



COLLECTIVITE DE CORSE

- République Française -

REF : GS/GG/JFC/MB/EAC/2023-XXXX

Convention n° : CONV -XXXXXX

Exercice d'origine : BP 2023
Chapitre : 932
Fonction : 23
Article : 6574
Programme : 4112 Recherche

**CONVENTION PLURIANNUELLE
D'OBJECTIFS ET DE MOYENS
STARESO (station de recherche sous-marines et
océanographique)
Projet de Recherche « STARECAPMED 2023 -
2027 »**

ENTRE

La COLLECTIVITE de CORSE, représentée par *Monsieur Gilles SIMEONI*,
Président du Conseil Exécutif de Corse, u Presidente

D'une part,

ET

La STARESO (station de recherche sous-marines et océanographique de l'Université
de Liège à Calvi) – Siret : 805 408 275 00016 – Pointe de la Revellata – 20600 CALVI-
représentée par Monsieur Gérard BONIFACIO, Président de la Stareso

D'autre part,

- VU** Article L.4424-3 du Code général des collectivités territoriales qui confère à la Collectivité de Corse des prérogatives uniques en matière de développement de l'enseignement supérieur et de la recherche « La Collectivité de Corse peut, par délibération de l'Assemblée, organiser ses propres actions complémentaires d'enseignement supérieur et de recherche sans préjudice des compétences de l'État en matière d'homologation des titres et diplômes. Elle passe à cette fin des conventions avec des établissements d'enseignement supérieur ou des organismes de recherche ».
- VU** La demande de financement du projet de recherche « STARECAPMED 2023-2027 » porté par la station de recherche sous-marines et océanographique STARESO.
- VU** La loi n°2000-321 du 12 avril 2000 relative au financement des associations,
- VU** La délibération 21/195 AC de l'Assemblée de Corse du 18 novembre 2021 portant approbation du règlement budgétaire et financier de la Collectivité de Corse,
- VU** la délibération n°19.476AC du 20 décembre 2019 de l'Assemblée de Corse, prenant acte du rapport relatif à la recherche en Corse,
- VU** La délibération n°23/023AC du 9 mars 2023 de l'Assemblée de Corse portant approbation du Budget Primitif de la Collectivité de Corse pour l'exercice 2023,
- VU** la délibération n° xxxxxxxx en date du xxxxxx de l'Assemblée de Corse, approuvant l'affectation des crédits relatifs au projet « **STARECAPMED 2023 - 2027**», **porté par la STARESO**

CONSIDERANT, la nécessité pour l'apport environnemental des recherches effectuées par la station de recherche sous-marine et océanographique STARESO

IL EST CONVENU CE QUI SUIV

Préambule :

Considérant le projet initié et conçu par la STARESO, STARECAPMED 2023-2027, afin d'observer des variations lentes de type climatiques ou conjoncturelles locales.

Article 1^{er}, Objet de la convention :

Par la présente convention la STARESO (station de recherche sous-marines et océanographique) s'engage, à son initiative, pour l'année 2023, 2024, 2025, 2027, et sous sa responsabilité, à réaliser sous le projet intitulé « STARECAPMED 2023-2027 » les actions suivantes :

- 1- Recueil et analyse des données météorologiques
- 2- Etude de la courantologie
- 3 - Etude et analyse hydrologie et physico-chimie de la colonne d'eau
- 4 - Recueil et étude des nutriments et Phytoplancton
- 5 - Etude Zooplancton
- 6 - Etude des herbiers de Posidonies
- 7 - Réalisation d'association algale
- 8 - Etude du benthos de substrat meuble
- 9 - Etude du benthos de substrat durs et peuplements
- 10- Suivi du recrutement de *Palinurus elephas*
- 11 - Réalisation d'un bilan CO₂
- 12- Réalisation d'écotoxicologue
- 13 - Bancarisation et Analyse des données
- 14 - Transmission de l'information, communication
- 15 - Tenue de site Atelier

Article 2, Durée de la convention :

La présente convention a une durée de 48 mois à compter du 1^{er} janvier 2023.

Article 3, Comité de pilotage et de suivi :

Afin d'assurer un suivi « technico-administratif » de cette phase de consolidation, il est constitué un Comité de Pilotage et de Suivi.

Ce dernier assurera le suivi budgétaire de la mise en œuvre de cette phase de consolidation et devra notamment veiller à la cohérence globale au regard des capacités financières, du déroulement des procédures et du respect du calendrier. Il validera le rapport intermédiaire d'exécution ainsi que le rapport final d'exécution.

Il se réunit en tant que de besoin avec une fréquence si possible annuellement et il est « présidé » par le président de la STARESO ou son représentant, ce dernier en assurant le secrétariat.

