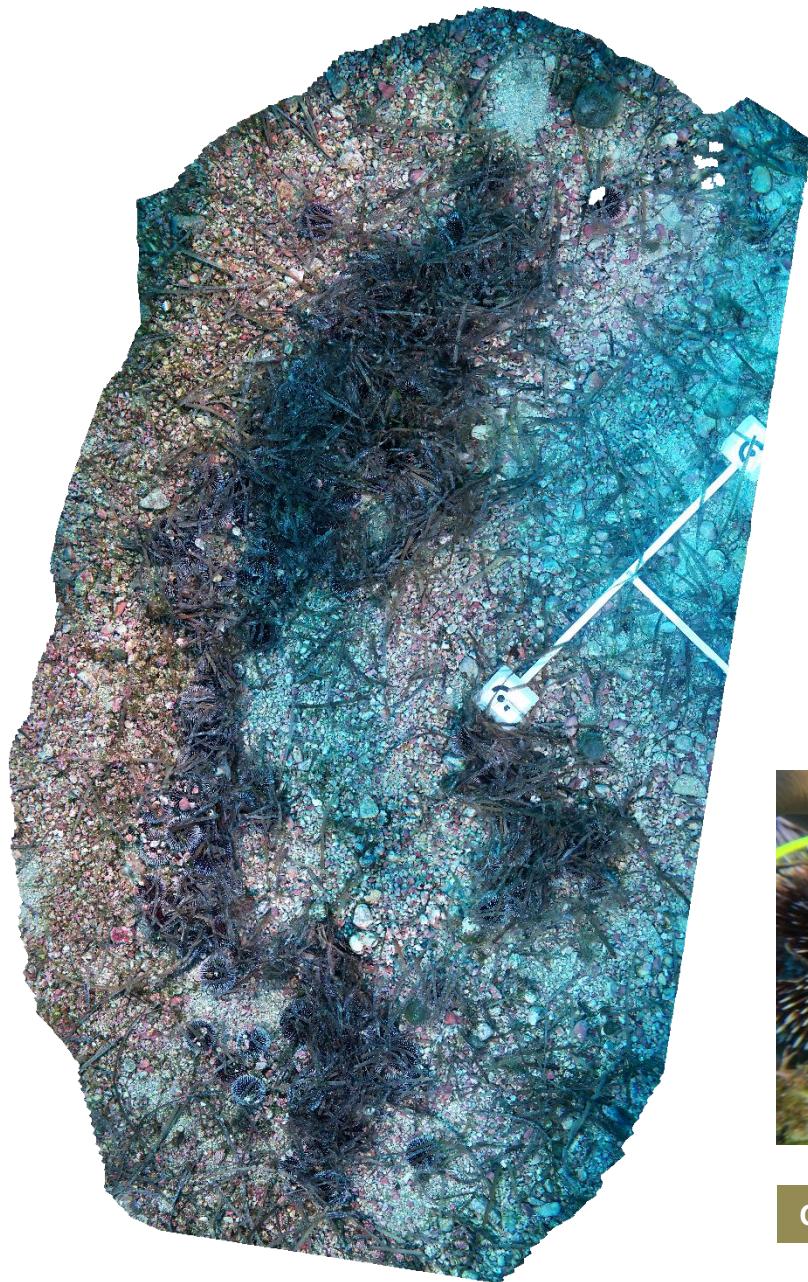
Contexte d'observation et description

Des plongées réalisées en baie de Calvi au niveau de la pointe de la Revellata à 32 m de profondeur, dans le cadre de recherches sur les fonds de rhodolithes et de maërl, ont révélé la présence d'agrégats de plusieurs dizaines d'oursins granuleux par m^2 en contact les uns avec les autres et parfois même superposés (Fig. A). Ces agrégats sont constitués d'individus adultes (test > 8 cm) (Fig. C).



A

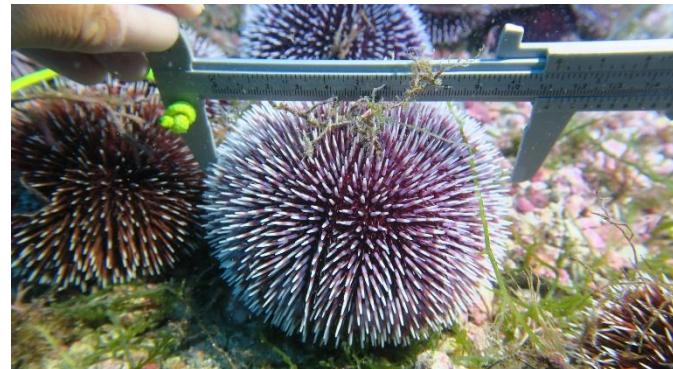
Agrégat d'oursins granuleux *S. granularis* à 32 m de profondeur au niveau de la pointe de la Revellata (baie de Calvi, Corse).



B

Orthophotogrammétrie d'un agrégat de *S. granularis* recouvert de litière de posidonie, avec la présence d'une mire permettant d'évaluer les distances.

Ces regroupements peuvent créer des amas pouvant mesurer plus d'un m de long (Fig. B). Ces agrégats ont été observés à plusieurs reprises lors de différentes plongées, à quelques semaines d'intervalle, à l'automne 2024.



C

Prise de mesure du diamètre du test d'un individu de *S. granularis* par un plongeur scientifique à l'aide d'un pied à coulisse.

Un comportement alimentaire

Différentes hypothèses peuvent expliquer un tel comportement. En effet, ces agrégats pourraient être dû à un comportement reproducteur, ou bien être liés à un comportement alimentaire. Des agrégats de *S. granularis* ont en effet été étudiés en 2020 en Toscane (Italie) au niveau de l'île de Giglio (Unger & Lott 2020). Ces fortes densités d'oursins granuleux avaient été observés sur des fonds à rhodolithes, comme c'est le cas des observations faites en baie de Calvi (Fig. E2), ainsi que sur des rochers recouverts d'algues. Ces deux habitats fournissent une ressource alimentaire de qualité pour l'espèce. Les individus y étaient restés groupés durant plusieurs semaines, comme cela a également été observé en baie de Calvi (Fig. D). Unger & Lott avaient tenté d'induire artificiellement des pontes en leur administrant des injections de chlorure de potassium (KCl), sans grand succès. Ils ont ainsi estimé que les gonades n'étaient pas à maturité et que ces agrégats résultait d'un comportement alimentaire. Unger & Lott (2020) ont également observé des agrégations d'individus de *S. granularis* liées à un comportement reproducteur, sur fond sableux, sans nourriture disponible. Ces agrégats ne restaient formés qu'un à deux jours, et les pontes étaient facilement induites et importantes après injection de KCl.



D Individus de *S. granularis* observés groupés durant plusieurs semaines.

D'après ces résultats, les agrégats d'oursins granuleux observés en baie de Calvi semblent être la conséquence d'un comportement alimentaire. Pour confirmer cette hypothèse, les plongeurs scientifiques de STARESO ont ramené en laboratoire quelques individus issus des agrégats (Fig. E1), qui ont été soumis à un choc mécanique et thermique, afin d'observer si une ponte était induite par ce stress. Les injections de KCl n'ont pas été utilisées car potentiellement mortelles pour les individus injectés (Gago & Luís 2011). Aucune gamète n'a été émise par les individus prélevés (Fig. E3), ce qui sous-tend l'hypothèse du comportement alimentaire et non reproducteur. Les oursins prélevés ont ensuite été rapatriés sur leur lieu de prélèvement.



E Plongeur scientifique au niveau d'un agrégat (1). Agrégats d'oursins granuleux observés sur fond de rhodolithes (2). Individus de *S. granularis* en laboratoire (3).

Un « tapis roulant » parcourant le substrat de rhodolithes

Les plongeurs scientifiques de STARESO ont également immergé une caméra GoPro durant quelques heures au niveau d'un agrégat afin de découvrir le comportement des individus *in situ*. Une vidéo en time laps permet d'observer un déplacement de cet agrégat dans un même sens, avec les individus à « l'arrière » passant sur les autres spécimens pour se retrouver à « l'avant » de l'agrégat, induisant un déplacement à la manière d'un tapis roulant (Fig. F). Des individus dispersés à l'écart de l'amas s'en rapprochent pour le rejoindre. Aucune libération de gamètes n'est observée sur la vidéo. Le comportement ainsi observé appuie donc l'hypothèse, tout comme l'expérience de stress en laboratoire, d'une activité alimentaire sur substrat de rhodolithes. Les individus amassés étaient parfois recouverts de litière de posidonie (Fig. G), potentiellement utilisée comme protection contre les prédateurs, et parce que disponibles sur ce banc de rhodolites situé en limite inférieure d'herbier de posidonie. La vidéo observée *in situ* a permis d'observer le passage d'une raie pastenague *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758) d'environ un mètre de long à proximité immédiate de l'agrégat (Fig. G). Des lièvres de mer *Aplysia sp.* y ont également été observés par les plongeurs.

F Agrégat d'oursins granuleux se déplaçant à la manière d'un tapis roulant, les individus à l'arrière passant par-dessus les autres pour se retrouver à l'avant.



G Raie pastenague *Dasyatis pastinaca*, filmée par la caméra GoPro laissée *in situ*, se déplaçant au niveau des agrégats de *S. granularis*.

Les agrégats d'oursins granuleux seraient présents sur champs de rhodolithes pour la ressource alimentaire qu'ils fournissent. Une étude approfondie de ces substrats permettrait de le confirmer et d'analyser les potentielles espèces qui leur sont associées

ARÈNES DE PICARELS



Les picarels, *Spicara smaris* (Linnaeus, 1758) (Fig. B), aussi appelés jarrets sont des poissons benthopélagiques retrouvés en Méditerranée, mer Noire et sur la côte Atlantique du Portugal au Maroc et jusqu'aux îles Canaries et à Madère (Froese & Pauly 2023). Cette espèce est bien connue des pêcheurs, puisqu'elle faisait l'objet de

pêche artisanale en baie de Calvi jusque vers la fin des années 90 (Fig. A).

Lors de la période de reproduction, du printemps, en Méditerranée, jusqu'à l'automne selon la localité (Deter et al. 2024, Karlou-Riga et al. 2010 et 2020), les individus se rassemblent en grand nombre sur fond sableux en bordure d'herbier de posidonie. Les mâles, qui arborent alors une livrée nuptiale plus colorée, creusent des nids en forme de cuvette hexagonale dans lesquels les femelles viendront pondre. Les mâles protègent les œufs avant de quitter la zone pour aller se nourrir après l'incubation (Harmelin & Harmelin-Vivien 1976).



A Pêche au jarret à Calvi, STARESO 1989. Source INA.



B *Spicara smaris* en livrée nocturne.

Cette stratégie de reproduction est connue depuis plusieurs décennies mais n'avait été décrite, avant cette année, que dans quatre sites de la côte Méditerranéenne continentale française (Harmelin & Harmelin-Vivien 1976, Andromède Océanologie 2011).

Une zone d'intérêt à suivre

Dans le cadre de prospections en baie de Calvi effectuées en ROV (Remotely Operated Vehicle) (Fig. G), l'équipe de STARESO a découvert le 24 mai 2024 des arènes de picarels à 44 m de profondeur sur substrat sableux (Fig. F). La présence de faisceaux lasers sur le ROV a permis d'estimer la taille des nids entre 40 et 60 cm de diamètre (Fig. G).

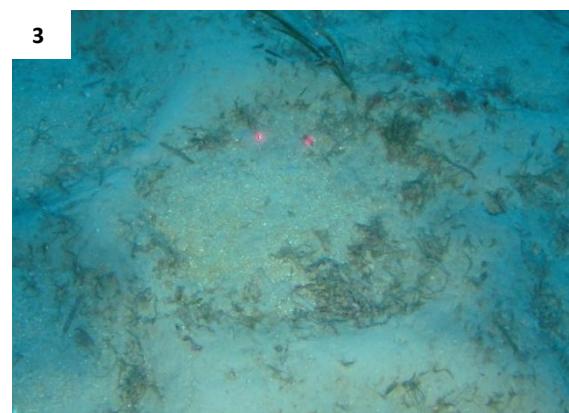
Aucun individu de *Spicara smaris* n'a été observé sur le site durant les prospections, les individus ayant probablement rejoint leurs zones d'alimentation après la période d'incubation. Cette découverte ayant été faite fin mai, cela concorde avec les observations de colonies faites sur la côte est de la Corse, avec des individus présents dans les arènes en mai, et les arènes complètement disparues dès début juin (Deter et al. 2024).



F Photo des arènes de picarels en baie de Calvi prise par le ROV à 44 m de profondeur.

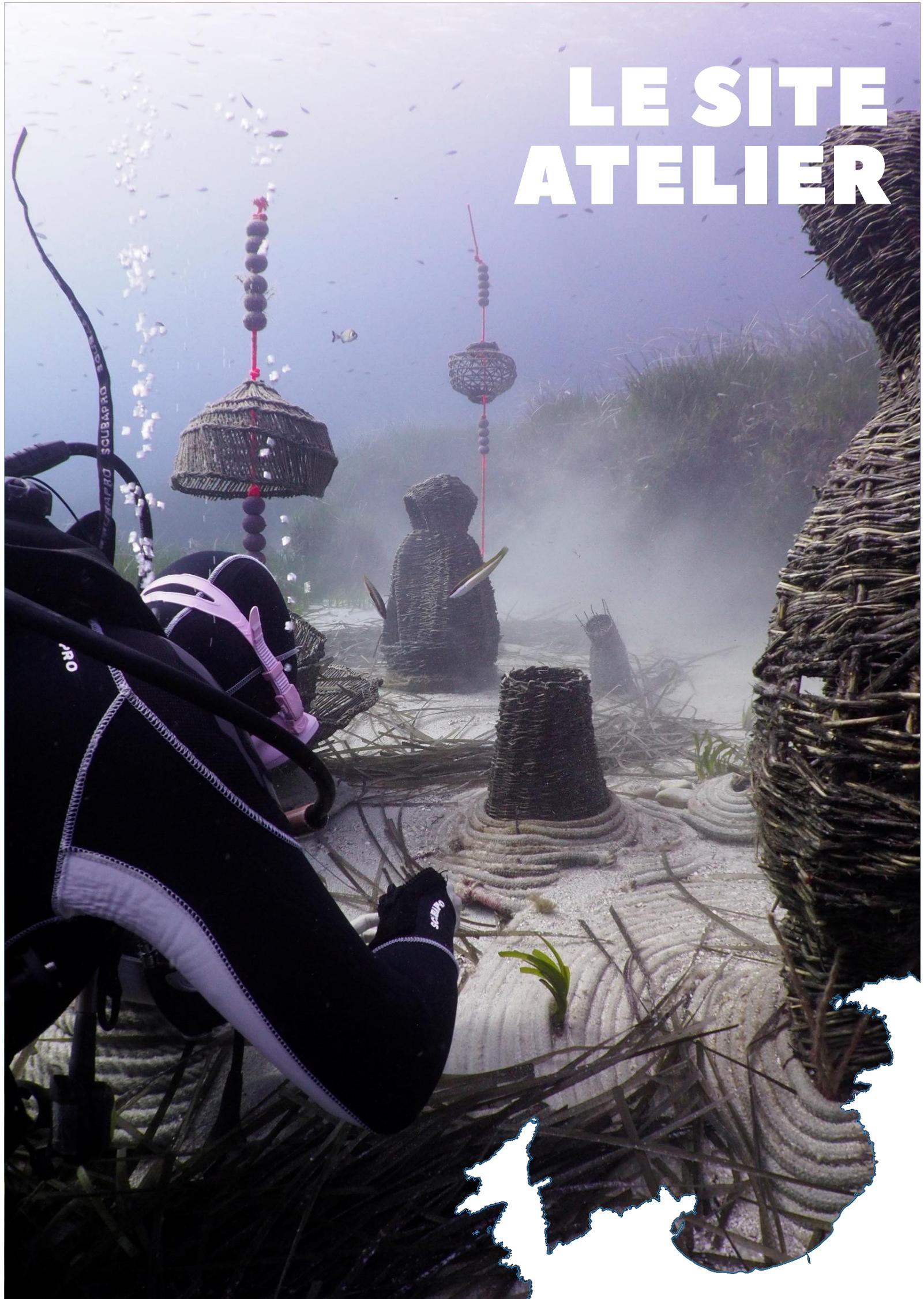
Un suivi sera donc réalisé par STARESO en 2025 dès le début de la période de reproduction, début de printemps, pour identifier si cette zone est à nouveau utilisée par les picarels pour se reproduire et quelle est la période de reproduction exacte.

Arènes de picarels *Spicara smaris* observées en baie de Calvi à 44 m de profondeur en mai 2024



G Opérateur surface de STARESO pilotant le ROV *in situ* depuis le bateau (1). ROV utilisé pour l'observation des arènes de picarels (2). Faisceaux lasers du ROV ayant permis d'estimer la taille des nids (3).

LE SITE ATELIER



LE SITE ATELIER



La notion de site atelier réfère à une dynamique de **synergie vertueuse** dans laquelle les chercheurs extérieurs peuvent bénéficier d'un site de référence pourvu d'un ensemble de suivis réguliers et de la mise en commun de séries temporelles, tout en participant à l'enrichissement des connaissances sur les écosystèmes marins ainsi que leurs interactions avec les facteurs extérieurs dont les pressions anthropiques. Par conséquent, cette dynamique contribue également indirectement à l'enrichissement du projet STARECAPMED.

Les thématiques de recherches réalisées sur le site atelier STARECAPMED par les chercheurs et équipes extérieures à la station sont très diversifiées. Une sélection de tels travaux réalisés en 2024 et auxquels le projet STARECAPMED a donc contribué, que ce soit techniquement et/ou scientifiquement, sont présentés ci-après.

Sélection d'aspects présentés

**LE DEPLOIEMENT
INEDIT D'UN ROBOT
SOUS-MARIN**

**SAVOIRS LOCAUX,
ARTS ET SCIENCES**

**25 ANS DE RECHERCHE
AVEC LA CALIFORNIE**

**ETUDE DES FACULTES
COGNITIVES**

LE DEPLOIEMENT INEDIT D'UN ROBOT SOUS-MARIN AUTONOME (AUV)

En mai 2024, des prototypes inédits de robots sous-marins autonomes développés par la société Seaber en collaboration avec l'unité Marbec, Spygen, l'anr et l'Agence de l'Eau ont été déployés pour la première fois au monde en milieu naturel dans la baie de Calvi via STARESO. Les tests ont notamment permis à ces prototypes, capables de naviguer de façon autonome jusqu'à 400 m de fond en suivant un parcours prédéfini, d'explorer les fonds proches du canyon sous-marin de Calvi. Ces drones sous-marins, uniques au monde, se distinguent par leur capacité à embarquer une large gamme de capteurs, incluant des sonars pour la création de cartographies fines, ainsi qu'un système de filtration de l'eau destiné à collecter l'ADN environnemental tout au long de leur trajet.



UN PROJET MELANT SAVOIRS LOCAUX, ARTS ET SCIENCES

Le projet interdisciplinaire « Syntopolis » explore la restauration des herbiers de *Posidonia oceanica* en Méditerranée, souvent négligée au profit de la conservation des récifs coralliens. S'inscrivant dans une thèse doctorale nommée « SymbiOcean » menée à l'Université de Zurich et l'université d'Art de Linz, ce projet propose une approche novatrice combinant savoirs locaux, art et sciences pour sensibiliser sur la préservation de la biodiversité marine. Des structures construites en fibres biodégradables en collaboration avec des artisans locaux et des chercheurs en biologie marine ont été immmergées au niveaux de tâches de sable entre les herbiers afin de favoriser la régénération naturelle de ces herbiers.



Universität Zürich

kunstuniversität linz
Universität für künstlerische und industrielle Gestaltung



25 ANS DE RECHERCHE AVEC LA CALIFORNIE

Depuis les années 90, le laboratoire d'évolution et d'écologie des traits reproductifs de l'Université de Santa Cruz en Californie mène des recherches en baie de Calvi, en collaboration avec STARESO. Des études expérimentales en laboratoire et des observations *in situ* en plongée sont réalisées afin d'étudier l'évolution et le comportement reproductif du labre ocellé, un poisson dont les populations présentent une organisation sociale complexe et singulière. Ces travaux d'écologie fondamentale ont donné lieu à une vingtaine de publications depuis 2000, incluant plusieurs thèses, dont la dernière soutenue en 2024 (Kustra 2024).



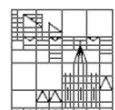
UC SANTA CRUZ



L'ETUDE DES FACULTES COGNITIVES DU REGNE ANIMAL

L'institut du comportement animal Max Planck, hébergé par l'Université de Constance en Allemagne étudie les facultés cognitives du règne animal, en particulier des poissons, dans le monde entier incluant des sites tels que le Lac de Tanganika en Afrique, les récifs tropicaux en Indonésie, à Osaka au Japon mais aussi en baie de Calvi en Corse via STARESO (e.g. Francisco et al. 2020, Goverts et al. 2021). Les chercheurs adoptent une approche globale, combinant la considération des mécanismes neurobiologiques et génétiques proches du comportement social avec des études écologiques sur l'influence sociale et le comportement.

Universität
Konstanz



MAX PLANCK INSTITUTE
OF ANIMAL BEHAVIOR



SENSIBILISATION, COMMUNICATION



Evènements de sensibilisation

En 3 ans, STARESO a animé ou participé à l'animation de **44 évènements de sensibilisation** au milieu marin répartis sur **8 communes corses** différentes grâce à un contenu pédagogique et une expertise alimentés en partie par les travaux réalisés dans le cadre de STARECAPMED.



2022

- **21 mai** : Stand de sensibilisation au Salon du nautisme et de la pêche « MARE VIVU », à l'Ile Rousse.
- **11 juin** : Stand de sensibilisation pour le Water Safety Day, à Calvi.
- **27 juin** : Stand de sensibilisation lors des journées nationales des Sauveteurs en Mer (SNSM), au Port de Calvi.
- **30 juin** : Stand de sensibilisation pour l'accueil des élèves du Lycée Laetitia Bonaparte d'Ajaccio, à STARESO, à Calvi.
- **27 juillet** : Stand de sensibilisation à la Fête de la mer / Mar'in Festa, à Lumio, Marine de Sant Ambroggio.
- **10 septembre** : Stand de sensibilisation au Forum des associations, au Complexe sportif de Balagne, à Calvi.



~ 2000 personnes touchées en présentiel rien qu'en 2023

2023

- **16 mai** : Stand de sensibilisation et visite de STARESO pour les élèves de l'École primaire Olmi Capella, à Calvi.
- **11 mai** : Stand de sensibilisation, Cap Mer, à Belgodère.
- **25 mai** : Stand de sensibilisation, « Mer en fête », auprès des scolaires, sur le bateau de Corsica Linea, à Bastia.
- **4 juin** : Stand de sensibilisation pour l'accueil des élèves du collège de Porto-Vecchio.
- **16 juin** : Stand de sensibilisation et visite de STARESO pour le Service National Universel (SNU), à STARESO, Calvi.
- **17 juin** : Stand de sensibilisation pour le Water Safety Day, à Calvi.
- **19 juin** : Stand de sensibilisation à l'école primaire de Belgodère.
- **24 juin** : Stand de sensibilisation lors des journées nationales des Sauveteurs en Mer (SNSM), au Port de Calvi.
- **29 juillet** : Stand de sensibilisation à la Fête de la mer / Mar'in Festa, à Lumio, Marine de Sant Ambroggio.
- **11 octobre** : Fête de la Science avec journée portes ouvertes à STARESO.
- **20 au 22 octobre** : Stand de sensibilisation et tables rondes au Festival Green Orizonte, à Calvi.
- **22 octobre** : Stand de sensibilisation et conférence lors du Séminaire du réseau des espèces invasives « ALIEN CORSE », à STARESO, Calvi.
- **13 novembre** : Visite de STARESO pour les étudiants du Master Gestion Intégrée du Littoral et Valorisation Halieutique de l'Université de Corse, à Calvi.
- **30 novembre** : Débat et table ronde sur le thème « La mer Méditerranée, défis et solutions pour un avenir durable », à l'Université de Corse, à Corte.
- **02 décembre** : Débat, exposition photographique et table ronde lors de « La mer en débat, escale de Bastia », Bastia.

2024

- **17 février** : Conférence sur le changement climatique dans la salle communale de Lumio, pour le grand public.
- **20 mars** : Stand de sensibilisation à STARESO pour le collège Jean-Félix Orabona.
- **21 mars** : Stand de sensibilisation à STARESO pour l'école élémentaire Bariani à Calvi.
- **22 mars** : Stand de sensibilisation à STARESO pour les élèves de l'école élémentaire de Urtaca.
- **4 avril** : Conférence et stand de sensibilisation au collège Léon Boujot, à Porto-Vecchio.
- **19 avril** : Stand de sensibilisation à Sartène pour le festival « Vita Marina » au lycée agricole de Sartène.
- **30 mai** : Stand de sensibilisation et conférence à Ajaccio pour la fête des pêcheurs « Pescadori in festa ».
- **31 mai** : Stand de sensibilisation et conférence à STARESO pour les étudiants du lycée Laetitia Bonaparte.
- **1er juin** : Stand de sensibilisation et conférence à Ajaccio pour le Festival de la Méditerranée.
- **4 juin** : Stand de sensibilisation à Calvi pour les élèves des écoles primaires de Balagne au club nautique de voile.
- **7 juin** : Stand de sensibilisation pour les élèves et le grand public lors de la Water Safety Day, à Calvi.
- **10 juin** : Conférence sur le projet STARECAPMED à STARESO pour les moniteurs de la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins de Haute-Corse.
- **14 juin** : Conférence sur les changements climatiques et la biodiversité marine en Corse : défis et perspectives, à Ajaccio, pour l'Institut Français de la Mer Corse-Méditerranée.
- **18 juin** : Stand de sensibilisation à STARESO pour les étudiants de Master 1 Gestion Intégrée du Littoral de l'Université de Corse.
- **18 juin** : Stand de sensibilisation et panneaux éducatifs à Lumio pour le grand public lors de l'événement Mar'in Festa.
- **25 juin** : Stand de sensibilisation à STARESO pour l'aire marine éducative de Lumio.
- **6 septembre** : Stand de sensibilisation à STARESO pour les étudiants du lycée polyvalent de Balagne, Île-Rousse.
- **9 septembre** : Conférence sur le projet STARECAPMED pour la promotion 2024 du Master ERASMUS Mundus.
- **19 septembre** : Stand de sensibilisation à STARESO pour les étudiants de 2^e année d'IUT Génie Biologique de l'Université de Corse.
- **13 octobre** : Conférence et stand de sensibilisation lors du séminaire Alien – Espèces Invasives, à STARESO.
- **17 octobre** : Stand de sensibilisation à Ajaccio pour le grand public lors du Salon Nautique.
- **22 novembre** : Stand de sensibilisation à STARESO pour les enfants du centre aéré de Calvi.
- **23 novembre** : Bastia lors du festival Corsica Salvatica à la Casa di e Scenze, avec projection du film Regard sur la grande bleue et débat avec le public.



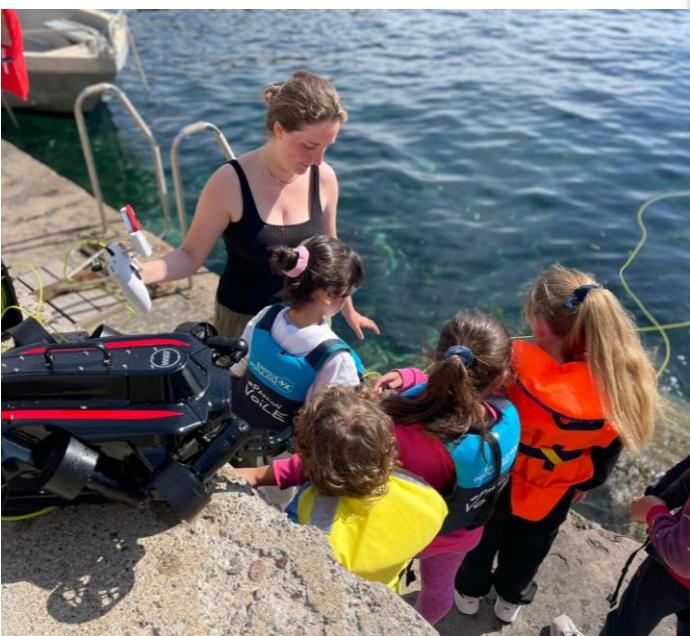
Des exemples illustrés d'évènements de sensibilisation de 2024 sont présentés ci-après.

ACCUEIL DE LA JEUNESSE

Collège Jean-Félix Orabona - 20/03/24



Ecole élémentaire d'Urtaca - 22/03/24



Ecole élémentaire Bariani - 21/03/24



Master 1 GILVHA - 18/03/24



Lycée Laetitia Bonaparte - 31/05/24**Ecole de Lumio - Aire Marine Educative - 25/06/24****IUT de Corse - Génie Biologique - 19/09/24****Centre aéré de Calvi - 22/10/24**

ÉVÈNEMENTS

Festival Vita Marina - Sartène - 19/04/24



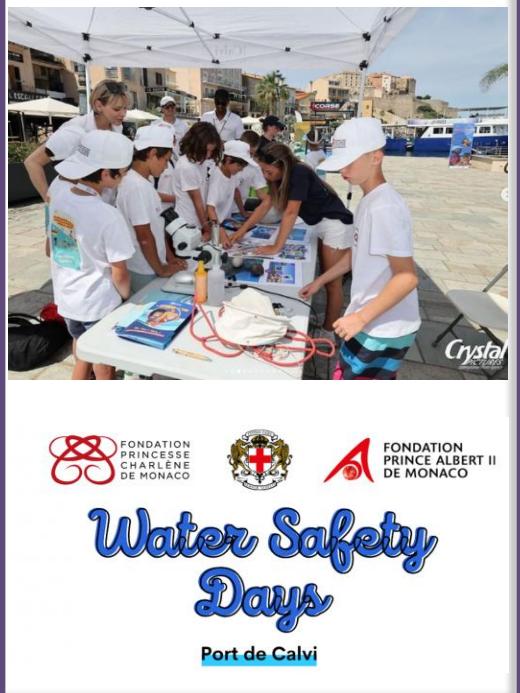
Salon nautique - Ajaccio - 17/10/24



Pescadori in festa - Ajaccio - 30/05/24



Water Safety Day - 07/06/24



Mar'in festa - Lumiu - 18/06/24**Festival Corsica Salvatica - Bastia - 23/11/24****Festival de la Méditerranée - Ajaccio - 01/06/24**

JOURNÉES DE SENSIBILISATION

Club nautique de Calvi - 04/06/24



Séminaire Alien espèces invasives - 13/10/24



Collège Léon Boujot - Porto-Vecchio - 04/04/24

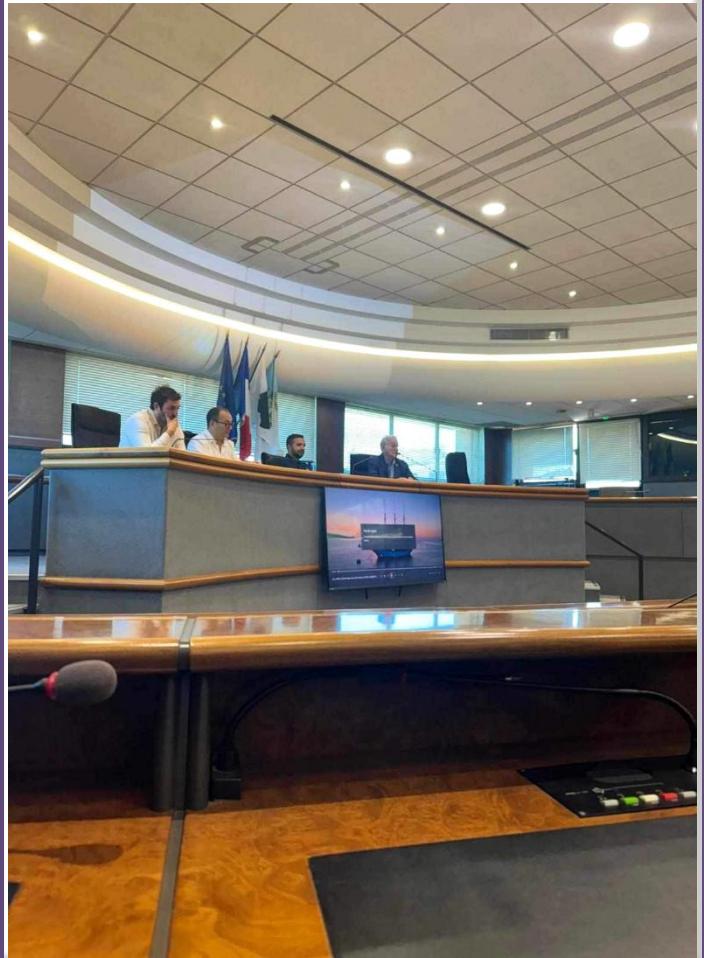


CONFÉRENCES

Changement climatique – Lumiu - 17/02/24



Biodiversité - Ajaccio - IFM - 14/06/24



STARECAPMED - ERASMUS Mundus - 22/03/24



STARECAPMED - FFESSM - 10/06/24



PANNEAUX DE SENSIBILISATION

Panneaux de sensibilisation - marine de Sant'Ambroggio - Lumiù - 18/06/24



Elaboration de 10 panneaux de sensibilisation du grand public installés sur la marine de Sant'Ambroggio. Chaque panneau vulgarise en deux langues différentes une thématique sur une espèce remarquable. Un panneau présente les actions menées par STARESO.

Communications dans la presse écrite et audio-visuelle

En 3 ans, STARESO a poursuivi ses efforts pour partager ses connaissances avec le grand public au sujet d'une diversité de thématiques (sensibilisation des jeunes, réchauffement climatique, mise en valeur de la biodiversité insulaire, pêcherie, érosion etc.) faisant l'objet de :



31 articles de presse (8 en 2022, 16 en 2023 et 7 en 2024)



5 émissions ou documentaires télévisés (2 en 2022, 12 en 2023 et 5 en 2024)

2022

- 9 janvier 2022** : Article de presse écrite, « Calvi : Stareso, la base scientifique dédiée à la recherche marine, a un nouveau directeur », Corse Net Infos.
- 23 janvier 2022** : Article de presse écrite, « Environnement : Il faut préparer les Corses à faire face à des événements extrêmes », Corse Net Infos.
- 14 avril 2022** : Article de presse écrite, « Un séminaire de biologie à Calvi pour les moniteurs de plongée », Corse-matin.
- 11 juin 2022** : Article de presse écrite, « Analyse ADN des eaux du port : une oasis de biodiversité », Corse-matin.
- 13 juillet 2022** : Article de presse écrite, « Station de recherches sous-marines et océanographiques de Calvi : "Notre île est au cœur des problématiques climatiques » , Corse-matin.
- 6 août 2022** : Article de presse écrite, « Canicule sous-marine : l'herbier de posidonie menacé par la hausse des températures », Corse Net Infos.
- 19 septembre 2022** : Emission télévisée, D'umani, France 3 Corse ViaStella.
- 20 septembre 2022** : Article de presse écrite, « Un été de forte canicule marine qui n'inquiète pas à la STARESO », Corse-matin.
- 5 octobre 2022** : Emission télévisée, In Tantu Ambiente, France 3 Corse ViaStella.
- 13 novembre 2022** : Article de presse écrite, « DOSSIER. COP27 : quelles sont les conséquences du réchauffement climatique en Corse ? », Corse Net Infos.

**corse
matin**



2023 (1/2)

-  **22 février 2023** : Article de presse écrite, « Pourquoi le niveau de la mer a autant baissé ces derniers jours en Corse ? », Corse Net Infos.
-  **23 février 2023** : Article de presse écrite, « Pourquoi le niveau de la mer a-t-il baissé ? », Corse matin.
-  **4 avril 2023** : Article de presse écrite, « Le réchauffement de la mer impacte toutes les espèces », Corse matin.
-  **5 avril 2023** : Article de presse écrite, « La Corse approfondit ses connaissances sur la langouste rouge », Le Marin.
-  **12 avril 2023** : Emission télévisée, « Langoustes, oursins... trésors à préserver », Journal de 13h TF1.
-  **25 mai 2023** : Article de presse écrite, « Des collégiens en immersion avec les chercheurs de STARESO », Corse matin.
-  **25 mai 2023** : Emission télévisée, Sensibiliser au milieu marin, Télé paese.
-  **26 mai 2023** : Emission télévisée, « Les sentinelles de la Méditerranée, une expédition pour comprendre les effets du dérèglement climatique », Journal de 20h TF1.
-  **3 juillet 2023** : Article de presse écrite, « La Corse baigne dans des eaux anormalement chaudes », Corse matin.
-  **5 juillet 2023** : Article de presse écrite, Calvi la vie, le magazine des Calvais, n°42.
-  **18 juillet 2023** : Emission télévisée, « Plongée au cœur de la Méditerranée : un trésor de biodiversité en danger », Journal de 20h TF1.
-  **19 juillet 2023** : Article de presse écrite, « Méditerranée en surchauffe : la vie sous-marine autour de la Corse en danger », Corse Net Infos.
-  **10 août 2023** : Article de presse écrite, « Le centre STARESO mise sur la sensibilisation des plus jeunes », Corse matin.
-  **11 août 2023** : Article de presse écrite, « La température de la mer anormalement fraîche pour la saison », Corse matin.
-  **13 août 2023** : Article de presse écrite, « La Corse face à l'inexorable érosion de son littoral », Corse Net Infos.
-  **23 août 2023** : Emission télévisée, Corsica sera, France 3 Corse ViaStella.
-  **24 août 2023** : Emission télévisée, Corsica sera, France 3 Corse ViaStella.
-  **10 septembre 2023** : Emission télévisée, In Tantu Ambiente, France 3 Corse ViaStella.
-  **22 septembre 2023** : Emission télévisée, Corse l'île aux trésors, Echappées belles, France 5.
-  **10 octobre 2023** : Emission télévisée, D'umani, France 3 Corse ViaStella.
-  **12 octobre 2023** : Article de presse écrite, « Un public curieux se bouscule à la découverte de la STARESO », Corse matin.



2023 (2/2)

-  **12 octobre 2023** : Article de presse écrite, « Un public curieux se bouscule à la découverte de la STARESO », Corse matin.
-  **29 octobre 2023** : Article de presse écrite, « Banquettes de posidonie sur les plages corses, toujours en quête de la moins mauvaise des solutions », Corse Net Infos.
-  **29 octobre 2023** : Article de presse écrite, « La biodiversité marine frappée par le réchauffement des eaux », Corse matin.
-  **27 novembre 2023** : Emission télévisée, Green Orizonte interview : Lovina – Stareso, YouTube.
-  **29 novembre 2023** : Documentaire, Corsica Salvatica, France 3 Corse ViaStella.
-  **10 décembre 2023** : Article de presse écrite, « Braconnage et prix cassés, la pêche du mérou cristallise les tensions », Corse matin.
-  **17 décembre 2023** : Article de presse écrite, « L'interdiction de la pêche du mérou et du corb en passe d'être reconduite dix ans dans les eaux corses », Corse Net Infos.



le marin

Échappées
Belles

2024

-  **13 mars** : Émission télévisée, « La pêche en Corse », France 3 Corse ViaStella.
-  **21 avril** : Article de presse écrite, « Les actions de sensibilisation menées par STARESO lors du festival Vita marina », Corse matin.
-  **15 mai** : Article de presse écrite, « De la Corse vers le large », magazine PLONGEZ !.
-  **18 mai** : Article de presse écrite, « Les moratoires corbs et mérrous en Corse », Corse matin.
-  **19 mai** : Documentaire, « Le réveil nocturne de la Méditerranée », 9e festival international du film et de l'image 2024.
-  **1er juin** : Article de presse écrite, « Les lycéens scientifiques dans la peau des chercheurs de la STARESO », Corse matin.
-  **9 juin** : Article de presse écrite, « Les impacts du changement climatique en Méditerranée », Corse matin.
-  **10 juin** : Article de presse écrite, « Les élèves de Balagne se retrouvent autour du nautisme », Corse matin.
-  **7 octobre** : Article de presse écrite, « La découverte de nids de picarels en Corse », Corse matin.
-  **11 octobre** : Émission télévisée, « Plongée en Corse : les couleurs se révèlent la nuit », Journal de 20h TF1.
-  **19 novembre** : Documentaire, « La langouste princesse de la Corse », France 3 Corse ViaStella.
-  **16 décembre** : Émission télévisée, « Mer Méditerranée : des espèces trop envahissantes », Journal de 20h TF1.

corse
matin



corse VIA
STELLA

3



Des exemples illustrés de communications dans la presse écrite et audio-visuelle de 2024 sont présentés ci-après.