Il est constitué par notamment :

- Le Président de la Stareso ou son représentant

- L'Agence de l'eau,
- Le service de la recherche de la Collectivité de Corse
- Les services, directions, offices et agences de la Collectivité de Corse concernés par les différentes thématiques,
- Le Délégué Régional Académique à la Recherche et à l'innovation
- L'université de Liège représentée par le directeur du laboratoire d'océanologie biologique

Article 4, Condition de détermination du coût du projet :

Le coût total estimé éligible de ce projet sous l'intitulé « STARECAPMED 2023-2027 » pour la durée de la présente convention est estimée à **1 716 528 €, conformément au budget joint en annexe 1.**

Lors de la mise en œuvre de cette phase de consolidation le bénéficiaire peut :

- Procéder à une adaptation de son budget par des transferts entre natures et charges,
- Procéder à une adaptation à la hausse ou à la baisse de son budget prévisionnel, à condition que ces adaptations n'affectent pas la réalisation du projet.

La STARESO notifie ces modifications à la Collectivité de Corse par écrit dès qu'elle peut les évaluer et en tout état de cause avant la date de l'année en cours.

Le versement du solde annuel ne pourra intervenir qu'après acceptation expresse par l'administration de ces modifications.

Article 5, Condition de détermination de la contribution financière :

La Collectivité de Corse contribue financièrement pour un montant prévisionnel maximal de 514 958.40 €.

Article 6, Modalité de versement de la contribution financière :

La Collectivité de Corse verse à la signature de la présente convention (cf. modèle annexé à la présente convention) , 15% de la subvention accordée.

Les acomptes et solde, seront versés :

- au prorata des dépenses réalisées et après reconstitution du premier acompte sur présentation d'un rapport intermédiaire d'exécution, dans lequel devra être détaillé un état récapitulatif intermédiaire des dépenses réalisées et payées, assorti des justificatifs de paiement (cf. modèle annexé à la présente convention),

- après les vérifications réalisées par les services de la Collectivité de Corse conformément à l'article 7, et le cas échéant, l'acceptation des modifications prévues à l'article 4.
- Le solde sera versé sur présentation d'un rapport final d'exécution (cf. modèle annexé à la présente convention) accompagné des justificatifs de paiement que le bénéficiaire devra produire au plus tard dans les 6 mois suivants le terme de la convention.

La subvention de fonctionnement est imputée sur les crédits et programme suivants :

Exercice d'origine : **BP 2023**

Chapitre : **932**

Fonction : **23**

Article : **6574**

Programme : **4112 AED**

La contribution financière sera créditée au compte de la STARESO selon les procédures comptables en vigueur.

Les versements de ces subventions seront effectués à :

A l'ordre de	STATION STARESO
Compte	SOCIETE GENERALE
Numéro	30003 00258 0002701060601
SIRET	805 408 275 00016
NAF	7219Z

Article 7, Les justificatifs :

La STARESO sera tenue de produire dans chaque rapport intermédiaire et dans son rapport final d'exécution :

- un état récapitulatif de l'ensemble des dépenses rattachées à la réalisation de l'opération selon les postes de dépenses identifiés (annexe 1),
- l'ensemble des justificatifs rattachés à la réalisation de l'opération (factures et autres justificatifs de paiement),
- L'ensemble des justificatifs ainsi que le rapport final d'exécution devront être fournis également sous format numérisé (fichier informatique, CD rom...).

Article 8, Les autres engagements :

La STARESO s'engage à fournir dans l'année qui suit la clôture de chaque exercice les documents ci-après établis dans le respect des normes en vigueur :

- Le compte rendu financier conforme à l'arrêté du 11 octobre 2006 pris en application de l'article 10 de la loi n°2000-321 du 12 avril 2000 relative aux droits des citoyens dans leurs relations avec les administrations. Ce

document retrace de façon fiable l'emploi des fonds alloués conformément à la présente convention. Il est accompagné d'un compte rendu quantitatif et qualitatif du projet,

- Une copie certifiée du budget,
- Une copie certifiée des comptes annuels et le rapport du commissaire aux comptes prévus par l'article L 612-4 du code du commerce,
- Le rapport d'activité de la STARESO.

En cas de réalisation incomplète ou non-conforme dans les délais impartis, celle-ci doit en informer l'administration sans délai par lettre recommandée avec accusé réception.

La Collectivité de Corse peut émettre à l'encontre du bénéficiaire un titre de recette d'un montant égal à celui de la subvention demandée, après examen des justificatifs présentés par la STARESO et après avoir entendu préalablement ses représentants. La Collectivité de Corse en informera LA STARESO par lettre recommandée avec accusé réception.