Communication dans la presse écrite

PLONGEZ ! - 15/05/24



VIVANT I

La précieuse matière vivante doit être conservée dans de petites fioles, avant d'être analysée au laboratoire. Voici quelques règles qui sont toutefois assez impossibles à identifier à l'œil nu.



C'est dans le milieu marin que la vie et le temps minimaux, s'y déroulent particulièrement. Sur certains sites par exemple, on trouve en abondance du krill, base de la nourriture du deuxième plus grand animal au monde, le rorqual commun, ce qui permet vraiment de faire le lien entre le tout petit et le très gros, à chaque bout de la chaîne alimentaire.

verti sans avoir besoin cette fois-ci de dépasser des partenaires extérieurs. Ces informations viendront à leur tour compléter celles qui sont régulièrement recueillies par l'équipe de la station tout autour de la Corse et notamment dans les eaux du Parc marin de cap Corse et de l'Argens, formant le plus grand parc marin de France métropolitaine.



Corse matin - 09/06/24

Corse matin - 21/04/24

Lire le journal

corse matin

Se connecter

S'abonner

Sartène : Vita Marina, un festival dédié à la protection du monde marin

par Cathy Terrazzoni
publié le 21/04/24 à 09:00



Vita Marina a débuté par un débat sur le thème de "l'accès à la mer pour tous".

En continu

11:15 La forêt amazonienne, arme de pression de la guérilla en Colombie

11:14 Kira Peter-Hansen, plus jeune eurodéputée de l'histoire brigue un seco nd mandat

Sartène - Sartène

Pour cette 11e édition de Vita Marina, deux journées se sont déroulées au sein du Campus Agricorsica de

Communication audio-visuelle

Journal de 20h TF1 - 16/12/24



France 3 Corse ViaStella - 19/11/24



La pêche en Corse - F3 Corse - 13/03/24



9ème Festival international du film et de l'image - 19/05/24



Journal de 20h TF1 - 11/10/24



PUBLICATIONS, THESES, RAPPORTS ET COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES



Publications scientifiques, thèses doctorales, communications et rapports 2012 - 2024 réalisés dans le cadre et en collaboration avec STARECAPMED

Le lecteur trouvera ci-après la liste non-exhaustive des différents travaux publiés issus des recherches réalisées dans le cadre et/ou en collaboration plus ou moins étroite avec STARECAPMED. Les travaux sont regroupés par ordre alphabétique, selon leur catégorie de publication:

- articles « peer reviewed » publiés dans des journaux indexés ;
- livres ou chapitres de livres ;
- communications à des congrès scientifiques internationaux ;
- conférences scientifiques dans des Universités ou Centre de Recherches ;
- rapports de programmes scientifiques ;
- articles scientifiques de vulgarisation ;
- thèses de doctorat terminées et en cours
- Mémoires de master et rapports de stage.

Les lecteurs sont invités à consulter la digithèque ORBI de l'Université de Liège, Belgique, où la majeure partie des documents listés se trouve archivée: <http://orbi.ulg.ac.be/>.



Années 2012 - 2024 :

Articles « peer reviewed » publiés dans des journaux indexés

- Abadie A., Gobert S., Bonacorsi M., Lejeune P., Pergent G., & Pergent-Martini C. (2015). Marine space ecology and seagrasses. Does patch type matter in *Posidonia oceanica* seascapes?, *Ecological Indicators*, 57, 435–446.
- Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., Gobert, S. (2016). From mechanical impact of anchoring in seagrasses : The premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 61-71.
- Abadie A., Lejeune P., Pergent G., Gobert S. (2016) From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: the premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Pollution Bulletin* (2016), 109(1), 61-71
- Abadie A., Borges A., Champenois W., Gobert S. (2017) Natural patches in *Posidonia oceanica* meadows: the seasonal biogeochemical pore water characteristics of two edge types. *Marine Biology*, 164:166
- Abadie A., Pace M., Gobert S., Borg J. (2018) Seascape ecology in *Posidonia oceanica* seagrass meadows: Linking structure and ecological processes for management. *Ecological Indicators*, 87, 1-13
- Abadie A., Richir J., Lejeune P., Leduc M., Gobert S. (2019) Structural Changes of Seagrass Seascapes Driven by Natural and Anthropogenic Factors: A Multidisciplinary Approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, Vol 7, Art 190.
- Amoussou, N., Marengo, M., Durieux, E. D. H., Douny, C., Scippo, M. L., & Gobert, S. (2020). Trace elements and fatty acid profile of *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) from Mediterranean aquaculture. *Biological Trace Element Research*, 196(2), 618-628.
- Amoussou N., Marengo M., Iko Afé O.H., Lejeune P., Durieux E.D.H., Douny C., Scippo M.L., Gobert S. (2022). Comparison of fatty acid profiles of two cultivated and wild marine fish from Mediterranean Sea. *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00861-3>
- Bertucci, F., Lejeune, P., Payrot, J., Parmentier, E. (2015) Sound production by dusky grouper *Epinephelus marginatus* at spawning aggregation sites. *Journal of Fish Biology* 87: 400-421.
- Binard M. (2017). Composantes météorologiques de la base de données océanographique RACE de STARESO (baie de Calvi – Corse). *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 68, 37-47.
- Bockel T., Bossut N., Mouquet N., Mouillot D., Fontaine Q., Deter J. (2024). Quantifying the impact of small boats on *Posidonia* seagrass meadows: Methods and path for future efficient management of anchoring pressure. *Ocean & Coastal Management*, 259, 107454.
- Bolgan M., Soulard J., Di Iorio L., Gervaise C., Lejeune P., Gobert S., Parmentier E. (2019) Sea chordophones make the mysterious /Kwa/ sound: identification of the emitter of the dominant fish sound in Mediterranean seagrass meadows. *Journal of Experimental Biology* 222, jeb196931.
- Bolgan, M., Di Iorio, L., Dailianis, T., Catalan, I. A., Lejeune, P., Picciulin, M., Parmentier, E. (2022). Fish acoustic community structure in Neptune seagrass meadows across the Mediterranean basin. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 32(2), 329-347. <https://doi.org/10.1002/aqc.3764>
- Borges A.V. & Champenois, W. (2015) Seasonal and spatial variability of dimethylsulfoniopropionate (DMSP) in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany* 125, 72-79.
- Borges A., Champenois W. (2017) Preservation protocol for dimethylsulfoniopropionate and dimethylsulfoxide analysis in plant material of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*, and re-evaluation of dimethylsulfoniopropionate leaf content, *Aquatic Botany*, 143C, 8-10.
- Boudouresque C.-F., Astruch P., André S., Belloni B., Blanfuné A., Charbonnel É., Cheminée A., Cottalorda J.-M., Dupuy de la Grandrive R., Marengo M., et al. (2024). The heatwave of summer 2022 in the North-Western Mediterranean Sea: Some species were winners. *Water*, 16, 219.

- Boulenger A., Roberty S., Lopez Velosa M.M., Marengo M., Gobert S. (2024). The Use of Photo-Biological Parameters to Assess the Establishment Success of *Posidonia oceanica* Cuttings after Transplantation. Water, 16(12), 1702.
- Bousquet, C., Bouet, M., Patrissi, M., Cesari, F., Lanfranchi, J. B., Susini, S., ... & Durieux, E. D. (2022). Assessment of catch composition, production and fishing effort of small-scale fisheries: The case study of Corsica Island (Mediterranean Sea). Ocean & Coastal Management, 218, 105998.
- Champenois W., Borges A. (2019) Determination of dimethylsulfoniopropionate and dimethylsulfoxide in *Posidonia oceanica* leaf tissue. MethodsX, Vol 6, 56-62.
- Champenois W., & Borges, A. (2019). Inter-annual variations over a decade of primary production of the seagrass *Posidonia oceanica*. Limnology and Oceanography.
- Champenois W., Lepoint G., Borges A.V. (2024). Community gross primary production and respiration in epilithic macroalgae and *Posidonia oceanica* macrophytodebris accumulation in the Bay of Revellata (Corsica). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 309, 108971.
- Cnudde, S., Boudouresque, C.-F., Marengo, M., Pergent, G., Thibaut, T. (2023). First record of the Red Sea seagrass *Halophila stipulacea* in Corsica. Scientific Reports of Port-Cros National Park, 37, 503-507.
- Collard, F., Collignon, A., Hecq, J-H., Michel, L., Goffart, A. (2015). Biodiversity and seasonal variations of zooneuston in the northwestern Mediterranean Sea. 145, 40-48.
- Collignon A., Hecq J.-H., Galgani F., Collard F., Goffart A. (2014). Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean - Corsica). Marine Pollution Bulletin, 79, 293-298.
- Collignon A., Hecq J.-H., Galgani F., Voisin P., Collard F., Goffart A. (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the northwestern Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin, 64, 861-864.
- Di Iorio L., Raick X., Parmentier E., Boissery P., Valentini-Poirier C., Gervaise C. (2018) Posidonia meadows calling': a ubiquitous fish sound with monitoring potential, Remote Sensing in Ecology and Conservation
- Delacuvellerie, A., Benali, S., Cyriaque, V., Moins, S., Ravez, J. M., Gobert, S., & Wattiez, R. (2021). Microbial biofilm composition and polymer degradation of compostable and non-compostable plastics immersed in the marine environment. Journal of Hazardous Materials, 419, 126526.
- Delacuvellerie, A., Geron, A., Gobert, S., Wattiez, R. (2022). New insights into the functioning and structure of the PE and PP plasti-spheres from the Mediterranean Sea. Environmental Pollution, 295, 118678. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118678>
- De los Santos C., Vicencio B., Lepoint, G. (2016) Ontogenetic variation and effect of collection procedure on leaf biomechanical properties of Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Marine Ecology (2016)
- Donnay, A., Pelaprat, C., Lejeune, P., & Gobert, S. (2013). An adapted staining-destaining method to sort soft-bottom macrobenthos mixed with *Posidonia oceanica* fibers. Mediterranean Marine Science, 14(1), 92-94.
- Eeckhaut, I., Caulier, G., Brasseur, L., Flammang, P., Gerbaux, P., Parmentier, E. (2015). Effects of holothuroid ichtyotoxic saponins on the gills of free-living fishes and symbiotic pearlfishes. The Biological Bulletin 228 : 253-265.
- El Idrissi, O., Marengo, M., Aiello, A., Gobert, S., Pasqualini, V., & Ternengo, S. (2020). Seasonal change in trace element concentrations of *Paracentrotus lividus*: Its use as a bioindicator. Ecological Indicators, 112, 106063.
- El Idrissi, O., Gobert, S., Delmas, A., Demolliens, M., Aiello, A., Pasqualini, V., Ternengo, S. (2022). Effects of trace elements contaminations on the larval development of *Paracentrotus lividus* using an innovative experimental approach. Aquatic Toxicology, 246, 106152. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2022.106152>
- El Idrissi, O., Santini, J., Bonnin, M., Demolliens, M., Aiello, A., Gobert, S., Ternengo, S. (2022). Stress response to trace elements mixture of different embryo-larval stages of *Paracentrotus lividus*. Marine Pollution Bulletin, 183, 114092. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114092>
- El Idrissi, O., Ternengo, S., Monnier, B., Lepoint, G., Aiello, A., Bastien, R., Gobert, S. (2023). Assessment of trace element contamination and effects on *Paracentrotus lividus* using several approaches: Pollution indices, accumulation factors, and biochemical tools. Science of the Total Environment, 869, 161686.
- Falaise C., Cormier P., Tremblay R., Audet C., Deschenes JS., Turcotte F., Francois C., Seger A., Hallegraeff G., Lindquist N., Sirjacs D., Gobert S., Lejeune P., Demoulin V., Mouget JL. (2019) Aquatic Toxicology 2019, 13-25

- Felisberto, P., Jesus, S. M., Zabel, F., Santos, R., Silva, J., Gobert, S., Beer, S., Björk, M., Mazzuca, S., Procaccini, G., Runcie, J. W., Champenois, W., & Borges, A. (2015). Acoustic monitoring of O₂ production of a seagrass meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 464(0), 75-87.
- Fullgrabe, L., Grosjean, P., Gobert, S., Lejeune, P., Leduc, M., Engels, G., ... & Richir, J. (2020). Zooplankton dynamics in a changing environment: A 13-year survey in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 159, 104962.
- Garcia, J., Pasqualini, V., Vanalderweireldt, L., Bisgambiglia, P.-A., Marengo, M., Lejeune, P., Aiello, A., Durieux, E.D.H. (2022). Global patterns and environmental drivers of suitable habitat for Dentex dentex and *Sciaena umbra* along the Corsican coast. *ICES Journal of Marine Science*, 79(9), 2461-2472. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac184>
- Garrido M., Koeck B., Goffart A., Collignon A., Hecq J.-H., Agostini S., Marchand B., Lejeune P., Pasqualini V. (2014). Contrasting patterns of phytoplankton communities in two coastal ecosystems in relation to environmental factors (Corsica, NW Mediterranean Sea). *Diversity*, 6, 296-322.
- Gazeau, F., Sallon, A., Maugendre, L., Louis, J., Dellisanti, W., Gaubert, M., Lejeune, P., Gobert, S., Borges, A., Harlay, J., Champenois, W., Alliouane, S., Taillandier, V., Louis, F., Obolensky.G, Grisoni, J-M., Guieu, C. (2016). First mesocosm experiments to study the impacts of ocean acidification on plankton communities in the NW Mediterranean Sea (MedSeA project). *Estuarine Coastal & Shelf Science*, 2016, 1-19.
- Giakoumi, S., Halpern, B. S., Michel, L., Gobert, S., Sini, M., Boudouresque, C.-F., Gambi, M.-C., Katsanevakis, S., Lejeune, P., Montefalcone, M., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Sanchez-Jerez, P., Velimirov, B., Vizzini, S., Abadie, A., Coll, M., Guidetti, P., Michel, F., & Possingham, H. P. (2015). Towards a framework for assessment and management of cumulative human impacts on marine food webs. *Conservation Biology*. 0, 1-7.
- Gobert, S., Fullgrabe, L., Quentin, F., Leduc, M., Marengo, M., Patrissi, M., ... & Lejeune, P. (2019). Climate Change Impact on Water Column in Corsica. In *Proceedings of the Fourteenth International Medcoast Congress on coastal and Marine Sciences, engineering, management and Conservation.*, Beskopru Mah. 274. Sok. N 2/B.
- Gobert, S., Fullgrabe L., Lejeune P., Marengo M. Climate Change and Fisheries: The Case Study of Corsica, an Ideal Reference Station in the Mediterranean Sea. *Research Open*, Volume 2 Issue 1
- Gobert, S., Lefebvre, L., Boissery, P., & Richir, J. (2020). A non-destructive method to assess the status of *Posidonia oceanica* meadows. *Ecological Indicators*, 119, 106838.
- Goffart, A., Hecq, J.-H., & Legendre, L. (2015). Drivers of phytoplankton bloom in the well-preserved Bay of Calvi (NW Mediterranean): Results from a long-term study (1979-2011). *Progress in Oceanography*, 137, Part A, 121-139.
- Gobert, S., Lepoint, G., Silva, J., Santos, R., Lejeune, P., Du Jardin, P., Delvaux, B., Cornelis, J-T., Richir, J. (2015). A consensual Diving-PAM protocol to monitor *Posidonia oceanica* photosynthesis. *Peer Journal*.
- Gobert S., Lepoint G., Pelaprat C., Remy F., Lejeune P., Richir J., Abadie A. (2017) Temporal evolution of sand corridors in a *Posidonia oceanica* seascape: a 15-years study, *Mediterranean Marine Science* (2017), 17(3), 777-784
- Gobert, S., Fullgrabe, L., Quentin, F., Leduc, M., Marengo, M., Patrissi, M., ... & Lejeune, P. (2019). Climate change on seawater column: physical and biological consequences. In *Proceedings of the Fourteenth International Medcoast Congress on coastal and Marine Sciences, engineering, management and Conservation.* Beskopru Mah. 274. Sok. N 2/B.
- Gobert, S., & Richir, J. (2019). Des indices pour la définition de l'état des masses d'eau en milieu marin: mises au point, applications et aide à la gestion. *Geo-Eco-Trop*, 43(3), 353-364.
- Harant, U. K., & Michiels, N. K. (2019) Visual modelling supports the potential for prey detection by means of diurnal active photolocation in a small cryptobenthic fish.
- Iborra, L., Leduc, M., Fullgrabe, L., Cuny, P., Gobert, S. (2022). Temporal trends of two iconic Mediterranean gorgonians (*Paramuricea clavata* and *Eunicella cavolini*) in the climate change context. *Journal of Sea Research*, 186, 102241. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2022.102241>
- Iborra L., Marengo M., Valleteau C., Patrissi M., Lejeune P., Gobert S., Cuny P. (2024). A multimethod approach to assess marine recreational fishing activity in a Mediterranean area: A case study of the Balagne region (Corsica, France). *Marine and Coastal Fisheries*, 16(6), 1-22.
- Jahnke, M., D'Esposito, D., Orrù, L., Lamontanara, A., Dattolo, E., Badalamenti, F., ... & Orsini, L. (2019). Adaptive responses along a depth and a latitudinal gradient in the endemic seagrass *Posidonia oceanica*. *Heredity*, 122(2), 233-243.
- Katz, L., Sirjacobs, D., Gobert, S., Lejeune, P., & Danis, B. (2021). Distribution of macroalgae in the area of Calvi (Corsica). *Biodiversity Data Journal*, 9.

- Kéver, L., Boyle, K.S., Parmentier, E. (2015) Effects of seawater temperature on sound characteristics in *Ophidion rochei* (Ophidiidae). *Journal of Fish Biology* 87: 502-509.
- Kéver, L., Lejeune, P., Michel, N.L., Parmentier, E. (2015). Passive acoustic recording of *Ophidion rochei* calling activity in Calvi Bay (France). *Marine Ecology*.
- Leduc, M., Abadie, A., Viala, C., Bouchard, A., Iborra, L., Fontaine, Q., Lepoint, G., Marengo, M., Pergent, G., Gobert, S., Lejeune, P., Monnier, B. (2023). A multi-approach inventory of the blue carbon stocks of *Posidonia oceanica* seagrass meadows: Large scale application in Calvi Bay (Corsica, NW Mediterranean). *Marine Environmental Research*, 183, 105847. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105847>
- Lefebvre, L., Compère, P., Léonard, A., Plougonven, E., Vandewalle, N., & Gobert, S. (2021). Mediterranean aegagropiles from *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813): a first complete description from macroscopic to microscopic structure. *Marine Biology*, 168(3), 1-17.
- Lefebvre, L., Compère, P., Gobert, S. (2023). The formation of aegagropiles from the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813): plant tissue sources and colonisation by melanised fungal mycelium. *Marine Biology*, 170(2), 19. <https://doi.org/10.1007/s00227-022-04166-0>
- Lepoint, G., Heughebaert, A., Michel, L. (2016). Epiphytic bryozoans on Neptune grass – a sample- based data set. *ZooKeys*.
- Lepoint, G., Balancier, B., & Gobert, S. (2014). Seasonal and depth-related biodiversity of leaf epiphytic Cheilostome Bryozoa in a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow. *Cahiers de Biologie Marine*, 55, 57-67.
- Lepoint, G., Mouchette, O., Pelaprat, C., & Gobert, S. (2014). An ecological study of *Electra posidoniae* Gautier, 1954 (Cheilostomata, Anasca), a bryozoan epiphyte solely found on the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813. *Belgian Journal of Zoology*, 144(1), 51-63.
- Levin L.A., Liu K.-K., Kay-Christian E., Breitburg D.L., Cloern J., Deutsch C., Giani M., Goffart A., Hofmann E.E., Lachkar Z., Limburg K., Liu S.-M., Montes E., Naqvi W., Ragueneau O., Rabouille C., Kumar Sarkar S., Swaney D. P., Wassman P., & Wishner K. F. (2015). Comparative biogeochemistry-ecosystem-human interactions on dynamic continental margins. *Journal of Marine Systems*, 141, 3-17.
- Luy, N., Gobert, S., Sartoretto, S., Biondo, R., Bouquegneau, J.-M., & Richir, J. (2012). Chemical contamination along the Mediterranean French coast using *Posidonia oceanica* (L.) Delile above- ground tissues: a multiple trace element study. *Ecological Indicators*, 18, 269-277.
- Marengo M., Durieux E. D. H., Ternengo S., Lejeune P., Degrange E., & Gobert S. (2018). Comparison of elemental composition in two wild and cultured marine fish and potential risks to human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- Marengo, M., Theuerkauff, D., Patrissi, M., Doutreloux, N., Leduc, M., Dijoux, J., ... & Lejeune, P. (2020). A Typical Mediterranean Fishery and an Iconic Species: focus on the common Spiny Lobster (*Palinurus elephas*, Fabricius, 1787) in Corsica. *Oceanography and Fisheries Open Access journal*, 12(1).
- Marengo, M., Fullgrabe L., Fontaine, Q., Mazzotti, N., Lejeune, P., Boissery, P., & Gobert, S. (2020) Abundance, Composition and Spatial Distribution of Marine Plastic Litter in Sea Surface Waters Around Cap Corse. *Research Open*, Volume 3(1): 5–5,
- Marengo, M., Iborra, L., Leduc, M., Lejeune, P., Boissery, P., & Gobert, S. (2021). Assessing Spatial and Temporal Trends in a Mediterranean Fish Assemblage Structure. *Diversity*, 13(8), 368.
- Marengo, M., Fullgrabe, L., Fontaine, Q., Boissery, P., Cancemi, M., Lejeune, P., Gobert, S. (2023). Ecological and human health risk assessment of potentially toxic element contamination in waters of a former asbestos mine (Canari, Mediterranean Sea): implications for management. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10737-x>
- Marengo, M., Vanalderweireldt, L., Horri, K., Patrissi, M., Santoni, M.C., Lejeune, P., Durieux, E.D.H. (2023). Combining indicator trends to evaluate a typical Mediterranean small-scale fishery: The case study of Corsica. *Regional Studies in Marine Science*, 65, 103087. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103087>
- Mascart, T., Agusto, L., Lepoint, G., Remy, F., & De Troch, M. (2015). How do harpacticoid copepods colonize detrital seagrass leaves? *Marine Biology*, 162 (5), 929-943.
- Mascart, T., Lepoint, G., Deschoemaeker, S., Binard, M., Remy, F., & De Troch, M. (2015). Seasonal variability of meiofauna, especially harpacticoid copepods, in *Posidonia oceanica* macrophytodebris accumulations. *Journal of Sea Research*, 95, 149-160.
- Mascart, T., Lepoint, G., & De Troch, M. (2013). Meiofauna and harpacticoid copepods in different habitats of a Mediterranean seagrass meadow. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(06), 1557-1566

- Mascart T., De Troch M., Remy F., Michel L., Lepoint G. (2018) Seasonal dependence on seagrass detritus and trophic niche partitioning in four copepod eco-morphotypes, *Food Webs*
- Mazzuca, S., Björk, M., Beer, S., Felisberto, P., Gobert, S., Procaccini, G., Runcie, J., Silva J., Borges,A.V., Brunet, C., Buapet, P., Champenois, W., Costa, M., D'esposito, D., Gullstrom, M., Lejeune, P., Lepoint, G., Olivé, I., Rasmusson, L., Richir, J., Ruocco, M., Serra, I., Spadafora, A., & Santos, R. (2013). Establishing research strategies, methodologies and technologies to link genomics and proteomics to seagrass productivity, community metabolism, and ecosystem carbon fluxes. *Frontiers in Plant Science*, 4(38), 1-19.
- Michel L., Sturaro N., Heughebaert A., Lepoint G. (2016) AxIOM: Amphipod crustaceans from insular *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Biodiversity Data Journal* (2016), 4.
- Michel, L., Dauby, P., Dupont, A., Gobert, S., Lepoint, G. (2015). Selective top-down control of epiphytic biomass by amphipods from *Posidonia oceanica* meadows : implications for ecosystem functioning. *Belgian Journal Zoology*. 145(2) : 83-93.
- Michel, L., Dauby, P., Gobert, S., Graeve, M., Nyssen, F., Thelen, N., & Lepoint, G. (2014). Dominant amphipods of *Posidonia oceanica* seagrass meadows display considerable trophic diversity. *Marine Ecology*. 13 pp.
- Mugnai, F., Meglécz, E., Abbiati, M., Bavestrello, G., Bertasi, F., Bo, M., ... & Costantini, F. (2021). Are well-studied marine biodiversity hotspots still blackspots for animal barcoding?. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01909.
- Parmentier E., Di Iorio L., Picciulin M., Malavasi S., Lagardère JP., Bertucci F. (2017) Consistency of spatiotemporal sound features supports the use of passive acoustics for long-term monitoring. *Animal Conservation*.
- Pere A., Marengo M., Lejeune P., Durieux E. (2019) Evaluation of *Homarus gammarus* (Crustacea: Decapoda: Nephropidae) catches and potential in a Mediterranean small-scale fishery. *Scientia Marina* 83(1)
- Pete, D., Lepoint, G., Bouquegneau, J.-M., & Gobert, S. (2015). Early colonization on Artificial Seagrass Units and on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves. *Belgian Journal of Zoology*, 145(1), 59-68.
- Remy F., Gobert S., Lepoint G. (2017). Effects of an experimental resource pulse on the macrofaunal assemblage inhabiting seagrass macrophytodebris. *Belgian Journal of Zoology* (2017), 147(1), 1-15
- Remy, F., Collard, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., Lepoint, G. (2015). When microplastic is not plastic: The ingestion of artificial cellulose fibers by macrofauna living in seagrass macrophytodebris. *Environmental Science and Technology*.
- Richir J., Gobert S. (2016) An ecophysiological discussion of trace element bioaccumulation in cultured *Mytilus galloprovincialis*. *Belgian Journal of Zoology* (2016), 145(1), 53-61
- Richir J., Gobert S. (2016) Trace Elements in Marine Environments: Occurrence, Threats and Monitoring with Special Focus on the Costal Mediterranean. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology* (2016), 6:1
- Richir, J., Gobert, S. (2016). Trace elements in marine environments: occurrence, threats and monitorind with special focus on the coastal Mediterranean. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology*. 6 : 349.
- Richir, J., Gobert, S. (2016). Trace element accumulation in cultured mussels. *Belgian Journal of Zoology*.
- Richir, J., Gobert, S. (2016). An ecophysiological discussion of trace element bioaccumulation in cultured *Mytilus galloprovincialis*. *Belgian Journal Zoology*, 145 (1):53-61.
- Richir, J., Galgani, F., Benedicto, J., Andral, B., Lejeune, P., Salivas-Decaux, M., Lafabrie, C., Lopez y Royo, C., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Gobert, S. (2015). Seagrasses or caged mussels to bioassess the contamination rate of Mediterranean coastal waters? That is the question. *PeerJournal*.
- Richir, J., Salivas-Decaux, M., Lafabrie, C., Lopez y Royo, C., Gobert, S., Pergent, G., & Pergent- Martini, C. (2015). Bioassessment of trace element contamination of Mediterranean coastal waters using the seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Environmental Management*, 150, 486- 499.
- Richir, J., & Gobert, S. (2014). A reassessment of the use of *Posidonia oceanica* and *Mytilus galloprovincialis* to biomonitor the coastal pollution of trace elements: New tools and tips. *Marine Pollution Bulletin*, 89, 390-406.
- Richir, J., & Gobert, S. (2014). The effect of size, weight, body compartment, sex and reproductive status on the bioaccumulation of 19 trace elements in rope-grown *Mytilus galloprovincialis*. *Ecological Indicators*, 36, 33-47.
- Richir, J., Luy, N., Lepoint, G., Rozet, E., Alvera Azcarate, A., & Gobert, S. (2013). Experimental in situ exposure of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile to 15 trace elements. *Aquatic Toxicology*, 140-141, 157-173.
- Richir, J., Velimirov, B., Poulichek, M., & Gobert, S. (2012). Use of semi-quantitative kit methods to study the heterotrophic bacterial community of *Posidonia oceanica* meadows: Limits and possible applications. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, 109, 20-29.
- Santos, C., Vicenco-Rammsy, B., Lepoint, G., Remy, F., Bouma, T., Gobert, S. (2016). Ontogenetic variation and effect of collection procedure on leaf biomechanical properties of Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Marine Ecology*.

- Seveno, J., Car, A., Sirjacobs, D., Fullgrabe, L., Dupčić Radić, I., Lejeune, P., Leignel, V., Mouget, J.-L. (2023). Benthic Diatom Blooms of Blue *Haslea* spp. in the Mediterranean Sea. *Marine Drugs*, 21, 583. <https://doi.org/10.3390/md21110583>
- Sturaro, N., Gobert, S., Perez-Perera, A., Caut, S., Panzalis, P., Navone, A., Lepoint, G. (2016). Effects of fish predation on *Posidonia oceanica* amphipod assemblages. *Marine Biology*, 163:58.
- Sturaro, N., Lepoint, G., Vermeulen, S., & Gobert, S. (2015). Multiscale variability of amphipod assemblages in *Posidonia oceanica* meadows. *Journal of Sea Research*, 95, 258-271.
- Sturaro, S., Lepoint, G., Pérez-Perera, A., Vermeulen, S., Panzalis, P., Navone, A., & Gobert, S. (2014). Seagrass amphipod assemblages in a Mediterranean marine protected area: A multiscale approach. *Marine Ecology Progress Series*, 506, 175-192.
- Ternengo S., Marengo M., El Idrissi O., Yepka J., Pasqualini V., Gobert S. (2018) Spatial variations in trace element concentrations of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, a first reference study in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 12
- Vanalderweireldt, L., Albouy, C., Le Loc'h, F., Millot, R., Blestel, C., Patrissi, M., Marengo, M., Garcia, J., Bousquet, C., Barrier, C., Lefur, M., Bisgambiglia, P.-A., Donnay, A., Ternengo, S., Aiello, A., Lejeune, P., Durieux, E.D.H. (2022). Ecosystem modelling of the Eastern Corsican Coast (ECC): Case study of one of the least trawled shelves of the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*, 235, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2022.103798>, 293-298
- Velimirov B., Lejeune P., Kirschner A., Jousseau M., Abadie A., Pete D., Dauby P., Richir J., Gobert S. (2016) Estimating carbon fluxes in a *Posidonia oceanica* system: Paradox of the bacterial carbon demand. *Estuarine Coastal & Shelf Science* (2016), 171
- Vermeulen, S., Lepoint, G., & Gobert, S. (2012). Processing samples of benthic marine diatoms from Mediterranean oligotrophic areas. *Journal of Applied Phycology*, 24, 1253-1260.
- Zervoudaki, S., Krasakopoulou, E., Moutsopoulos, T., Protopapa, M., Marro, S., Gazeau, F. (underreview). Copepod response to ocean acidification in a low nutrient-low chlorophyll environment in the NW Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, special issue "Ocean acidification in the Mediterranean Sea: pelagic mesocosm experiments". Champenois W., & Borges, A.V. (2012) Seasonal and inter-annual variations of community metabolism rates of a *Posidonia oceanica* seagrass meadow, *Limnology and Oceanography*, 57(1), 347-361.

Livres et chapitres de livres

- Gobert S., Abadie A. (2017) La plante de la mer du milieu- La posidonie
- Gobert, S., Aurélia Chéry, Alexandre Volpon, Corinne Pelaprat, & Pierre Lejeune. (2014). The Seascape as an Indicator of Environmental Interest and Quality of the Mediterranean Benthos: The *in Situ* Development of a Description Index: The LIMA. In O., Musard (Ed.), *Underwater Seascape*. Switzerland: Springer International, pp. 273-287.
- Hecq J.-H, Collignon A., Goffart A. (2014). Atlas du zooplancton des eaux côtières corses. Travail de synthèse réalisé à la demande de l'Agence de l'Eau RMC, France, 166 pp.
- Pillet, M., Marengo, M., Gobert, S., Lejeune, P., Leduc, M., Fullgrabe, L., ... & Thomas, H. (2021). Environmental Quality of Coastal Areas in the Mediterranean Sea and Potential Risks to Human Health. *Marine Environmental Quality: Healthy Coastal Waters*, 103-143.

Communications à des congrès scientifiques internationaux

- Abadie A., Richir J., Pieraccini R., Velimirov B., Leduc M., Lepoint G., Gobert S. (2016) Investigating the potential of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson as a coastal carbon sink coupling marine habitat cartographies and *in situ* nondestructive sampling. Paper presented at the 2th International Seagrass Biology Workshop, Nant Gwrtheyrn, Wales.
- Abadie A., Bonacorsi M., Gobert S., Lejeune P., Pergent G., Pergent-Martini C. (2015) Patch types in *Posidonia oceanica* meadows around Corsica. How can we use them in seascape ecology? Paper presented at the 4th Mediterranean Seagrass Workshop, Oristano, Italy.

- Abadie A., Joussemae M., Lejeune P., Gobert S. (2015) Mapping *Posidonia oceanica* meadows through time. A story of precision, evaluation and fragmentation. Paper presented at the 4th Mediterranean Seagrass Workshop, Orlano, Italy.
- Abadie, A., Gobert, S., & Lejeune, P. (2014, July 05). Islands as reference stations for environmental studies: the case of Calvi Bay in Corsica. Paper presented at RETI conference 2014, Charlottetown, Canada.
- Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., & Gobert, S. (2014, May). Sediment oxidation by seagrasses: Influence on the S cycle in *Posidonia oceanica* (L.) Delile intermatte dynamic. Poster session presented at The 46th International Liege colloquium - Low oxygen environments in marine, estuarine and fresh waters, Liège, Belgium.
- Baudouin M., Marengo M., Pere A., Culoli J.-M., Santoni M.-C., Marchand B., Durieux E.D.B. Comparison of otolith and scale readings for age estimation of common dentex. 5th International Otolith Symposium. ICES. October 20-24, 2014. Mallorca, Spain.
- Bolgan M., Di Iorio L., Dailianis T., Catalan I., Lejeune P., Parmentier E. (2019) Vocal fish communities in Mediterranean *Posidonia oceanica* meadows and adjacent areas. International Bioacoustics Congress. United Kingdom
- Borges A.V. & W. Champenois, Seasonal and inter-annual variations of gross primary production, community respiration, and net community production of a seagrass meadow. 45th International Liege Colloquium, Primary production in the ocean: from the synoptic to the global scale, Liège, Belgium, 13-17 May 2013.
- Borges A., Champenois W. (2018) Inter-annual variations over a decade of primary production of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. 50th International Liege Colloquium on Ocean Dynamics, Liège, Belgique.
- Boulenger, A., Marengo, M., Lepoint, G., Karin Didderen, Wouter Lengkeek, Pierre Boissery, & Gobert, S. (2024). Assessment of different transplantation methods for *Posidonia oceanica* meadows restoration by means of morphological and physiological traits [Paper presentation]. 2024 World Seagrass Conference & 15th International Seagrass Biology Workshop, Naples, Italy.
- Bousquet C., Bouet M., Mourier J., Marengo M., Duchaud C., Culoli J.M., Santoni M.C., Durieux E. (2024). Collaboration with artisanal fishers to improve shark and ray knowledge in Corsica [Paper presentation]. Thessaloniki, Greece, 21-24 October 2024.
- Cariou, N., Chery, A., Joussemae, M., Richir, J., Lejeune, P., & Gobert, S. (2013). L'indice paysager *Caulerpa racemosa* "I.Ca.r". In Ifremer (Ed.), CARtographie des HABitats Marins Benthiques : de l'Acquisition à la Restitution. Brest, France.
- Champenois W. & A.V. Borges, Seasonal and inter-annual variations of community metabolism rates of a *Posidonia oceanica* seagrass meadow based on continuous oxygen measurements with optodes. 46th international Liege colloquium, Low oxygen environments in marine, estuarine and fresh waters, 5-9 May 2014, Liège, Belgium.
- Champenois W. & A.V. Borges, Seasonal and inter-annual variations of community metabolism rates of a *Posidonia oceanica* seagrass meadow, European Geosciences Union General Assembly 2012, 22 – 27 April 2012, Vienna, Austria.
- Champenois W., G. Lepoint & A.V. Borges, Evaluation of gross primary production, community respiration, and net community production in various benthic communities (*Posidonia oceanica* seagrass meadow, *Posidonia oceanica* litter, epilithic macro-algae) in the Bay of Revellata (Corsica) using optodes. 45th International Liege Colloquium, Primary production in the ocean: from the synoptic to the global scale, Liège, Belgium, 13-17 May 2013 – poster.
- Collard, F., Remy, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., & Lepoint, G. (2014, December 12). When microplastic is not microplastic: ingestion of artificial cellulose fibers by macrofauna living in seagrass macrophytodepositus. Poster session presented at 21st Benelux Congress of Zoology, Liège, Belgium.
- Collignon A., Hecq J.-H., Goffart A (2014). Abundance and variability of jellyfishes in the Bay of Calvi, Corsica. Universita Degli Studi di Messina, Italy.
- Collignon A., Hecq J.-H., Goffart A. (2012). Understanding drastic changes in zooplankton and medusae communities over the 2003-2011 period in the Mediterranean Sea (Corsica). Paper presented at 2012 Aslo aquatic Sciences Meeting : Voyages of Discovery, Lake Biwa, Japan.
- Donnay, A., Pelaprat, C., Fréjefond, C., Gobert, S., & Lejeune, P. (2013). Soft-bottom macrobenthos monitoring in the framework of the STARECAPMED program. CIESM Congress Proceedings n°40. France.
- Donnay, A., Pelaprat, C., Lejeune, P., & Gobert, S. (2014, December). Taxonomic sufficiency for soft- bottom macrozoobenthos long term study - A case study in Corsica. Poster session presented at Zoology 2014, Liège, Belgium.
- Donnay, A. (2015). Soft bottom macrofauna monitoring under anthropogenic influences in Calvi bay, Corsica: Methodological simplifications. BEWG Meeting

- Donnay, A. (2016). Simplified methodology to study soft-bottom macrofauna in Corsica, France - Fish Farming influence's study case. Benthos Ecology Working Group Meeting.
- Elkalay K., Frangoulis C., Richir J., Damsiri Z., Natij L., Khalil K. (2016) Modelling nitrogen incorporation by primary producers of a Mediterranean coastal area. Paper presented at The International Society for Ecological Modelling Global Conference 2016, Baltimore, MD, USA.
- Felisberto P., F. Zabel, O. Rodriguez, P. Santos, S.M. Jesus, W. Champenois, A.V. Borges, & R Santos. Correlation between the acoustic noise field measured in a *Posidonia oceanica* bed and the photosynthetic activity, 46th International Liège Colloquium, Low oxygen environments in marine, estuarine and fresh waters, 5-9 May 2014, Liège, Belgium.
- Felisberto P., F. Zabel, O. Rodriguez, P. Santos, S. M. Jesus, W. Champenois, A. V. Borges, & R. Santos. Using active and passive acoustics to assess O₂ production of a *Posidonia oceanica* meadow. Workshop Seagrasses in Europe: Threats, Responses and Management, Olhão, Portugal, 4-6 March 2014, poster.
- Felisberto, P., Silva, J. P., Jesus, S. M., Silva, A. J., Silva, A. T., Silva, J., ... & Pousão, P. (2019, October). Tank and field experiments of short-range acoustic propagation through a seagrass canopy. In OCEANS 2019 MTS/IEEE SEATTLE (pp. 1-6). IEEE.
- Fullgrabe L., Richir J., Batigny A., Leduc M., Dauby P., Lejeune P., Grosjean P., Gobert S. (2016) Exploring a Mediterranean mesozooplankton 13 year time-series. Paper presented at Belgian and Dutch Royal Societies of Zoology, Antwerp, Belgium.
- Gobert S. (2016) Importance de l'océan pour la régulation du climat de nos régions. Paper presented at Premier Colloque du Plan Climat, La Reid Theux, Belgique.
- Gobert, S., & Richir, J. (2013). Recent advances in the biomonitoring of trace elements using *P. oceanica* (L.) Delile. In G. J., de Lange, M., Gacic, A., Romaña, M., da Costa, F., Boero, C., Turan, & E., Sala (Eds.), 40th CIESM Congress Proceedings. Marseille, France: CIESM.
- Gobert, S., & Richir, J. (2014). Trace element bioaccumulation and compartmentalization in the invasive algae *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* from the Calvi Bay, Corsica. In H., Langar, C., Bouafif, & A., Ouerghi (Eds.), Proceedings of the 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (pp. 212-213). Tunis: RAC/SPA publ.
- Gobert, S., Lejeune, P., Chéry, A., Boissery, P., Sartoretto, S., Andral, B., Lepoint, G., & Richir, J. (2012). Assessment of the ecological status of *P. oceanica* meadow with a no destructive shoot method. Proceedings of the Mediterranean Seagrass Workshop 2012. Essaouira, Morocco.
- Gobert, S., G. Lepoint, J. Silva, R. Santos, P. Lejeune, P. du Jardin, B. Delvaux, J.-T. Cornelis, & J. Richir (2015, May 18-22). A consensual Diving-PAM protocol to monitor *Posidonia oceanica* photosynthesis. Oristano, Sardinia (Italy). 4th Mediterranean Seagrass Workshop, oral communication.
- Gobert S. (2018) Double offensive en Méditerranée: changement climatique et pression anthropique. Colloque Attac, Seraing, Belgique.
- Gobert, S., Fullgrabe, L., Fontaine, Q., Marengo, M., Leduc, M., Garrido, M., & Lejeune, P. (2019). Climate change on seawater column: physical and biological consequences. Medcoast 19 ; Marmaris, Turquie.
- Goffart A., Collignon A., Hecq J.-H. (2015). Control of plankton phenology by climate variation in a Mediterranean coastal area: Results from a long-term study (1979-2011). Paper presented at Effects of Climate Change on the World's Oceans, 3rd International Symposium, Santos, Brazil.
- Goffart A., Hecq J.-H., Collignon A., Legendre L. (2013). Nutrient and phytoplankton responses to external forcing in a Mediterranean coastal area unbaised by terrestrial inputs and local activities (Calvi, Corsica). Poster session presented at IMBER IMBIZO III, the future of marine biogeochemistry, ecosystems and societies, funded as Eurocean Conference, Goa, India.
- Goffart, A., Hecq, J.-H., Legendre, L. (2014). Control of phytoplankton bloom by winter conditions in a Mediterranean coastal area: Results from a long-term study (1979–2011). Poster session presented at 2014 Ocean Sciences Meeting, Honolulu, United States.
- Goffart, A., Lejeune, P., Gohin, F., & Coudray, S. (2019). Response of phytoplankton to climate-driven changes in a Mediterranean coastal area: results from 4 decades of observations (1979-2018).
- Goffart A., Hecq J.H., Baldi Y., Collignon A., Coudray S., Marco-Mirallès F., Lejeune P. (2018) Interaction between climate forcing and plankton communities in a pristine NW Mediterranean site, the Bay of Calvi (Corsica) : a long term study. 50th International Liege Colloquium on Ocean Dynamics - Long-term studies in oceanography, Liège, Belgique.