Article 9, Caducité :

La présente convention sera déclarée caduque si, à l'expiration d'un délai de vingt-quatre mois, à compter de la signature, elle n'a reçu aucun début d'exécution matérialisé par un premier versement. A l'expiration de ce délai, la convention d'engagement et l'inscription budgétaire pourront faire l'objet d'une annulation.

Il sera également procédé à l'annulation de tout reliquat de subvention pour toute opération ayant reçu un début d'exécution et dont le dernier mandatement remonte à plus de dix-huit mois.

Article 10, L'évaluation :

La STARESO s'engage à fournir au moins trois mois avant le terme de la convention, un bilan d'ensemble, qualitatif et quantitatif, de mise en œuvre du projet.

L'administration procède conjointement avec la STARESO, à l'évaluation des conditions de réalisation du projet.

Cette évaluation portera notamment sur la conformité des objectifs ciblés dans le cadre du projet.

Article 11, Le contrôle :

Pendant et au terme de la convention, un contrôle sur place peut être réalisé par l'administration.

La STARESO s'engage à faciliter l'accès à toutes pièces justificatives des dépenses et tous autres documents dont la production serait jugée utile dans le cadre du contrôle.

Article 12, Le renouvellement de la convention :

La conclusion éventuelle d'une nouvelle convention est subordonnée à la réalisation de l'évaluation et le cas échéant à la réalisation du contrôle.

Article 13, L'avenant :

La présente convention ne peut être modifiée que par avenant signé par l'administration et la STARESO.

La demande de modification de la présente convention doit être réalisée en la forme d'une lettre recommandée avec accusé de réception précisant l'objet de la modification, sa cause et toutes les conséquences qu'elle importe.

Dans un délai de deux mois suivant l'envoi de cette demande, la Collectivité Territoriale de Corse peut y faire droit par lettre recommandée avec accusé de réception.

L'absence de réponse dans ce délai vaut rejet de la demande.

Article 14, La communication :

La STARESO s'engage à faire systématiquement mention de la participation financière de la Collectivité de Corse dans le cadre du projet «STARECAPMED 2023-2027 » dans toute communication qu'elle serait amenée à réaliser (y compris par voie de presse et des médias), et dans toute interview ou reportage qu'elle serait conduite à accorder.

Cette obligation concerne également les publications qu'elle serait amenée à réaliser dans le cadre de ce projet.

Article 15, La résiliation :

En cas de non-respect par l'une des parties de l'une de ses obligations résultant de la présente convention, celle-ci sera résiliée de plein droit par l'autre partie, sans préjudice de tous autres droits qu'elle pourrait faire valoir, à l'expiration d'un délai de deux mois suivant l'envoi d'une lettre recommandée avec accusé de réception valant mise en demeure de se conformer aux obligations contractuelles et restée infructueuse.

Article 16, Le recours :

Tout litige résultant de l'exécution de la présente convention est du ressort du tribunal administratif de Bastia.

La présente convention est établie en quatre exemplaires originaux,

CALVI, le

AJACCIO, le

Le Président
De la STARESO

Le Président du Conseil
Exécutif de Corse,

Gérard BONIFACIO

Gilles SIMEONI

projet

ANNEXE 1 « Budget Prévisionnel »

Budget prévisionnel TTC

Budget prévisionnel STARECAPMED 2023-2027 (48 mois)

Postes de dépenses	Dépenses prévisionnelles annuelles	Financement annuel Agence de l'eau RMC (50%)	Financement annuel Collectivité de Corse (30%)	Financement annuel STARESO (20%)
Services et achats extérieurs	44 629,73€	22 314,86€	13 388,92€	8 925,95€
Charges de personnel	245 000,00€	122 500,00€	73 500,00€	49 000,00€
Autres charges en internes	139 502,27€	69 751,14€	41 850,68€	27 900,45€
Total annuel	429 132,00€	214 566,00€	128 739,60€	85 826,40€
Total sur 4 ans	1 716 528,00€	858 264,00€	514 958,40€	343 305,60€

ANNEXE 2 Attestation de début d'exécution

ATTESTATION DE DEBUT D'EXECUTION DE L'OPERATION
--

Projet :

Numéro de délibération AC :

Numéro d'arrêté et ou convention :

ATTESTATION DE DEBUT D'EXECUTION DE L'OPERATION

Je soussigné (nom, prénom, qualité), certifie que la réalisation du projet
« XXXXXXXXXXXX » a débuté le

Fait à.....le.....