- Lepoint G., Borges A., Champenois W., Darchambeau F., Dauby P., Gobert S., Mascart T., Michel L., Remy F., Sturaro N., De Troch M. (2016) Diversity, dynamics and trophic ecology of animal communities associated to *Posidonia oceanica* (L.) Delile macrophytodeital accumulation: synthesis of a ten year study. Paper presented at International Seagrass Biology Workshop (ISBW 12), Nant Gwrtheyrn, Wales.
- Lepoint G., A.V. Borges, F. Darchambeau, P. Dauby, T. Mascart, F. Remy, & W. Champenois. A descriptive study of physico-chemical characteristics of *Posidonia* litter accumulation, International Seagrass Biology Workshop, Rio de Janeiro, Brazil, 18-25 November 2012.
- Lepoint, G., Balancier, B., & Gobert, S. (2012, May 31). Seasonal and depth-related distributions of epiphytic Bryozoa in a Mediterranean seagrass meadow. Poster session presented at 3rd Mediterranean Seagrass Workshop (MSW2012), Essaouira, Morocco.
- Lepoint, G., Borges, A., Darchambeau, F., Dauby, P., Mascart, T., Remy, F., & Champenois, W. (2012). A descriptive study of physico-chemical characteristics of *Posidonia oceanica* litter accumulation. Poster session presented at 10th International Seagrass Biology Workshop (25- 30 November, Rio de Janeiro, Brazil), Buzos (Rio de Janeiro), Brazil.
- Lepoint, G., Mouchette, O., Pelaprat, C., & Gobert, S. (2012, November 26). A study of Electra posidoniae Gautier (Cheleistomata, Anasca), a bryozoan strictly found as epiphyte of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Poster session presented at 10th International Seagrass Biology Workshop (25-30 November, Rio de Janeiro, Brazil), Buzos (Rio de Janeiro, Brazil).
- Magnier C., Gervaise C., Pelaprat C., Bourdon R., Dufrechou L. (2016) Contribution of the ship radiated noises to the soundscape of the Bay of Calvi during the summer. Paper presented at the Fourth International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life, Dublin, Ireland.
- Marengo, M., Iborra, L., Tomasi, N., Cancemi, M., & Gobert, S. (2019). Spatio-temporal catch variation of the spiny lobster (*palinurus elephas*): implications for the management in Calvi/Cap corse. In 42nd CIESM Congress Proceedings (Vol. 42).
- Mascart T., De Troch M., Remy F. (2016) Trophic diversity of seagrass detritus copepods: A consequence of species-specific specialization or a random diet? Paper presented at the Mares Conference on Marine Ecosystems Health and Conservation 2016 Collection, Olhao, Portugal.
- Mascart, T., De Troch, M., Gobert, S., Biondo, R., Remy, F., & Lepoint, G. (2014, May 05). Hypoxia in macrophytodeitus accumulation: Species specific harpacticoid copepod adaptation? Poster session presented at 46th International GHER Colloquium, Liège, Belgium.
- Mascart, T., De Troch, M., Remy, F., & Lepoint, G. (2012, August 21). Trophic and specific diversity of harpacticoid copepods associated to *Posidonia oceanica* macrophytodeitus. Poster session presented at 8th ISOECOL International Conference on Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies, Brest, France.
- Mascart, T., De Troch, M., Remy, F., & Lepoint, G. (2014, August 04). Feeding ecology of harpacticoid copepod species: Insights from stable isotopes analysis and fatty acid profiling. Paper presented at 9th International Conference on the Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies (IsoEcol 9), Perth, Australia.
- Mascart, T., Lepoint, G., Biondo, R., Remy, F., Agusto, L., & De Troch, M. (2014, December 12). Colonization of a new habitat by copepods: An in situ experiment. Paper presented at Zoology 2014 (21th Benelux congress of Zoology), Liège, Belgium.
- Mascart, T., Lepoint, G., Remy, F., Gobert, S., Dauby, P., & De Troch, M. (2014, March 07). Corsican seagrass detritus: An opportune shelter or a copepod Eldorado? Poster session presented at 14th VLIZ Young Marine Scientist Day, Brugge, Belgium.
- Michel, L., Dauby, P., Gobert, S., Graeve, M., Thelen, N., & Lepoint, G. (2012, August 20). Trophic tracers reveal considerable diversity among diets of dominant amphipods from *Posidonia oceanica* seagrass meadows. Poster session presented at 8th International Conference on Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies (IsoEcol), Brest, France.
- Patrissi M, Astrou A, Pelaprat C, Lejeune P, Michel L, Pere A. From nets to bottom traps: Is exploitation of Norway lobsters a suitable option for Corsican common spiny lobster fishermen? 10th International Conference on Lobster Biology and Management - Lobsters in a Changing Climate. May. 18–23, 2014. Cancún, México.
- Patrissi M, Astrou A, Pere A, Pelaprat C. The professional fishery of sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Corsica island, France. Zoology 2014. December 12-13, 2014. Liège, Belgium.
- Pere A, Astrou A, Patrissi M, Michel L, Pelaprat C. 2014. Long term spatial and temporal variability in catches of common spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) in Corsica (NW Mediterranean): fisheries trends, biological trends or both? 10th International Conference on Lobster Biology and Management - Lobsters in a Changing Climate. Cancún, México, May 18–23, 2014.

- Pete D., Alvera Azcarate A., Gobert S. (2016) Relationships between environmental parameters and the microbenthic loop of *Posidonia oceanica* meadows at small spatial scale. Paper presented at the 23rd Congress of Zoology, Antwerp, Belgium.
- Pete, D., & Gobert, S. (2014, December). Impact of shading on meiofauna in a *Posidonia oceanica* meadow. Poster session presented at Zoology 2014, 21st Benelux Congress of Zoology, Liege, Belgium.
- Pete, D., Quattrocchi, L., Velimirov, B., Lepoint, G., & Gobert, S. (2012). An overview of the microbenthic loop in *Posidonia oceanica* meadows: the good, the bad and the ugly. In J. C., Creed & S. S., Oigman-Pszczol (Eds.), Proceedings of the 10th International Seagrass Biology Workshop (ISBW10), 25-30 November 2012, Armação dos Búzios, Brazil (pp. 39). Rio de Janeiro, Brésil: Instituto Biodiversidade Marinha.
- Remy F., Michel L., Sturaro N. (2016) The secret life of a Mediterranean seagrass litter macrofauna community : a history of oxygen Paper presented at the Vliz 16th Marine Scientists Day, Bruges, Belgique.
- Remy, F., Mascart, T., Dauby, P., & Lepoint, G. (2012, August 20). Leaf fall impact on diversity and trophic ecology of vagile macrofauna associated with exported *P. oceanica* litter. Poster session presented at 8th ISOECOL International Conference on Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies, Brest, France.
- Remy, F., Mascart, T., Dauby, P., Gobert, S., & Lepoint, G. (2014, May 06). Has oxygen depletion an impact on nutrients and macrofauna in a highly dynamic macrophytodebris accumulation? Poster session presented at 46th GHER Liège International Colloquium 2014, Liège, Belgique.
- Remy, F., Melchior, A., Darchambeau, F., & Lepoint, G. (2014, August 04). Turnover rates of carbon and nitrogen stable isotopes in the amphipod *Gammarus aequicauda*: Insights for trophic studies of Mediterranean macrophytodebris accumulation. Paper presented at 9th IsoEcol, International Conference on the Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies, Perth, Australie.
- Richir J., Abadie A., Grosjean P., Franck F., Lepoint G., Lejeune P., Silva J., Santos R., Gobert S. (2016) A one year survey of seagrass primary productivity using the diving-PAM technique. Paper presented at the 2th International Seagrass Biology Workshop, Nant Gwrtheyrn, Wales.
- Richir, J., & Gobert, S. (2014). The conceptualization of trace element flows within *Posidonia oceanica* meadows: a collaborative proposal to fill knowledge gaps. In H., Langar, C., Bouafif, & A., Ouerghi (Eds.), Proceedings of the 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. Tunis:RAC/SPA publ.
- Richir, J., & Gobert, S. (2014, May 12). Trace element bioaccumulation in rope-grown *Mytilus galloprovincialis*: knowledge update. Poster session presented at SETAC Europe 24th Annual Meeting, Bâle, Suisse.
- Richir, J., Lejeune, P., & Gobert, S. (2014). New insights for an old topic: seagrasses as bioindicators of coastal trace element pollution. In Argyro Zenetos (Ed.), Mediterranean Marine Science. Hellas, Greece: HCMR.
- Richir, J., Lepoint, G., Donnay, A., & Gobert, S. (2014, December). Trace element kinetics in caged *Mytilus galloprovincialis*. Poster session presented at Zoology 2014, Liège, Belgium.
- Richir, J., Lepoint, G., Lejeune, P., & Gobert, S. (2014, December). Ecology of 20 trace elements in *Mytilus galloprovincialis*. Paper presented at Zoology 2014, Liège, Belgium.
- Richir, J., Luy, N., Lepoint, G., Biondo, R., & Gobert, S. (2012). Trace element kinetics in contaminated *Posidonia oceanica* meadow. Proceedings of the Mediterranean Seagrass Workshop 2012. Essaouira, Morocco.
- Richir, J., Sartoretto, S., & Gobert, S. (2013, December). The underestimation of seagrass biological cycle in the biomonitoring of coastal trace element pollution. Poster session presented at 9th SETAC Europe Special Science Symposium, Brussels, Belgium.
- Richir, J., F. Galgani, J. Benedicto, B. Andral, P. Lejeune, M. Salivas-Decaux, C. Lafabrie, C. Lopez y Royo, G. Pergent, C. Pergent-Martini, & S. Gobert (2015, May 18-22). Seagrasses or caged mussels to bioassess the contamination rate of Mediterranean coastal waters? That is the question. Oristano, Sardinia (Italy). 4th Mediterranean Seagrass Workshop, oral communication.
- Richir, J., M. Salivas-Decaux, C. Lafabrie, C. Lopez y Royo, P. Lejeune, G. Pergent, C. Pergent- Martini and S. Gobert (2015, May 18-22). Trace element contamination severity of coastal waters: A first bioassessment at the scale of the whole Mediterranean. Oristano, Sardinia (Italy). 4th Mediterranean Seagrass Workshop, oral communication.
- Richir, J., Abadie, A., Binard, M., Biondo, R., Boissery, P., Borges, A., Cimiterra, N., Collignon, A., Champenois, W., Donnay, A., Fréjefond, C., Goffart, A., Hecq, J.-H., Lejeune, P., Lepoint, G., Michel, L., Pelaprat, C., Pere, A., Sirjacobs, D., Thomé, J.-P., Volpon, A., & Gobert, S. (2015, November 08). STATION of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts: The STARECAPMED project. Paper presented at 5th Annual World Congress of Aquaculture and Fisheries, Qingdao, China.

- Richir, J., & Gobert, S. (2015, November 07). The trace element contamination of coastal waters: A holistic approach to environmental monitoring surveys. Paper presented at 4th Annual International Congress of Ocean (WCO), Qingdao, China.
- Richir, J., Lejeune, L., Lepoint, G., Das, K., & Gobert, S. (2015, November 07).) The spatial variability of trace element bioaccumulation processes: Tools to environmental management. Paper presented at 5th Annual World Congress of Marine Biotechnology (WCMB), Qingdao, China.
- Richir J., Abadie A., Borges A., Champenois W., Lepoint G., Santos R., Silva J., Lejeune P., Gobert S. (2018) PAM fluorometry research in *Posidonia oceanica*. FOCUS Young Scientists Day, Université de Liège, Belgique.
- Santos R., J. Silva, I. Olivé, M. Mendes, S. Cabaço, A.V. Borges, W. Champenois, & J. Runcie. Seagrass production: Linking individual, community and ecosystem carbon fluxes, 22nd Biennial CERF Conference Toward Resilient Coasts & Estuaries, Science for Sustainable Solutions, 3-7 November 2013, San Diego, California, USA, oral presentation.
- Sévéno, J., Sirjacobs, D., Lejeune, P., Baurain, D., Gobert, S., Badawi, M., ... & Mouget, J. L. (2019). Blue Haslea blooms in natural environment First investigations in Revellata bay, Corsica, France.
- Sirjacobs D., Pelaprat C., Leduc M., Volpon A., Chery A., Gobert S., Lejeune P. (2018) Seaweed distribution in Calvi bay : from 35 years of temporal changes towards R modelling of distribution maps. Poster pour le Colloque "Climate Change Biogeography - International Biogeographical Society Meeting" 20-24 March 2018, Evora, Portugal.
- Sirjacobs, D., Le Carrer, J., Katz, L., Agüera, A., Donnay, A., Carré, C., ... & Lejeune, P. (2019). Completing forty years of investigation on macroalgal distributions in Calvi Bay (Corsica, France).
- Sturaro, N., Lepoint, G., Pérez-Perera, A., Panzalis, P., Navone, A., & Gobert, S. (2013, October). Protection effects or natural variability? The case of seagrass amphipods. Paper presented at The International Marine Protected Areas Congress (IMPAC) 3, Marseille & Corsica, France.
- Wyffels, R., Sirjacobs, D., Lejeune, P. and Gobert, S., (2014, December). Ecological status of Mediterranean coastal ecosystem using quality indexes. Poster presented at the 21st Benelux Congress of Zoology, Liège, Belgium.

Conférences scientifiques dans des Universités ou Centres de Recherche

- Abadie, A. (2015, June 25). Caractéristiques des patchs dans les herbiers à *Posidonia oceanica* : origine naturelle versus origine anthropique. Journée des doctorants JDD, Corte, Corse, France.
- Abadie, A. (2014, June 26). L'ancre dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. Conséquences chimiques de la destruction mécanique? Journée des doctorants JDD, Corte, Corse, France.
- Collignon, A., Hecq, J.-H., Collard, F., & Goffart A. (2012). Accumulation de particules de microplastiques dans le neuston en Méditerranée Occidentale et au large de la Corse. Séminaire sur le milieu marin 2012 - DREAL, Calvi, Corse, France.
- Fullgrabe L., Grosjean P., Richir J. (2018) Evolution et variations à long terme du mésozooplancton de la baie de Calvi. Workshop STARECAPMED, STARESO, France.
- Gobert S., Richir J. (2017) Des indices pour la définition de l'état des masses d'eau en milieu marin, mises au point, applications et aide à la gestion. Colloque « L'eau pour le développement: Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les pays en Développement », Arlon, Belgique.
- Gobert, S. (2012). L'océanographie, c'est quoi? Communication présentée à la Conférence bio, Calvi, Corse, France.
- Gobert, S., & Richir, J. (2011, November 25). Contamination of the Marine Environment by trace metals: old and emergent elements, case studies and perspectives. Paper presented at Ecotoxicologie- Wallonie, Namur, Belgium.
- Gobert, S., Lepoint, G., Richir, J., Borges, A., & Lejeune, P. (2012, October 09). Seagrass productivity, from genes to ecosystem management - benthic incubations. Paper presented at COST Action Meeting, Berlin, Germany.
- Gobert, S., Lepoint, G., Richir, J., Borges, A., & Lejeune, P. (2012, May 07). Seagrass productivity, from genes to ecosystem management. Paper presented at COST Action Meeting, Nottingham, England.
- Goffart A., Collignon A., Lejeune P., Hecq JH. (2017) Thresholds of plankton community change in a Mediterranean coastal area : results from a long-term (1979-2014) time series. Poster pour le Colloque "IMBIZO V : Marine biosphere research for a sustainable ocean : Linking ecosystems, future states and resource management", Woods Hole, United States.

- Goffart A., Andral B., Baldi Y., Marco-Mirallès F., Lejeune P., Belin C. (2016) Contrôle de la variabilité interannuelle de la composition du phytoplancton de la baie de Calvi (Corse) par les facteurs environnementaux. Paper presented at Journées REPHY, Nantes, France.
- Goffart, A., Lejeune, P., Hecq, J.-H. (2012). Impact des mouillages forains sur la qualité de l'eau et du phytoplancton: résultats d'une étude préliminaire menée en baie de Calvi (Corse). Séminaire sur le milieu marin 2012 - DREAL, Calvi, Corse, France.
- Gobert S., Durieux E., El Idrissi O., Lefebvre L., Lejeune P., Pasqualini V., Richir J., Ternengo S., Marengo M. (2018) Contamination par les éléments traces en Méditerranée occidentale, focus sur la baie de Calvi et la Corse. Bilan et perspectives. Workshop STARECAPMED, STARESO, France.
- Iborra, L., Leduc, M., Gobert, S., & Cuny, P. (2021). Influence de la plongée sous-marine (Calvi, Corse): fréquentation, comportement des plongeurs et conséquences sur la communauté ichthyologique méditerranéenne. Avril 2021 ; Marseille.
- Lapeyra Martin J., Abadie A., Richir J. (2017) From seascape level to functional ecology: A case study over *P. oceanica* seagrass meadows in Calvi, Corsica. Paper presented at the colloque Carhamb'ar, Brest, France.
- Leduc M., Abadie A., Donnay A. (2017) STARECAPMED, des indices pour La Méditerranée. Paper presented at the colloque Carhamb'ar, Brest, France.
- Lejeune P., Gobert S. (2018) Changement climatique en milieu marin Milieu physique Exemples et conséquences. Journée de restitution du projet Report Card 2018. Université de Corse
- Magnier C., Gervaise C., Bourdon R., Dufrechou L., Boissery P., Pelaprat C. (2016) Reconnaissance non supervisée des embarcations d'une flottille côtière par acoustique passive - Application au management des aires marines protégées. Paper presented at the colloque Serenade, Brest, France.
- Marengo M., Patrissi M., Lejeune P., Gobert S. (2018) Utilisation d'indicateurs biologiques pour évaluer l'état des stocks d'espèces d'intérêt halieutique. Worskop MOONFISH, Cargèse, France.
- Michel, L., Borges, A., Champenois, W., Chery, A., Donnay, A., Gobert, S., Goffart, A., Hecq, J.-H., Pelaprat, C., Père, A., Thome, J.-P., Volpon, A., & Lejeune, P. STARECAPMED : Présentation générale du projet et exemple d'une action : "Impact de l'ancre sur la dynamique des herbiers de posidonies". Séminaire sur le milieu marin en Corse organisé par le DREAL Corse. 14-16 mai, 2012, Stareso, Calvi, Corse, France.
- Patrissi, M., & Père, A. Diversificazione della piccola pesca : prove di pesca con nasse a crostacei di profondità sul versante occidentale della Corsica. Progetto Marte +. 18 dicembre 2012. Cagliari, Italia.
- Patrissi, M., Père, A. Prove sperimentali per crostacei di profondità sul versante occidentale della Corsica : un' alternativa all' aragosta del Mediterraneo ? Progetto Marte +. 23 maggio 2013. Livorno, Italia.
- Père, A., Patrissi, M., Luzzi, J., Villain, E., & Lejeune, P. Diversification de la pêche artisanale : essais de nasses à crustacés profonds sur la façade occidentale de la Corse. Séminaire sur le milieu marin en Corse organisé par le DREAL Corse. 14-16 mai, 2012, Stareso, Calvi, Corse, France.
- Père, A. La langouste, biologie et pêche. Colloque Biodiva' Mare, lycée agricole de Sartène. 16 mars 2013, Propriano, Corse, France.
- Père, A. La pêche langoustière en Méditerranée - zoom sur la Corse. Cycle de conférence/débat, Association Septentrion. 1^{er} octobre 2014, Marseille, France.
- Père, A. Mais où sont les post-larves de la langouste rouge ? Journée de l'école doctorale, 29 juin 2012, Corte, Corse, France.
- Richir, J., Biondo, R., Bouquegneau, J.-M., & Gobert, S. (2011, December 02). *Posidonia oceanica*, a usefull tool to biomonitor the pollution of Mediterranean coastal areas by trace elements. Paper presented at Journée UNITER, Brussels, Belgium.
- Richir J., Abadie A., Borges A., Champenois W., Lepoint G., Santos R., Silva J., Walz S., Lejeune P., Engels G., Gobert S. (2018) Etude de la photosynthèse de *Posidonia oceanica* par fluorimétrie modulée. Workshop STARECAPMED, STARESO, France.
- Richir J., Abadie A., Borges A., Champenois W., Leduc M., Binard M., Fettweis X., Lejeune P., Boissery P., Gobert S. (2018) Etude des séries temporelles : exemple de la température de l'eau. Workshop STARECAPMED, STARESO, France.
- Sirjacobs D., Aguera Garcia A., Pelaprat C. (2017) Caractérisation des habitats et communautés benthiques en baie de Calvi (Corse) : évaluation du potentiel de l'imagerie ROV. Paper presented at the colloque Carhamb'ar, Brest, France.

Rapports de programmes scientifiques

- Astro A., Lejeune P., & Pere A., 2012. Etude de la pêche artisanale dans la zone du projet de nouveau port de commerce de Bastia sur le site de la Carbonite. Document de travail. Contrat Collectivité Territoriale de Corse. Stareso. 76 pp.
- Cornou A.-S., Dimeet J., Tétard A., Gaudou O., Dubé B., Fauconnet L., Rochet M.-J., 2013. Observations à bord des navires de pêche professionnelle. Bilan de l'échantillonnage 2012. Ifremer. 368 pp.
- Cornou A.-S., Dimeet J., Tétard A., Gaudou O., Quinio-Scavinner M., Fauconnet L., Dubé B., Rochet M.-J., 2014. Observations à bord des navires de pêche professionnelle. Bilan de l'échantillonnage 2013. Ifremer. 381 pp.
- Gobert S., & Richir J. (2017). Des indices pour la définition de l'état des masses d'eau en milieu marin, mises au point, applications et aide à la gestion. Paper presented at L'eau pour le développement: Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les pays en Développement, Arlon, Belgique.
- Iborra L., Leduc M., Patrissi M., Séverin T., Donnay A., Fullgrabe L., Marengo M. & Lejeune P. (2020) – Etude de l'influence de la plongée sous-marine sur le milieu marin en baie de Calvi. Contrat OFB/DIRMM/STARESO, 60pp
- Lejeune, P., Abadie, A., Binard, M., Biondo, R., Borges, A., Collignon, A., Champenois, W., Chéry, A., Diaz, D., Donnay, A., Fréjefond, C., Gobert, S., Goffard, A., Hecq, J-H., Joussemae, M., Lepoint, G., Michel, L., Pelaprat, C., Père, A., Sirjacobs, D., Thomé, J-P., Volpon, A., 2014. STARECAPMED (STAtion of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts): Rapport d'activité - Année 2013. Rapport de recherches, STARESO, 147 pp.
- Meconi U., Gagliardini Anibaldi L., Palladino S., Marchesan M., Frittelloni C., Catalani L., Piccinetti C., Marini M., Lucchetti A., Virgili M., Nardini A., Astro A., & Pere A., 2013. Pilot action – Concession de pêche transférable (CPT). Transférabilité, modes d'application et analyse de gestion pour la région méditerranéenne - Région Marche - Rapport Final. Projet Maremed/ Office de l'Environnement de la Corse/Stareso. 148 pp.
- Meconi, U., Gagliardini Anibaldi, L., Palladino, S., Marchesan, M., Frittelloni, C., Catalani, L., Piccinetti, C., Marini, M., Lucchetti, A., Virgili, M., Nardini, A., Astro, A., & Père, A., 2013. Recommendation paper on the applicability of a management model based on Transferable Concessions in the Mediterranean sea. Projet Maremed/ Office de l'Environnement de la Corse/Stareso. 28 pp.
- Michel, L., Abadie A., Binard, M., Biondo, R., Borges, A., Collignon, A., Champenois, W., Chéry, A., Donnay, A., Gobert, S., Goffart, A., Hecq, J.-H., Pelaprat, C., Pere A., Plaza, S., Thomé, J.-P., Volpon, A., & Lejeune, P., 2013. STARECAPMED (STAtion of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts): Rapport d'activité – Année 2012. Rapport de recherches, Stareso. 85 pp.
- Patrissi M., Astro A., Lejeune P., & Pere A., 2013. Diversification de la pêche artisanale : essais de nasses à crustacés profonds sur la façade occidentale de la Corse. Rapport final. Projet stratégique Marte+. Contrat Office de Développement Agricole et Rural de Corse - Stareso. 69 pp.
- Patrissi, M, Astro, A, Père, A, Pelaprat, C., 2014. Réalisation d'une étude biologique et halieutique sur l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en Corse. Contrat Office de l'Environnement de la Corse & Stareso. 75 pp.
- Richir, J., Abadie, A., Binard, M., Biondo, R., Borges, A., Cimiterra, N., Collignon, A., Champenois, W., Donnay, A., Frejefond, C., Gobert, S., Goffart, A., Lepoint, G., Pelaprat, C., Pere, A., Sirjacobs, D., Thomé, J-P., Volpon, A., Lejeune, P., 2015. STARECAPMED (STAtion of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts) Année 2014. Rapport de recherches, STARESO, 84pp.

Articles et présentations de vulgarisation

- Abadie A., Gobert S., Pergent G. (2017) Posidonies : Lire dans les prairies sous-maries. Article grand public, Espèces n°23, mars 2017.
- Gobert, S., Richir, J. (2015, February 23). Méditerranée: des sentinelles qui parlent vrai. Article published online in the non-specialist press. Reflexions, University of Liège Publ., Liège, Belgium. Fullgrabe et al. (2020). Les banquettes de posidonie : défenses naturelles contre l'érosion des plages. Article paru sur la plateforme de vulgarisation scientifique SEA(E)SCAPE <https://seaescape.fr/blog/2020/10/20/banquettes-posidonie/>

- Lefebvre L., Gobert S., Compère P., Vandewalle N., Léonard A., Plougonven E. (2018) Structures macroscopique et microscopique et formation des aegagropiles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813). Poster Sciences du vivant : Sciences aquatiques & océanologie, Liège, Belgique.
- Marengo M., Patrissi M., Lejeune P., Gobert S. (2018) Avis scientifique concernant la pêche du Corb en Corse. A la demande de la Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée (D.I.R.M)
- Richir, J. (2015, August 20). Sentinelles, à vos postes! Article published online in the non-specialist press. Reflexions, University of Liège Publ., Liège, Belgium.

Thèses de doctorat

- Abadie, A. (2016). Etude des intermattes des herbiers à *Posidonia oceanica*. . University of Liège, University of Corsica, Stareso
- Collignon, A. (2014). Abondance et variabilité des méduses en baie de Calvi (Corse). Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique, 186 pp.
- Champenois, W. (2020). Etude du métabolisme, à l'échelle de l'écosystème, de l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delille en baie de Calvi (Doctoral dissertation, Université de Liège, Liège, Belgique). Bonacorsi, M. (2012) - Caractérisation des peuplements benthiques du Cap Corse. Thèse de Doctorat. Université de Corse. 166pp.
- Donnay, A. (2016). Le macrobenthos du substrat meuble en zone infralittorale Corse. Indice et méthodologie adaptée pour un diagnostic écologique facilité. University of Liège/Ghent University, Belgium
- Garrido, M. (2012). Structure et fonction des communautés phytoplanctoniques en milieux côtiers marin et lagunaire (Méditerranée - Corse) dans une optique de gestion. Université de Liège, Belgique et Université de Corse, France, 219 pp.
- Iborra, L. (2019-2022). Effets de l'anthropisation sur les communautés de poissons : la baie de Calvi, un site de référence en Méditerranée nord-occidentale. Université d'Aix Marseille & Université de Liège
- Mascart, T. (2015). Seagrass macrophytodebris: a copepod hub - Species diversity, dynamics and trophic ecology of the meiofauna community in *Posidonia oceanica* leaf litter accumulations. University of Liège/Ghent University, Belgium, 256 pp.
- Père, A. (2012). Déclin des populations de langouste rouge et baisse de la ressource halieutique en Corse - Causes et perspectives. Université de Corse, France, 478 pp.
- Remy, F. (2016). Characterization, dynamics and trophic ecology of macrofauna associated to seagrass macrophytodebris accumulations (Calvi Bay, Mediterranean Sea). University of Liège
- Richir, J. (2012). Coastal pollution of the Mediterranean and extension of its biomonitoring to trace elements of emerging concern. University of Liège, Belgium, 224 pp
- Sturaro, N. (2012). Multiscale variability of amphipod assemblages in *Posidonia oceanica* meadows - A comparison between different protection levels. University of Liège, Belgium, 298 pp.
- Vermeulen, S. (2012). Spatial and temporal responses of marine gastropods and biofilms to urban wastewater pollution in a Mediterranean coastal area. University of Liège, Belgium, 212 pp.

Thèses de doctorat en cours

- Boulenger, A. (2021-2024). Restauration des herbiers de posidonies endommagés par l'ancre. Université de Liège
- Lefèvre, L. (2017-). Phénologie de l'herbier de *Posidonia oceanica* L. (Delile) 1813: contraintes biotique et abiotique de la variation à court, moyen et long termes. Université de Liège

Mémoires de master et rapports de stage

- Abadie, A., (2012). Evolution des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la baie de Calvi (Corse, France) et influence de l'ancre dans la baie de l'Alga. Mémoire de Master professionnel "Environnement Marin", Université Aix-Marseille, 46 pp.

- Aime, A. (2014) Etude de la concentration en dimethylsulfoniopropionate (DMSP) chez *Posidonia oceanica* en baie de Calvi (Corse). Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 45 pp.
- Atienzar M. (2024) - Variations temporelles de la composition en microplastiques et en zooplancton en baie de Calvi. Mémoire de Master 2. Université de Liège. 52pp.
- Berloo, A. (2014). La variabilité temporelle des méduses en baie de Calvi (Corse). Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 75 pp.
- Balsaux, L. (2023). Etat et suivi des communautés de gorgones et de spongiaires, dans un contexte de réchauffement climatique. Mémoire de Master 2 GILVHA. Université de Corse, 38 pp.
- Blayac, H. (2020), Evolution de l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 face aux influences climatiques et anthropiques en baie de Calvi (Corse, France). Master Sciences de la Mer, Université de la Sorbonne, 55 pp
- Boussard, A. (2016). Etude des paramètres physico-chimiques et de la quantification des pressions anthropiques de la station d'épuration de Calvi au sein du sujet STARECAPMED. Mémoire de Licence 3 « Biologie et écologie des organismes », 20pp.
- Bozio, L. (2016). Etude des pressions anthropiques au Fiume Seccu dans la baie de Calvi. Mémoire de Licence 3 « Biologie et écologie des organismes », 24pp.
- Burger M. (2021). La matrice mészooplanctonique comme bioindicateur de la contamination en éléments traces dans la baie de Calvi, Corse. Mémoire de Master 2. Université de Liège. 76 pages
- Cariou, N. (2012). La chlorobionte invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* en Corse. Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 80 pp.
- Chandieu, M. (2020). Influence de la plongée sous-marine en scaphandre autonome sur l'ichtyofaune de la Pointe de la Revellata (Corse, France). Master en biologie des organismes et écologie, à finalité approfondie. 49 pp
- Cnudde S. (2021). Can zooplankton be a bioindicator for trace elements contamination ? Mémoire de Master 2. Faculté des sciences d'Aix Marseilles & Institut Pythéas. 37 pages
- Collard F. (2012). Approche écologique du neuston en baie de Calvi. Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 53 pp. + annexes.
- Colienne, A. (2012). Ecologie et teneurs en éléments traces de l'Espadon (*Xiphias gladius* Linné) autour des côtes corses. Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 57 pp. + annexes.
- Couture, M. Suivi et quantification des pressions anthropiques en baie de Calvi. Mémoire de Master en Ingénierie Environnementale, Université de Liège, Belgique, et Université de Corse, France, 72 pp.
- Crampon A. (2019) - Caractérisation de la biodiversité de la faune et de la flore fixée à partir de micro- récifs artificiels en baie de Calvi, Corse. Mémoire de Master 2. Université de Bretagne Sud. 96 pp.
- Creemers, M. (2015). Comparaison d'intermatthes naturelles et anthropogéniques, par l'étude de paramètres biologiques et structurels de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, dans la baie de la Revellata (Calvi, Corse). Mémoire de Master en Biologie des Organismes et Ecologie à finalité approfondie. Université de Liège.
- Cuvillier, P. (2014). Etude des paramètres physiologiques de l'herbier à *Posidonia oceanica* adjacent aux intermatthes anthropiques et naturelles dans la baie de Calvi. Rapport de stage, Université Lille 1, France, 20 pp
- Delbeke L., (2018). Impact des contraintes environnementales sur le phytoplancton : le cas de la baie de Calvi, Corse, France. Mémoire de Master MARE, Université de Liège, 69p.
- Delva, S. (2014). Growth dynamics of *Posidonia oceanica* meadows surrounding a natural patch in the bay of Calvi (Corsica). Internship report, University of Leuven and University of Liège, Belgium, 10 pp.
- Devleeschouwer V. (2019) - Evaluation de la population de *Chromis chromis* en baie de Calvi et analyse de son régime alimentaire. Mémoire de Master 2. Université de Liège. 80pp.
- Doutreloux N. (2019) – Dynamic and process of *Palinurus elephas* (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) recruitment: case of the Calvi-Balagne strata. Rapport de stage de Master 2 : Marine Environment and Resources (MER). Université du Pays Basque. 38 pp.
- Drion, R., 2014. Analyse fonctionnelle de la diversité du macrobenthos par leurs traits biologiques (Plateau continental nord-ouest de la mer Noire et baie de Calvi en mer Méditerranée). Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 76 pp.
- Dussutour, P. (2015). Impact de l'ancre sur l'herbier à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile en vue de mettre en place un indice d'impact : cas de la baie de l'Alga (Corse, France). Mémoire de Master en Océanographie à finalité approfondie, option océanographie. Université de Liège.

- Faller-Galerneau Pierre-Aurélien (2013). Réponses des communautés phytoplanctoniques corses aux pressions exercées par l'aquaculture et le mouillage forain. Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 54 pp.
- Fontaine Q. (2017). Réponse des écosystèmes méditerranéens au changement climatique global et aux pressions anthropiques locales. Mémoire de Master « Expertise et gestion du littoral », 80pp.
- Frankart, T. (2016). Teneurs en éléments traces des épithètes de posidonies: variation spatiales et temporelles. Mémoire de Master. Programme ERASMUS.
- Frippiat, D. (2013). Conception et implémentation d'un prototype de base de données spatiales pour la station scientifique de STARESO. Mémoire de Master en Sciences Géographiques, Université de Liège, Belgique. 153 pp.
- Fullgrabe, L. (2016). Use and application of the zooscan. Mémoire de Master. Programme ERASMUS.
- Gain, H. (2016) Transfer of trace elements from sand to trophic food chains in the Mediterranean coastal areas, Calvi Bay, France: A preliminary study. Mémoire de Master. Programme ERASMUS.
- Garcia J. (2024) - Etude des dynamiques temporelles des communautés de zooplancton au sein de la baie de Calvi (Haute-Corse). Mémoire de Master 2. Université de Corte. 36pp.
- Glotz V. (2019) - Détermination des concentrations de 20 éléments traces dans les poissons des petits fonds de la côte ouest de la Corse. Mémoire de Master 2. Université de Liège. 76pp.
- Ghyselen G. (2016) Relation entre l'état physiologique mesurées au Diving Pam et les teneurs en pigments chlorophylliens chez *P.oceanica*. Mémoire de Master. Programme ERASMUS.
- Gillard, B. (2013) Variabilité spatiale du zooplankton en relation avec l'environnement du front liguro-provençal (Secteur Corse). Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 60 pp.
- Graux, M. (2012). Description du statut trophique des eaux côtières: mesures environnementales associées à l'utilisation du bioindicateur *Mytilus galloprovincialis*. Mémoire de Baccalauréat en Sciences Agronomiques, Campus de Ciney, Belgique, 101 pp.
- Humbert, S. (2016). Application d'une méthodologie simplifiée de caractérisation des communautés macrobenthiques des substrats meubles : Cas de l'influence de Caulerpa en baie de Calvi (Corse). Mémoire de Master Océanographie cotière à finalité recherche, Université de Bordeaux. 57 pp
- Iborra, L. (2016). Suivi de l'évolution de l'effet réserve du cantonnement de pêche de Calvi et des peuplement ichthyologiques de la baie de Calvi. Mémoire de Master professionnel "Environnement Marin", Université Aix-Marseille, 46 pp.
- Katz L. (2019) - Évaluation de l'imagerie ROV pour l'étude des communautés de macroalgues en baie de Calvi (Corse). Mémoire de Master 2. Université Libre de Bruxelles. 112pp.
- Lapeyra, J. (2016). Edge effects in *P.oceanica* meadow. Mémoire de Master. Programme ERASMUS.
- Le Carrer J., (2018). Evaluation spatio-temporelle des communautés algales côtières en baie de Calvi. Mémoire de Master SML, Université de Bretagne Occidentale, 55p.
- Léonard, C. (2012). Elaboration d'une méthodologie d'évaluation de l'état de *Posidonia oceanica* par le biais de l'outil Diving-PAM. Mémoire de Master en Bioingénieur en Chimie et Bio-industries. Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, 90 pp.
- Linotte J. (2019) - Surveillance et états des lieux d'algues envahissantes en baie de Calvi, Corse: *Caulerpa cylindracea* et les algues filamenteuses. Mémoire de Master 2. Université de Liège. 77pp.
- Lorieux D. (2019) - Étude de l'influence du changement climatique sur la colonne d'eau en baie de Calvi dans le cadre du programme STARECAPMED. Mémoire de Master 2. Université Toulouse III. 48pp.
- Mellet, N. (2021) Suivi de l'évolution de la biodiversité des écosystèmes de substrat dur via la réalisation d'indice écologique LIMA Mémoire de Master Sciences de la mer parcours Océanographie Biologique et Écologie Marine, Université Aix Marseille, 41 pages
- Mettetal F. (2024) - Suivi environnemental initial des structures portuaires de San Damiano, commune d'Algajola. Mémoire de Licence 2. Université Paris-Saclay. 24pp.
- Mistri, N. (2016) Trace element contents in *P.oceanica* shoots around sandy patches. Mémoire de Master. Programme ERASMUS.
- Patrissi, M. (2012). Diversification de la pêche artisanale: Essais de nasses à crustacés profonds sur la façade occidentale de la Corse. Mémoire de Master en Sciences et Techniques, Université Montpellier 2, France, 92 pp.