Signature et cachet du maître d'ouvrage

Cette attestation est à retourner à l'adresse ci-dessous :

Collectivité de Corse Direction de l'Enseignement Supérieur Service de la Recherche 22 Cours Grandval BP 215 20187 AJACCIO CEDEX 1

ANNEXE 3 « Rapport intermédiaire d'exécution »



**DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
SERVICE RECHERCHE**

**RAPPORT INTERMEDIAIRE D'EXECUTION DU
PROJET**

Date du rapport :

INTITULE DU PROJET :

PORTEUR DE PROJET :

DELIBERATION :

N° ARRETE / CONVENTION :

Je déclare sur l'honneur l'exactitude des informations mentionnées dans le présent rapport et certifie que les dépenses présentées se rapportent à l'opération subventionnée.

Fait à.....le.....

Signature et cachet du maître d'ouvrage

Cette demande est à retourner à l'adresse ci-dessous :

Collectivité de Corse
Direction de l'Enseignement Supérieur
Service de la Recherche
22 Cours Grandval - BP 215
20187 AIACCIU CEDEX 1

SOMMAIRE

- 1) Descriptif du projet
- 2) Objectif(s) poursuivi(s)
- 3) Coût total
- 4) Plan de financement (CTC-Autofinancement-Autres)
- 5) Dates de commencement d'exécution et de fin d'exécution
- 6) Descriptif de l'état d'avancement du projet, en rappelant :
 - les dates,
 - les événements importants et autres faits marquants de la période écoulée,
- 7) Etat récapitulatif intermédiaire des dépenses acquittées (voir tableau ci-après)
- 8) Factures et autres justificatifs de paiement

Cachet, dates, nom, prénom et signatures
Responsable du projet (nom prénom tel fax e-mail)

ETAT RECAPITULATIF INTERMEDIAIRE DES DEPENSES REALISEES ET PAYEES

Intitulé de la dépende par postes (identifiés dans la convention)	Factures		Date de facture	Montant HT	Montant TTC	Référence du document de confirmation du paiement (1)	Date du paiement
	Fournisseur ou prestataire de service	N° de facture					
Poste de dépendes							
Poste de dépendes							
Poste de dépendes							
Total							

(1) Documents éventuels justifiant le paiement (mandat, ordre de paiement ou reçu d'acquittement)

J'atteste sur l'honneur l'authenticité des informations mentionnées sur ce document.

Fait à.....le.....

Signature et cachet*

* de l'expert comptable ou du commissaire aux comptes pour les entreprises privées (ou du trésorier pour les associations), du comptable public pour les maîtres d'ouvrage publics.

ANNEXE 4 « Rapport final d'exécution »



**DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
SERVICE RECHERCHE**

RAPPORT FINAL D'EXECUTION DU PROJET

Date du rapport :

INTITULE DU PROJET :

PORTEUR DE PROJET :

DELIBERATION :

N° ARRETE / CONVENTION :

Je déclare sur l'honneur l'exactitude des informations mentionnées dans le présent rapport et certifie que les dépenses présentées se rapportent à l'opération subventionnée.

Fait à.....le.....

Signature et cachet du maître d'ouvrage

Cette demande est à retourner à l'adresse ci-dessous :

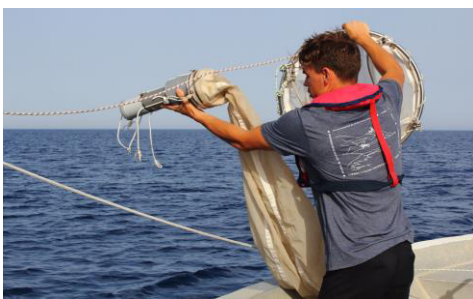
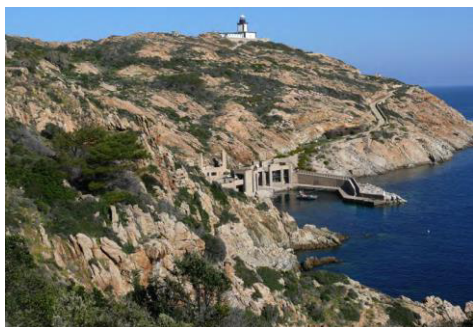
Collectivité de Corse
Direction de l'Enseignement Supérieur
Service de la Recherche
22 Cours Grandval - BP 215
20187 AIACCIU CEDEX 1



STATION STARESO

PUNTA REVELLATA – BP 33
20260 CALVI (Corse) – FRANCE
SIRET: 805 408 275 00016

Tel : +00 33 (0)6 86 22 32 61
Email: basemarine@stareso.com



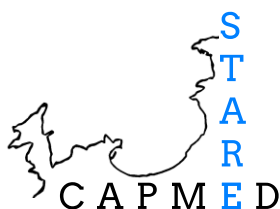
STARECAPMED

STation of **R**eference and **rE**search on **C**hange of local
and global **A**nthropogenic **P**ressures on **M**editerranean
Ecosystems **D**rifts

Site atelier expérimental de référence et
observatoire du changement climatique

Recherche et développement

Descriptif technique 2023-2027





STARECAPMED vise à comprendre la manière dont l'activité humaine peut interagir avec les processus fondamentaux gouvernant le fonctionnement des différents écosystèmes côtiers présents en baie de Calvi (Figure 2 et annexe 1). Ainsi, dans le site de référence, l'ensemble des grands milieux est suivi par des descriptifs, des observations, des mesures à long terme et à haute fréquence.

L'approche va des milieux pélagiques (phyto et zooplancton), aux milieux benthiques (rocheux, sédimentaires, herbiers, ...).

Corrélée à des mesures physico-chimiques à haute fréquence (CTD, nutriments, courants, contaminants, CO₂, ...), l'acquisition de nouvelles connaissances biologiques permet une analyse éco-systémique et fonctionnelle du site de référence dans son évolution à long terme.

Ainsi, les interactions entre les différents compartiments des écosystèmes sont étudiées, ainsi que les interactions des différents points de pression présents dans la baie de Calvi (rejet de station d'épuration, urbanisme, zone de mouillage, embouchure de rivière, aquaculture).

Les études dans la baie de Calvi sont menées depuis 2012 sur différents points de pression et deux points de référence (Tête de Canyon et Stareso, Figure 1 et annexe 2).

Les efforts en 2022 et 2023 seront dans la continuité concernant les prises de données sur ces différents points et sur les différents postes du projet.