- Pires D. (2021). Etude des dynamiques du phytoplancton en baie de Calvi. Mémoire de 2^{ème} année de licence Sciences Techniques, Université de Corte. 30 pages
- Poggionovo, O. (2014). Analyse de données biologiques et physico-chimiques pour la mise en évidence des variations anthropiques face aux variations naturelles dans le cadre du projet STARECAPMED (2012-2014) en baie de Calvi. Mémoire de Master 2 en Gestion Intégrée du Littoral et des Ecosystèmes, Université de Corse, France, 30 pp.
- Quivy T. (2018). Le mészooplancton de la baie de Calvi, Corse : une étude comparative entre traits verticaux et horizontaux. Mémoire de Master EcoNum, Université de Mons, 97p.
- Richard J. (2017). Suivi et quantification des pressions anthropiques de la baie de Calvi. Mémoire de Master professionnel « Environnement marin », 43pp.
- Rondiat E. (August 2020), Spatial and temporal evolution of the seagrass meadow *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) in the Revellata Bay (Calvi, Corsa). Master thesis. Faculty of Sciences, University of Liège. 50 pages
- Saint jacob A. (2024) - Mise en service de matériel océanographique et d'étude sous-marine. Rapport année de césure. Université de Toulon. 49pp.
- Seibel L. (2024) - Evaluating various methods for assessing population density and ecology of the common octopus (*Octopus vulgaris*) in Corsica (Western Mediterranean Sea). Mémoire de Master 2. Université de Liège. 54pp.
- Seigneur K. (2024) – Etude de la variabilité spatiale de la concentration en éléments traces et en hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le mészooplancton de la baie de Calvi. Mémoire de Master 2. Université de Liège. 61pp.
- Seimandi, T. (2023). L'utilisation d'un logiciel d'intelligence artificielle de photo-identification pour étudier la structure démographique de populations de mérous brun (*Epinephelus marginatus*) en Méditerranée occidentale. Mémoire de Master 1 Sciences Pour l'Environnement parcours Gestion de l'Environnement et Écologie Littorale ; Université de La Rochelle, 29 pp.
- Scholten N., (2018). Suivi de l'évolution du substrat dur en baie de Calvi dans le cadre du programme STARECAPMED. Mémoire de Master, Université Montpellier, 73 pp.
- Tejerizo Fuertes, A. (2019). Détermination de 20 éléments traces dans le *Chromis chromis* et dénombrement de leur population dans la baie de Calvi. Mémoire de Master 2. Université de Liège. 63pp.
- Thiers F. (2024) – Évaluation de l'activité de pêche récréative au sein du Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate. Mémoire de Master 1. Université de Tours. 80pp.
- Thumerel, R. (2020). Comparaison de la communauté ichtyologique entre les sites de la Revellata et l'émissaire en mer de la baie de Calvi.
- Valleteau, C. (2020). La pêche de loisir maritime en Balagne (Corse) : quantification, caractérisation et variations spatio-temporelles. Mémoire de Master 2 STAAE, Université de Pau et des Pays de l'Adour. 57 pp.
- Warzé, M. (2015). The conceptualization of trace element distribution and flows within *Posidonia oceanica* meadows, written in Energy Circuit Language. Professional training, master 2 in Biology, University of Namur. 23 pp.
- Wyffels, R. (2014). Détermination du statut écologique d'un milieu côtier méditerranéen (Corse : face à STARESO) par évaluation de l'état de peuplements et par recensement d'habitats. Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 57 pp. + annexe.

BIBLIOGRAPHIE CITEE DANS LE RAPPORT

Abadie, A. (2016). Etude des intermattes des herbiers à *Posidonia oceanica*. Thèse de doctorat, Université de Liège, University de Corse, Stareso SAS, 342 pp.

Acunto S., Maltagliati F., Rindi F., Rossi F., Cinelli F., 1995. - Osservazioni su una prateria di *Halophila stipulacea* (Forssk.) Aschers. (Hydrocharitaceae) nel Mar Tirreno meridionale. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. B, 102: 19-22.

Ajana, R., Techetach, M. and Saoud, Y., (2018). Length-weight relationship and fulton's condition factor of the common octopus *Octopus vulgaris* in the Moroccan Mediterranean coast. Journal of Biology and Nature, 9(3), pp.95-100.

Alagna A., Vega Fernández T., Terlizzi A. et Badalamenti F. (2013). Influence of microhabitat on seedling survival and growth of the mediterranean seagrass *posidonia oceanica* (L.) delile. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 119. ISSN 02727714.

Alonso-Fernández, A., Otero, J., Bañón, R., Campelos, J. M., Santos, J., & Mucientes, G. (2016). Sex ratio variation in an exploited population of common octopus: ontogenetic shifts and spatio-temporal dynamics. Hydrobiologia, 794, 1-16.

Alonso-Fernández, A., Otero, J., Bañón, R., Campelos, J. M., Santos, J., & Mucientes, G. (2017). Sex ratio variation in an exploited population of common octopus: ontogenetic shifts and spatio-temporal dynamics. Hydrobiologia, 794, 1-16.

Alós, J., M. Cabanellas-Reboredo, et S. Lowerre-Barbieri. (2012). « Diel Behaviour and Habitat Utilisation by the Pearly Razorfish during the Spawning Season ». Marine Ecology Progress Series 460 (24 juillet 2012): 207-20. <https://doi.org/10.3354/meps09755>.

Amoussou, N., Marengo, M., Iko Afé, O. H., Lejeune, P., Durieux, É. D. H., Douny, C., ... & Gobert, S. (2022). Comparison of fatty acid profiles of two cultivated and wild marine fish from Mediterranean Sea. Aquaculture International, 1-18.

Andromède Océanologie (2011). Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux du site Natura 2000 "Cap Martin FR 9301995" (Contrat Andromède Océanologie/Agence Des Aires Marines Protégées).

Arlinghaus R, Tillner R, Bork M (2015). Explaining participation rate in recreational fishing across industrialised countries. Fisheries Management and Ecology 22:45–55

Balestri E., Vallerini F. et Lardicci C. (2017). Recruitment and patch establishment by seed in the seagrass *posidonia oceanica* : Importance and conservation implications. Frontiers in Plant Science, 8. ISSN 1664462X.

Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L., & De Torres, M. (2007). A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. Marine pollution bulletin, 55(1-6), 172-180.

Bally, M., & Garrabou, J. (2007). Thermodependent bacterial pathogens and mass mortalities in temperate benthic communities: a new case of emerging disease linked to climate change. Global Change Biology, 13(10), 2078-2088.

Bandín, I., & Souto, S. (2020). Betanodavirus and VER disease: a 30-year research review. Pathogens, 9(2), 106.

Battaglia, P., Andaloro, F., Consoli, P., Pedà, C., Raicevich, S., et al., (2017). Baseline data to characterize and manage the small-scale fishery (SSF) of an oncoming Marine Protected Area (Cape Milazzo, Italy) in the Western Mediterranean Sea. Ocean Coast. Manag. 148, 231–244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.08.014>.

Bernard, P., Couasnon, F., Souibiran, J. P., & Goujon, J. F. (1988). Surveillance estivale de la méduse *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphozoa) sur les côtes méditerranéennes françaises. Annales de l'Institut Océanographique, Paris, 64(2), 115-125.

BIBLIOGRAPHIE

- Belcari, P., Cuccu, D., González, M., Srairi, A.L.I. and Vidoris, P., (2002). Distribution and abundance of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda: Octopoda) in the Mediterranean sea. *Scientia Marina*, 66(S2), pp.157-166.
- Belzunce M., Navarro R. M. et Rapoport H F. (2005). Seed and early plantlet structure of the mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany*, 82. ISSN 03043770.
- Bianco, P. G., Zupo, V., & Ketmaier, V. (2006). Occurrence of the scalloped ribbonfish *Zu cristatus* (Lampridiformes) in coastal waters of the central Tyrrhenian Sea, Italy. *Journal of fish Biology*, 68(A), 150-155.
- Bini, G. (1970). *Atlante dei pesci delle coste italiane* (Vol.3). Mondo sommerso.
- Borme, D., & Voltolina, F. (2006). On the occurrence of ribbon fish *Trachipterus trachypterus* (Gmelin, 1789) in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). In *Annales: Series Historia Naturalis* (Vol. 16, No. 2, p. 181). Scientific and Research Center of the Republic of Slovenia.
- Boudouresque C. F. et Meinesz A. (1982). Découverte de l'herbier de posidonies. *Cahier du Parc National de Port-Cros*, 4:1-79, 01 1982.
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A., & Verlaque, M. (2009). Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review.
- Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2002). Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine pollution bulletin*, 44(1), 32-38.
- Boudouresque C.F., Sempéré R., (2017). Biological invasions, habitat fragmentation, contamination and ecosystem-based approach in ports and adjacent coastal areas: problems and outlook. In: What knowledge to reconcile the evolution of port facilities with sustainable development in the Mediterranean? *Actes du Forum Parmenides VIII*, 21-23 March 2017, Genova. GID (Groupement Interdisciplinaire pour le Développement) publ., Paris: 28-32.
- Boulenger, A., Roberty, S., Lopez Velosa, M. M., Marengo, M., Gobert, S (2024). The use of photo-biological parameters to assess the establishment success of *Posidonia oceanica* cuttings after transplantation. *Water*, 16: 1702. <https://doi.org/10.3390/w16121702>
- Bousquet, C., Bouet, M., Patrissi, M., Cesari, F., Lanfranchi, J.B., Susini, S., Massey, J.L., Aiello, A., Culoli, J.M., Marengo, M. and Lejeune, P., (2022). Assessment of catch composition, production and fishing effort of small-scale fisheries: The case study of Corsica Island (Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, 218, 105998.
- Bracciali, C., Piovano, S., Sarà, G., & Giacoma, C. (2014). Seasonal changes in size, sex-ratio and body condition of the damselfish *Chromis chromis* in the central Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(5), 1053-1061.
- Broad, A., Rees, M. J., & Davis, A. R. (2020). Anchor and chain scour as disturbance agents in benthic environments: trends in the literature and charting a course to more sustainable boating and shipping. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111683.
- Broun, gr, et Il'inskij ob. (1978). « mecanisme de la perception des changements du champ magnetique par les ampoules de lorenzini des poissons elasmobranches ». mecanisme de la perception des changements du champ magnetique par les ampoules de lorenzini des poissons elasmobranches, 1978.
- Bruce W. Halstead and Arthur E. Dalglish. (2016).: The venom apparatus of the European star-gazer *Uranoscopus scaber* Linnaeus in Russell, Findlay E., et Paul R. Saunders. *Animal Toxins: A Collection of Papers Presented at the First International Symposium on Animal Toxins*, Atlantic City, New Jersey, U.S.A., April 9–11, 1966. Elsevier, 2016.
- Calvo, E., Simó, R., Coma, R., Ribes, M., Pascual, J., Sabatés, A., ... & Pelejero, C. (2011). Effects of climate change on Mediterranean marine ecosystems: the case of the Catalan Sea. *Climate Research*, 50(1), 129.
- Canessa, M., Amedeo, I., Bavestrello, G., Panzalis, P., & Trainito, E. (2023). The Diversity, Structure, and Development of the Epibiont Community of *Paramuricea clavata* (Risso, 1826)(Cnidaria, Anthozoa). *Water*, 15(14), 2664.

BIBLIOGRAPHIE

- Campocasso P-J, Musée régional d'anthropologie de la Corse (eds) (2011) Les premiers corses et la mer. In: Mare Nostrum: les Corses et la mer. Albiana ; Musée de la Corse, Ajaccio : Corte.
- Cardinale, M., F. Colloca, et G. D. Ardizzone. (1997). « Feeding Ecology of Mediterranean Razorfish *Xyrichtys Novacula* in the Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean Sea) ». Journal of Applied Ichthyology 13, no 3 (1997): 105-11. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1997.tb00109.x>.
- Carré, C. (2010). COVER software for video annotation. IFREMER
- Cavicchia, L., von Storch, H., & Gualdi, S. (2014). A long-term climatology of medicanes. Climate dynamics, 43(5-6), 1183-1195.
- Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Kruczak R., Cottalorda J.M., Bertrand M. C., Foret P., Ragazzi M., Ledireac'h L., 2000b. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidone, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, GIS Posidone publ. : 1-76
- Cherbonnier, G. – (1958). Faune marine des Pyrénées orientales. Fasc. 2. echinodermes. Université de Paris et Laboratoire arago, France.
- Chessa, L. A., Fustier, V., Fernandez, C., Mura, F., Pais, A., Pergent, G., ... & Vitale, L. (2000). Contribution to the knowledge of 'banquettes' of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Sardinia Island. Biologia marina mediterranea, 7(2), 35-38.
- Cnudde, S., Boudouresque, C. F., Marengo, M., Pergent, G., & Thibaut, T. (2023). First record of the Red Sea seagrass *Halophila stipulacea* in Corsica. Sci. Rep. Port-Cros Nat. Park, 37, 503-507.
- Conte C., Apostolaki E.T., Vizzini S., Migliore L., (2023). A tight interaction between the native seagrass *Cymodocea nodosa* and the exotic *Halophila stipulacea* in the Aegean Sea highlights seagrass holobiont variations. Plants, 12 (350): -1-26.
- Cuccu, D., Mereu, M., Cau, A., Pesci, P. and Cau, A., (2013a). Reproductive development versus estimated age and size in a wild Mediterranean population of *Octopus vulgaris* (Cephalopoda: Octopodidae). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 93(3), pp.843-849.
- Cuccu, D., Mereu, M., Porcu, C., Follesa, M.C., Cau, A.L. and Cau, A., (2013b). Development of sexual organs and fecundity in *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 from the Sardinian waters (Mediterranean Sea). Mediterranean Marine Science, pp.270-277./
- Culioli JM (1986) Valorisation des ressources de la pêche côtière Corse: Estimation de la production en région de Calvi, étude des paramètres de croissance de cinq espèces de poissons d'intérêt économique.
- Den Hartog J E, & Reijns R A (2014). I3S Pattern manual: interactive individual identification system. Version 4.0.2., 42
- Desiderà E, Trainito E, Navone A, Blandin R, Magnani L, Panzalis P, Mazzoldi C, & Guidetti P (2021). Using complementary visual approaches to investigate residency, site fidelity and movement patterns of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) in a Mediterranean marine protected area. Marine Biology, 168(7), 111
- Deter, J., Ballesta, L., Barroil, A., Marre, G., Faure, N., Riutort, J. J., ... & Holon, F. (2024). Gigantic breeding colonies of a marine fish in the Mediterranean. Current Biology, 34(18), R852-R853.
- Di Franco, A., Milazzo, M., Baiata, P., Tomasello, A., & Chemello, R. (2009). Scuba diver behaviour and its effects on the biota of a Mediterranean marine protected area. Environmental Conservation, 36(1), 32-40.
- Di Franco, A., Baiata, P., & Milazzo, M. (2013). Effects of recreational scuba diving on Mediterranean fishes: evidence of involuntary feeding?. Mediterranean Marine Science, 14(1), 15-18.
- Di Franco, A., Ferruzza, G., Baiata, P., Chemello, R., & Milazzo, M. (2010). Can recreational scuba divers alter natural gross sedimentation rate? A case study from a Mediterranean deep cave. ICES Journal of Marine Science, 67(5), 871-874.

BIBLIOGRAPHIE

- Di Franco, A., Bodilis, P., Piante, C., Carlo, G.Di., Thiriet, P., et al., (2014). Fishers Engagement, a key element to the success of artisanal fisheries management in Mediterranean marine protected areas, first ed. WWF France, Port-Cros National Park, Port-Cros National Park.
- Donnay, A. (2016). Le macrobenthos de substrats meubles en zone infralittorale Corse-Indice et méthodologie adaptée pour un diagnostic écologique facilité.
- Dubois, A., Barras, C., Pavard, J. C., Donnay, A., Béatrix, M., & Bouchet, V. M. (2021). Distribution Patterns of Benthic Foraminifera in Fish Farming Areas (Corsica, France): Implications for the Implementation of Biotic Indices in Biomonitoring Studies. *Water*, 13(20), 2821.
- Erguden, Deniz, Servet Ahmet Doğdu, Ali Uyan, Mevlut Gurlek, et Cemal Turan. (2017). « New record of the European Finless Eel *Apterichtus caecus* from Iskenderun Bay, eastern Mediterranean Sea ». *Zoology in the Middle East* 63, no 4 (2 octobre 2017): 374-76. <https://doi.org/10.1080/09397140.2017.1361192>.
- Estaque, T., Richaume, J., Bianchimani, O., Schull, Q., Mérigot, B., Bensoussan, N., ... & Garrabou, J. (2023). Marine heatwaves on the rise: One of the strongest ever observed mass mortality event in temperate gorgonians. *Global change biology*.
- Fava, F., Bavestrello, G., Valisano, L., & Cerrano, C. (2010). Survival, growth and regeneration in explants of four temperate gorgonian species in the Mediterranean Sea. *Italian Journal of Zoology*, 77(1), 44-52.
- Fernández-Rueda, P., & García-Flórez, L. (2007). *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) fishery management assessment in Asturias (north-west Spain). *Fisheries Research*, 83(2-3), 351-354.
- Fernández-Torquemada Y. et Sánchez-Lizaso J. (2013). Effects of salinity on seed germination and early seedling growth of the mediterranean seagrass *posidonia oceanica* (L.) delile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 119. ISSN 02727714.
- Francisco, F. A., Nührenberg, P., & Jordan, A. (2020). High-resolution, non-invasive animal tracking and reconstruction of local environment in aquatic ecosystems. *Movement ecology*, 8, 1-12.
- Froese, R., and Pauly, D. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- Fontaine. Q., Marengo M., & Lejeune P. (2019) - Étude relative à la plaisance et aux mouillages en Corse : Rapport final – Année 2018/2019. Contrat OEC /STARESO 190 pp.
- Fullgrabe, L., Grosjean, P., Gobert, S., Lejeune, P., Leduc, M., Engels, G., Dauby, P., Boissery, P., & Richir, J. (2020). Zooplankton dynamics in a changing environment: a 13-year survey in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 159, 104962. <https://doi.org/10.1016/j.marenres.2020.104962>
- Gaertner et al. (2016): Simulation of medicanes over the Mediterranean Sea in a regional climate model ensemble: impact of ocean atmosphere coupling and increased resolution.
- Gago, J., & Luís, O. J. (2011). Comparison of spawning induction techniques on *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) broodstock. *Aquaculture international*, 19, 181-191.
- Gambi M.C., Barbieri F., Bianchi C N., 2009. - New record of the alien seagrass *Halophila stipulacea* (Hydrocharitaceae) in the western Mediterranean: a further clue to changing Mediterranean Sea biogeography. *Mar. Biodiv. Rec.*, 2 (e84): 1-7.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., ... & Cerrano, C. (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global change biology*, 15(5), 1090-1103.
- Genovesi, P., & Shine, C. (2004). Stratégie européenne relative aux espèce exotiques envahissantes (Vol. 137). Council of Europe.
- Gobert, S. (2002). Variations spatiale et temporelle de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (Baie de la Revellata-Calvi-Corse) (Doctoral dissertation, Universite de Liege (Belgium)).