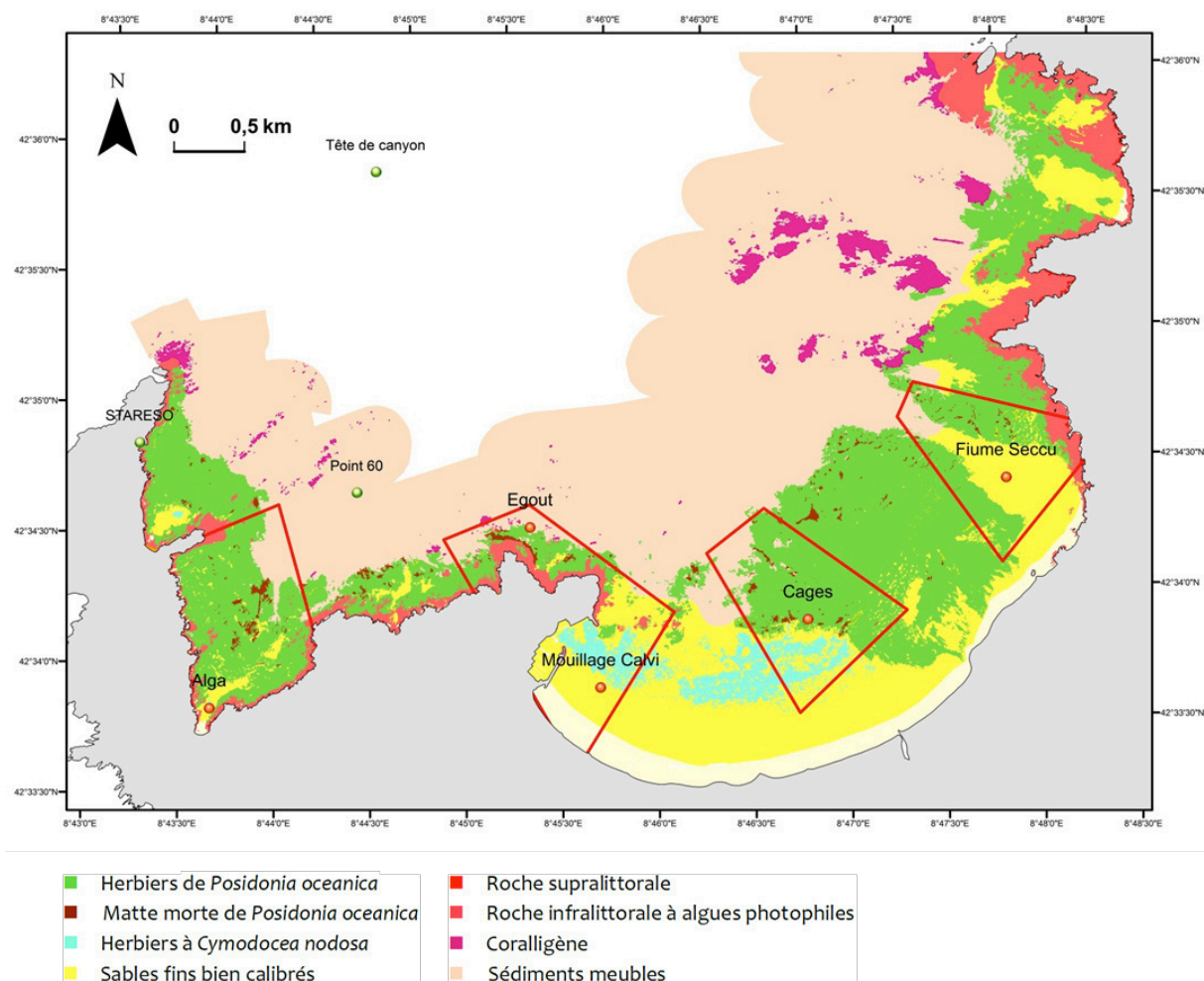
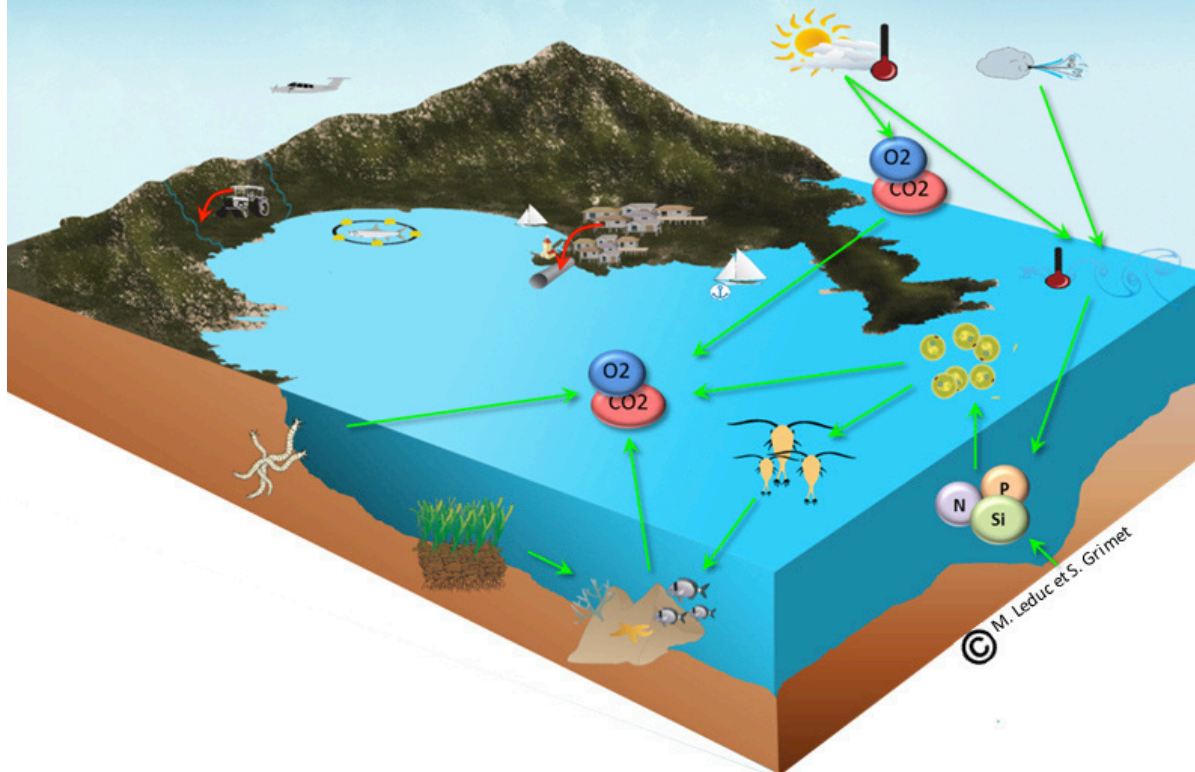


Figure 1 : Cartographie de la baie de Calvi représentant les différents points étudiés dans le programme STARECAPMED.

Processus naturels



Pressions

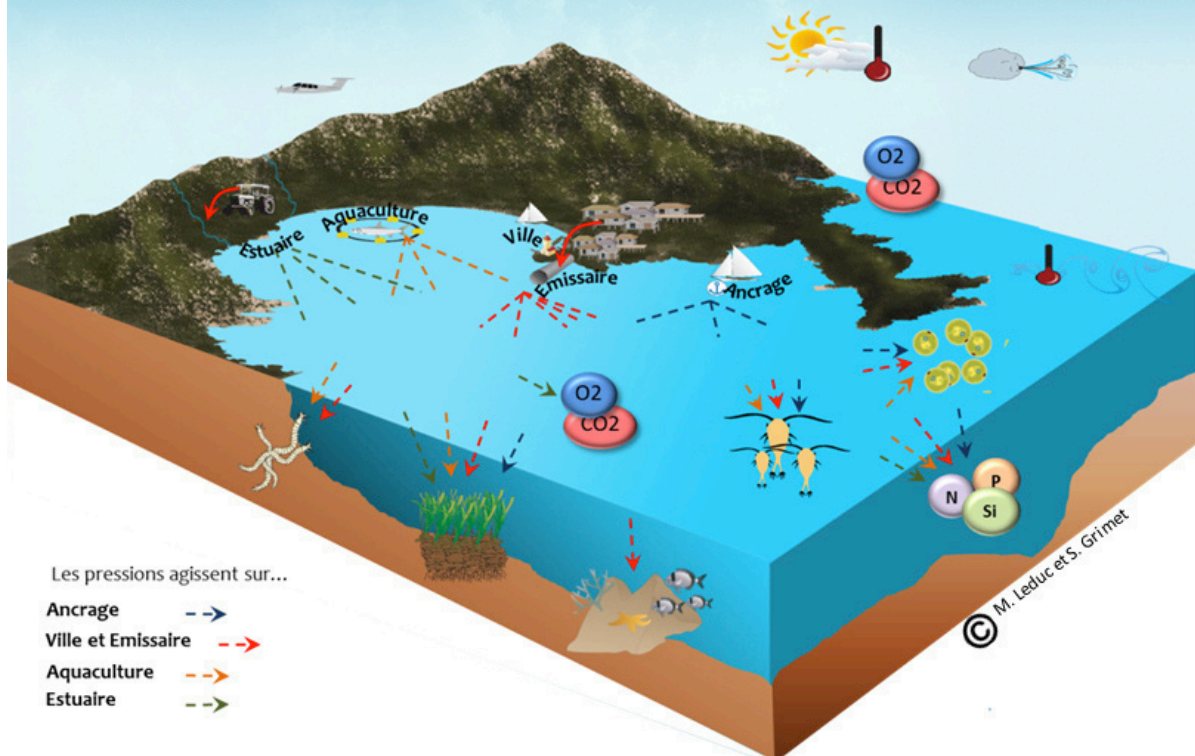


Figure 2 : Schéma représentant les interactions fonctionnelles entre les différents écosystèmes (Processus naturels) présents en baie de Calvi et les pressions interagissant sur ces processus (Pressions).

Poste 1 : Données météorologiques

Les données de météorologie (force et direction du vent, hygrométrie, température de l'air, pression atmosphérique) sont prises en continu (toutes les 20 minutes) grâce à une station météo présente en haut de la Pointe Revellata. Par sa position, cette station mesure des paramètres qui sont proches de ceux que l'on peut trouver au large. Les données sont présentées en direct sur un site internet.

Une deuxième station météo installée sur le bâtiment STARESO mesure la vitesse du vent et sa direction ainsi que la pluviométrie. Les paramètres mesurés sont ici caractéristiques des conditions de l'intérieur de la baie (annexe 3).

En 2023 et jusqu'en 2027, l'effort de mesure sera conservé. En 2023 la nouvelle station météo installée en 2022 sera définitivement calibrée et remplacera l'ancien équipement.

Poste 2 : Courantologie

Durant la période 2023-2027, il est prévu la mise en oeuvre avec l'Université de Liège de 2 ADCP et 2 points de courantométrie standard dans la baie de Calvi afin d'affiner la compréhension des échanges de la baie avec le large (annexe 3).

Poste 3 : Hydrologie et physico-chimie de la colonne d'eau

L'analyse de la colonne d'eau permet la mesure de la température de l'eau, la saturation en oxygène, la salinité, la conductivité (donc la salinité), ainsi que la turbidité et la chlorophylle A. Ces mesures sont acquises sur les 5 points de pression et des points de référence de la baie (STARESO) et du proche large (tête de canyon).

A ces mesures s'ajoutent les mesures de la température et de niveau de l'eau prises dans le port de STARESO en continu (toutes les 10 minutes) ainsi que les mesures de la luminosité sur différentes profondeurs (3m, 10m, 15m, 20m, 30m, 38m) le long d'un transect à la sortie de STARESO.

En 2023 et jusqu'en 2027, l'effort de mesure sera conservé. Cet effort, en perdurant sur le long terme, est en effet nécessaire aux analyses portant sur les changements climatiques en baie de Calvi (annexe 3).