BIBLIOGRAPHIE

- Gobert, S., Kyramarios, M., Lepoint, G., Pergent-Martini, C., & Bouquegneau, J. M. (2003). Variations at different spatial scales of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds; effects on the physico-chemical parameters of the sediment. *Oceanologica Acta*, 26(2).
- Gobert, S., Cambridge, M. T., Velimirov, B., Pergent, G., Lepoint, G., Bouquegneau, J. M., ... & Walker, D. I. (2007). Biology of posidonia. In *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 387-408). Springer, Dordrecht.
- Gobert, S., Lefebvre, L., Boissery, P., & Richir, J. (2020). A non-destructive method to assess the status of *Posidonia oceanica* meadows. *Ecological Indicators*, 119, 106838.
- González, M., Barcala, E., Pérez-Gil, J.L., Carrasco, M.N. and García-Martínez, M.D.C., (2011). Fisheries and reproductive biology of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) in the Gulf of Alicante (Northwestern Mediterranean). *Marine Science*, 12(2), pp.369-389. Mediterranean.
- Goverts, Z., Nührenberg, P., & Jordan, A. (2021). Environmental reconstruction and tracking as methods to explore social interactions in marine environments: A test case with the Mediterranean rainbow wrasse *Coris julis*. *Frontiers in Marine Science*, 8, 695100.
- Goy, J., Morand, P., & Etienne, M. (1989). Long-term fluctuations of *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphomedusa) in the western Mediterranean Sea. Prediction by climatic variables. *Deep Sea Research Part A: Oceanographic Research Papers*, 36(2), 289-279. [https://doi.org/10.1016/0198-0149\(89\)90041-6](https://doi.org/10.1016/0198-0149(89)90041-6)
- Gristina, Michele, Frine Cardone, Roberto Carlucci, Laura Castellano, Sergio Passarelli, et Giuseppe Corriero. (2015). « Abundance, Distribution and Habitat Preference of *Ippocampus Guttulatus* and *Ippocampus Hippocampus* in a Semi-Enclosed Central Mediterranean Marine Area ». *Marine Ecology* 36, no 1 (2015): 57-66. <https://doi.org/10.1111/maec.12116>.
- Guala, I., Simeone, S., Buia, M. C., Flagella, S., Baroli, M., & De Falco, G. (2006). *Posidonia oceanica* 'banquettes' removal: environmental impact and management implications. geomorphological and ecological implications., 112.
- Guillou, M. and L.J.L. Lumingas. – (1998). the reproductive cycle of the blunt sea urchin *Sphaerechinus granularis* (echinodermata: echinoidea). *Aquac. int.*, 6: 147-160.
- Guillou, M. and c. Michel. – (1993). reproduction and growth of *Sphaerechinus granularis* (echinodermata: echinoidea) in southern Brittany. *J. Mar. Biol. Ass. u.K.*, 73: 179-192.
- Hamdeno, M., & Alvera-Azcarate, A. (2023). Marine heatwaves characteristics in the Mediterranean Sea: Case study the 2019 heatwave events. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1093760.
- Harmelin, J.-G., and Harmelin-Vivien, M. (1976). Observations "in situ" des aires de ponte de *Spicara smaris* (L) Pisces, Perciformes, Centracanthidae dans les eaux de Port-Cros. *Travaux Scientifiques du Parc National de Port-Cros* 2, 115–120.
- Henry, L. A., & Hart, M. (2005). Regeneration from injury and resource allocation in sponges and corals—a review. *International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology*, 90(2), 125-158.
- Hibino, Yusuke. (2018). « A New Species of Apterichtus (Actinopterygii: Anguilliformes: Ophichthidae) from Tori-Shima Island, Southern Japan with Notes on Characters of Supraorbital Canal ». *Species Diversity* 23, no 2 (25 novembre 2018): 219-23. <https://doi.org/10.12782/specdiv.23.219>.
- Hobday, A. J., Alexander, L. V., Perkins, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., Oliver, E. C., ... & Wernberg, T. (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in oceanography*, 141, 227-238.
- Iborra L., Leduc M., Patrissi M., Séverin T., Donnay A., Fullgrabe L., Marengo M. & Lejeune P. (2020) – Etude de l'influence de la plongée sous-marine sur le milieu marin en baie de Calvi. Contrat OFB/DIRMM/STARESO, 60pp.
- Iborra, L., Leduc, M., Fullgrabe, L., Cuny, P., & Gobert, S. (2022). Temporal trends of two iconic Mediterranean gorgonians (*Paramuricea clavata* and *Eunicella cavolinii*) in the climate change context. *Journal of Sea Research*, 102241.

BIBLIOGRAPHIE

Iborra, L., Marengo, M., Valleteau, C., Patrissi, M., Lejeune, P., Gobert, S., & Cuny, P. (2024). A multimethod approach to assess marine recreational fishing activity in a Mediterranean area: A case study of the Balagne region (Corsica, France). *Marine and Coastal Fisheries*, 16(6), e10313.

IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Diaz, J. Settele, E. S. Brondizio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.

Jordà, G., Marbà, N., & Duarte, C. M. (2012). Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming. *Nature climate change*, 2(11), 821-824.

Karlou-Riga, C., & Petza, D. (2010). Spawning frequency of Picarel *Spicara smaris* (L) in the Saronikos Gulf (Greece). *Rapport Commission International Mer Méditerranée*, 39, 647.

Karlou-Riga, C., Petza, D., Charitonidou, K., Anastopoulos, P., Koulmpaloglou, D.-S., and Ganias, K. (2020). Ovarian dynamics in picarel (*Spicara smaris*, L., Sparidae) and implications for batch fecundity and spawning interval estimation. *J. Sea Res.* 160–161, 101894.

Katz, L., Sirjacobs, D., Gobert, S., Lejeune, P., & Danis, B. (2021). Distribution of macroalgae in the area of Calvi (Corsica). *Biodiversity Data Journal*, 9.

Köhler, r. – (1921). Faune de France. I Échinodermes. Le chevalier, Paris.

Kustra, M. C. (2024). Exploring Important Yet Lesser-Known Aspects of Postmating Sexual Selection: Social Environment, Temperature, and Cryptic Female Choice (Doctoral dissertation, University of California, Santa Cruz).

Laurent M., (2014). Quantification de l'impact de la saupe (sparidae : *Sarpa salpa*) sur le potentiel reproducteur d'une algue brune marine, *Cystoseira amentacea* var. stricta. Master 2 recherche spécialité « Biologie Santé et Environnement » Parcours « Biologie marine ». Université de Nice Sophia Antipolis. 24 pages

Lelong P (1999). Identification individuelle du mérou brun, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) par les taches céphaliques. *Mar. Life*, 9(2), 29-35.

Le Manach, F., Dura, D., Pere, A., Riutort, J., Lejeune, P., Santoni, M., Culigli, J., Pauly, D., (2011). Preliminary estimate of total Marine Fisheries Catches in Corsica, France (1950-2008). In: *Fisheries Catch Reconstructions: Islands, Part II. Fisheries Centre Research Reports*, 19(4), pp.3-14.

Lipkin Y (1975a). *Halophila stipulacea*, a review of a successful immigration. *Aquatic Botany*, 1203-1215.

Lipkin Y (1975b). *Halophila stipulacea* in Cyprus and Rhodes, 1967-1970. *Aquatic Botany*, 1309-1318

Lopez y Royo, C., Pergent, G., Pergent-Martini, C., & Casazza, G. (2010). Seagrass (*Posidonia oceanica*) monitoring in western Mediterranean: implications for management and conservation. *Environmental monitoring and assessment*, 171, 365-380.

Louisy P, & Culigli J M (1999). Synthèse des observations sur l'activité reproductrice du mérou brun *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) en Méditerranée nord-occidentale. *Mar. Life*, 9(1), 47-57.

Luna, B., Pérez, C. V., & Sánchez-Lizaso, J. L. (2009). Benthic impacts of recreational divers in a Mediterranean Marine Protected Area. *ICES Journal of Marine Science*, 66(3), 517-523.

Macali, A., Semenov, A., Paladini de Mendoza, F., Dinoi, A., Bergami, E., & Tiralongo, F. (2020). Relative influence of environmental factors on biodiversity and behavioural traits of a rare mesopelagic fish, *Trachipterus trachypterus* (gmelin, 1789), in a continental shelf front of the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 581.

BIBLIOGRAPHIE

- Manning, C. G., S. J. Foster, et A. C. J. Vincent. (2019). « A Review of the Diets and Feeding Behaviours of a Family of Biologically Diverse Marine Fishes (Family Syngnathidae) ». *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 29, no 2 (1 juin 2019): 197-221. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09549-z>.
- Marbà, N., Díaz-Almela, E., & Duarte, C. M. (2014). Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation*, 176, 183-190.
- Marengo, M., Iborra, L., Leduc, M., Lejeune, P., Boissery, P., & Gobert, S. (2021). Assessing Spatial and Temporal Trends in a Mediterranean Fish Assemblage Structure. *Diversity*, 13(8), 368.
- Marín-Guirao, L., Sandoval-Gil, J. M., Bernardeau-Esteller, J., Ruíz, J. M., & Sánchez-Lizaso, J. L. (2013). Responses of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* to hypersaline stress duration and recovery. *Marine environmental research*, 84, 60-75.
- Martines, Alessandra, Michele Solca, Egidio Trainito, Stefano Piraino, et Giulia Furfaro. (2024). « A Rather Unusual "Pearl": Biological Observations of the Hidden Pearlfish Carapus Acus (Brünnich, 1768) and Its First Report from Apulian Waters (Salento Peninsula, Southern Italy) ». *Diversity* 16, no 5 (mai 2024): 296. <https://doi.org/10.3390/d16050296>.
- Martínez-Pita, I., Sanchez-Espana, A. I., & García, F. J. (2008). Gonadal growth and reproduction in the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck 1816)(Echinodermata: Echinoidea) in southern Spain. *Scientia Marina*, 72(3), 603-611.
- Mcleod E, Chmura GL, Bouillon S, Salm R, Björk M, Duarte CM, Lovelock CE, Schlesinger WH, Silliman BR (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Front. Ecol. Environ.* 9, 552–560.
- Milisenda, G., Rosa, S., Fuentes, V. L., Boero, F., Guglielmo, L., Purcell, J. E., & Piraino, S. (2014). Jellyfish as prey: frequency of predation and selective foraging of Boops boops (Vertebrata, Actinopterygii) on the mauve stinger *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphozoa). *PLOS ONE*, 9(4), e94600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094600>
- Monot J (2011) Récit 7. Les pratiques de pêche corses : d'hier à aujourd'hui. In: Les pêches méditerranéennes. Éditions Quæ, Versailles, pp 70–79
- Morgan T. (2023). Quels sont les principaux facteurs induisant la floraison de *Posidonia oceanica* ? Rapport de Master. Université de Liège Département des Sciences de la Vie - Faculté des Sciences, 105.
- Mura, M., F. Palmas, S. Cabiddu, et A. Sabatini. (2016). « Morphological variation among geographic populations of the rare finless eels *Apterichtus anguiformis* and *Apterichtus caecus* (Anguilliformes: Ophichthidae) ». *Italian Journal of Zoology* 83, no 2 (2 avril 2016): 213-20. <https://doi.org/10.1080/11250003.2016.1151562>.
- Nellemann C., Corcoran E. (2009). Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment. UNEP/Earthprint.
- Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, B., & Savini, D. (2013). Monitoring marine invasive species in Mediterranean marine protected areas (MPAs): a strategy and practical guide for managers. IUCN, Malaga, 136.
- Papadopoulou, K., Hillinger, A., Mucientes, G., Roura, Á., Villegas-Ríos, D., Irisarri, J., González, Á.F. and Alonso-Fernández, A., (2024). First insights into the spatial behaviour of *Octopus vulgaris* in the wild using acoustic telemetry. *Animal Biotelemetry*, 12(1), p.16.
- Parmentier, Eric, et Igor Eeckhaut. (2003). « Chapter 27 - Adaptations of pearlfish (Carapidae) to their life inside sea cucumbers ». In *The World of Sea Cucumbers*, édité par Annie Mercier, Jean-François Hamel, Andrew D. Suurbier, et Christopher M. Pearce, 443-52. Academic Press, 2024. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95377-1.00004-7>.
- Pere, A. (2012). Déclin des populations de langouste rouge et baisse de la ressource halieutique en Corse: causes et perspectives (Doctoral dissertation, Corte).
- Pérès J.M., Picard J., (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 31 (47) : 5-137.

BIBLIOGRAPHIE

- Pergent, G. (2007). Protocol for the setting up of Posidonia meadows monitoring systems. RAC-SPA Publ.
- Piazzi L., Acunto S. et Cinelli F. (1999). In situ survival and development of *Posidonia oceanica* (L.) delile seedlings. Aquatic Botany, 63. ISSN 03043770.
- Piazzi, L., Atzori, F., Cadoni, N., Cinti, M. F., Frau, F., & Ceccherelli, G. (2018). Benthic mucilage blooms threaten coralligenous reefs. Marine environmental research, 140, 145-151.
- Pica D., Galanti L., Pola L., 2021. - First records of the seagrass *Halophila stipulacea* in Sardinia (Tyrrhenian Sea, Italy). In: New Alien Mediterranean Biodiversity Records, Orfanidis S., Alvito A., Azzurro E., Badreddine A., Ben Souissi J., Chamorro C., et al. (eds.). Mediterr. Mar. Sci. 22(1): 180–198.
- Picheral, M., Colin, S., & Irisson, J.-O. (2017). EcoTaxa, a tool for the taxonomic classification of images. EcoTaxa. <http://ecotaxa.obs-vlfr.fr>
- Pinnegar, J. K. (2018). Why the damselfish *Chromis chromis* is a key species in the Mediterranean rocky littoral—a quantitative perspective. Journal of Fish Biology, 92(3), 851-872.
- Pluquet, F. (2006). Evolution récente et sédimentation des plates-formes continentales de la Corse (Doctoral dissertation, Université de Corse Pascal Paoli).
- Por F.D., (1978). - Lessepsian migrations. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. Springer publ., Berlin: i-viii + 1-228.
- Préfecture Maritime de la Méditerranée (2019). Arrête préfectoral n°123/2019 fixant le cadre général du mouillage et de l'arrêt des navires dans les eaux intérieures et territoriales françaises de Méditerranée. 8 pp.
- Previati, M., Magliozi, C., Palma, M., Navone, A., Pantaleo, U., Landi, G., & Cerrano, C. (2011). Sperimentazione di tecniche di recupero (pruning) su una popolazione di *Paramuricea clavata* colpita da eventi di moria/pruning techniques testing on *Paramuricea clavata* population affected by mass mortality events. Biologia Marina Mediterranea, 18(1), 40.
- Pyšek, P., Lambdon, P. W., Arianoutsou, M., Kühn, I., Pino, J., & Winter, M. (2009). Alien vascular plants of Europe. Handbook of alien species in Europe, 43-61.
- Quetglas, A., Ordines, F., Hidalgo, M., Monserrat, S., Ruiz, S., et al., 2013. Synchronous combined effects of fishing and climate within a demersal community. ICES J. Mar. Sci. 70, 319–328. <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fss181>.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Remy, F., Michel, L. N., Mascart, T., De Troch, M., & Lepoint, G. (2021). Trophic ecology of macrofauna inhabiting seagrass litter accumulations is related to the pulses of dead leaves. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 252, 107300.
- Robison, B. H., Reisenbichler, K. R., & Sherlock, R. E. (2017). The coevolution of midwater research and ROV technology at MBARI. Oceanography, 30(4), 26-37.
- Rondiat, E. (2020). Evolution spatiale et temporelle de l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) dans la Baie de la Revellata (Calvi, Corse). Mémoire de Master 2 Océanologie. Université de Liège. 50 pages
- Roura, Á., Castro-Bugallo, A., Martínez-Pérez, M. and Guerra, Á., (2024). Senescence in Common Octopus, *Octopus Vulgaris*: Morphological, Behavioural and Functional Observations. *Octopus vulgaris* [Manuscript submitted for publication]
- Sallami, B., Ben Ibrahim, A., Ben Salem, M., & Chakroun-Marzouk, N. (2020). Biometrical parameters and biological indices of the migratory species *Conger conger* (Linnaeus, 1758) from the northern coastal waters of Tunisia (Mediterranean Sea)/Paramètres biométriques et indices biologiques de l'espèce migratrice *Conger conger* (Linnaeus, 1758) des eaux côtières du nord de la Tunisie (mer Méditerranée). Ecologia Mediterranea, 46(1), 5-15.

Sartoretto, s. & P. Francour. – (1997). Quantification of bioerosion by *Sphaerechinus granularis* on “coralligene” concretions of the western Mediterranean. J. Mar. Biol. Ass. u.K., 77: 565-568.

Scheinin, Aviad P. (2010). « The Population of Bottlenose Dolphins (*Tursiops Truncatus*), Bottom Trawl Catch Trends and the Interaction between the Two along the Mediterranean Continental Shelf of Israel. », s. d.

Scherhaufer P, Höltlinger S, Salak B, Schauppenlehner T, & Schmidt J (2018). A participatory integrated assessment of the social acceptance of wind energy. Energy research & social science, 45, 164-172.

Seytre, C., & Francour, P. (2009). The Cap Roux MPA (Saint-Raphaël, French Mediterranean): changes in fish assemblages within four years of protection. ICES Journal of Marine Science, 66(1), 180-187.

Sghaier Y.R., Zakhama-Sraieb R., Charfi-Cheikhrouha F., (2014). Effects of the invasive seagrass *Halophila stipulacea* on the native seagrass *Cymodocea nodosa*. In: Proceedings of the 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation, Portorož, RAC/SPA publ., Tunis: 167-171.

Stipa, M. G., Longo, F., Aammendolia, G., Romeo, T., & Battaglia, P. (2022). New data on *Trachipterus trachypterus* Gmelin, 1789 and Zu cristatus (Bonelli, 1820) (Pisces: Trachipteridae) from the Mediterranean Sea. Acta Adriatica, 63(1), 65-74.

Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E. T., Fraschetti, S., ... & Salomidi, M. (2015). Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. Scientific reports, 5(1), 1-14.

Tilinina, N., Gulev, S. K., Rudeva, I., & Koltermann, P. (2013). Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses. Journal of Climate, 26(17), 6419-6438.

The Biological Diversity Act, 2002 and Biological Diversity Rules, 2004, National Biodiversity Authority (2004), 74 PP.

Theyskens B. (2007). Effets de la floraison sur le budget d'azote et la biomasse de *Posidonia oceanica*. Mémoire de D.E.A., Université de Liège, Liège Belgique. Non-publié.

Thibaut T., Blanfuné A. Boudouresque C.F., Holon F., Agel N., Descamps P., Deter J., Pavy T., Delaruelle G., Verlaque M., (2022). Distribution of the seagrass *Halophila stipulacea*: a big jump to the northwestern Mediterranean Sea. Aquatic Botany, 176 (103465): 1-4.

Tortonese, e. – (1965). Fauna d’italia, vol. Vi. echinodermata. ed. calderine. Bologna, Italia.

Tous, M., Romero, R., & Ramis, C. (2013). Surface heat fluxes influence on medicane trajectories and intensification. Atmospheric research, 123, 400-411.

Tous et al. (2016) : Projected changes in medicanes in the HadGEM3 N512 high resolution global climate model

Trott, Lamarr B. (1981). « A General Review of the Pearlfishes (Pisces, Carapidae) ». Bulletin of Marine Science 31, no 3 (1 juillet 1981): 623-29.

Tsangridis, A., Sánchez, P. and Ioannidou, D., (2002). Exploitation patterns of *Octopus vulgaris* in two Mediterranean areas. Scientia Marina, 66(1), pp.59-68.

Unger, B., & Lott, C. (2020). In-situ studies on the aggregation behaviour of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* Lam.(Echinodermata: Echinoidea). In Echinoderms through time (pp. 913-919). CRC Press.

Valencia, J. M., Grau, A., Pretto, T., Pons, J., Jurado-Rivera, J. A., Castro, J. A., ... & Catanese, G. (2019). Viral encephalopathy and retinopathy (VER) disease in *Epinephelus marginatus* from the Balearic Islands marine protected areas. Diseases of aquatic organisms, 135(1), 49-58.

Verlaque, M. – (1981). Preliminary data on some Posidonia feeders. rapp. P.v. réun. CieSM,Monaco, 27(2): 201-202.

Whomersley, P., Van der Molen, J., Holt, D., Trundle, C., Clark, S., & Fletcher, D. (2018). Modeling the dispersal of spiny lobster (*Palinurus elephas*) larvae: implications for future fisheries management and conservation measures. Frontiers in Marine Science, 5, 58.

BIBLIOGRAPHIE

- Wilson, A. B., et J. W. Orr. (2011). « The Evolutionary Origins of Syngnathidae: Pipefishes and Seahorses ». *Journal of Fish Biology* 78, no 6 (2011): 1603-23. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.02988.x>.
- Woodall, L. C., H. J. Koldewey, J. T. Boehm, et P. W. Shaw. (2015). « Past and Present Drivers of Population Structure in a Small Coastal Fish, the European Long Snouted Seahorse *Hippocampus Guttulatus* ». *Conservation Genetics* 16, no 5 (1 octobre 2015): 1139-53. <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0728-y>.
- Wöppelmann, G., Marcos, M., Coulomb, A., Míguez, B. M., Bonnetain, P., Boucher, C., ... & Tiphaneau, P. (2014). Rescue of the historical sea level record of Marseille (France) from 1885 to 1988 and its extension back to 1849–1851. *Journal of Geodesy*, 88(9), 869-885.
- Zappa, G., Shaffrey, L. C., Hodges, K. I., Sansom, P. G., & Stephenson, D. B. (2013). A multimodel assessment of future projections of North Atlantic and European extratropical cyclones in the CMIP5 climate models. *Journal of Climate*, 26(16), 5846-5862.

A wide-angle photograph of a coastal scene. In the foreground, a rocky shore is visible on the left, featuring a small concrete pier with a white and green lighthouse at its end. The middle ground is filled with the calm, turquoise-blue waters of a bay. In the background, a range of mountains with rugged peaks rises against a clear sky. A small, densely built town or castle sits atop a hill on the right side of the frame.

STARECAPMED