Poste 4 : Nutriments et Phytoplancton

Le prélèvement des nutriments et du phytoplancton est réalisé sur les différents points de pression et les point de référence STARESO et Tête de Canyon 100m, les mesures de nutriments et de phytoplancton sont réalisées tous les 10 mètres sur une profondeur de 100 mètres. Les échantillons de nutriments sont analysés à STARESO grâce à un analyseur automatisé type SKALAR modifié pour les très faibles concentrations des eaux oligotrophes. Les échantillons de phytoplancton sont analysés en termes de biomasse par la mesure des quantités de Chlorophylle A grâce à un nouveau fluorimètre de laboratoire acquis en 2020 et pleinement calibré en 2021(annexe 3).

Pour les mêmes raisons que précédemment, en 2023-2027, l'effort de mesure sera conservé, L'intégration de données satellitaires sera abordée.

Poste 5 : Zooplancton

Le prélèvement du zooplancton est réalisé sur un profil vertical jusqu'à 100 mètres de profondeur sur le point Tête de Canyon une fois par mois en hiver et deux fois par mois en

été. Un profil horizontal est réalisé une fois par semaine démarrant au point de référence STARESO 40m et d'une durée de 20 minutes.

La mesure de la biomasse (biovolume) est réalisée directement. Depuis 2016, une étude par zooscan a débuté afin d'identifier les différentes populations des profils horizontaux sur 5 années précises. En 2017, cette étude a été approfondie avec une analyse des échantillons prélevés depuis 2003 pour permettre une interprétation de l'évolution des communautés de zooplancton. En 2018, un travail a permis l'analyse des profils verticaux et la comparaison avec les profils horizontaux. En 2019, une analyse approfondie des communautés de zooplancton a permis de mettre en relation l'influence des paramètres environnementaux sur les assemblages d'espèces de zooplancton et les apparitions des blooms.

En 2023-2027, l'effort de prélèvement sera conservé (annexe 3).

Poste 6 : Herbière de Posidonies

L'étude de la Posidonie a fait l'objet d'une thèse terminée en octobre 2016. L'étude concernait l'effet de la pression d'ancrage sur l'herbière de Posidonie.

En 2018, une thèse en collaboration avec l'Université de Liège a débuté sur l'évolution de l'herbière de Posidonie sur le point de référence STARESO. Cette thèse, en cours de finition, continue à être soutenue et devrait apporter en 2023 une vision sur l'évolution de l'herbière à posidonie entre 1975 et 2020. Depuis 2020, sur un site subissant une forte pression de mouillage, une étude sur l'évolution de l'herbière (phénomènes de destruction et de recolonisation) a été engagée afin de commencer à évaluer les nouvelles mesures de protection (interdiction de mouillage pour les unités de plus de 24m). Entre 2023

et 2027, la baie va faire l'objet de l'installation de nouvelles ZMEL sur les sites à forte pression d'ancrage. L'impact de ces nouvelles installations sera suivi dans le cadre de STARECAPMED (cartographies, phénologies, ... annexe 4).

Enfin, dans le cadre du programme, une nouvelle thèse en collaboration avec l'Université de Liège va s'engager en 2023 sur les techniques de restauration avec un focus sur la restauration passive c'est-à-dire portant sur des techniques aidant l'herbière se reconstituer sans nécessairement avoir recours à la replantation, qui souvent nécessite des prélèvements destructifs sur des herbiers sains.

Poste 7 : Association algale

Un indice d'évaluation de la qualité des masses d'eau côtières basé sur les macroalgues (CARLIT) a été mesuré à différentes échelles sur des données historiques de 1979 et 1991 et évalué à une haute résolution en 2014. En 2018, l'indice CARLIT a été évalué sur la baie de Calvi et les zones déjà étudiées pour montrer les évolutions depuis 2014.

Un bilan de l'ensemble des données et un travail sur l'évolution de communautés algales sera maintenu en 2023-2027 (annexe 5).

Poste 8 : Benthos de substrat meuble

En 2011, l'étude de l'influence des pressions anthropiques sur le macrobenthos de substrat meuble a débuté. De plus, une adaptation de l'indice de qualité et une simplification méthodologique a permis de mettre au point un nouvel indice le BEMSI (annexe 6).

Dans le cadre de STARECAPMED, en 2023-2027, l'effort d'analyse sera poursuivi avec un focus particulier sur l'aquaculture.

Poste 9 : Benthos de substrat durs et peuplements ichthyologiques

Depuis 2012, le suivi ichthyologique est réalisé sur 3 sites de juin à septembre selon le protocole FAST en indiquant uniquement la présence ou absence d'une liste d'espèces de poissons définies.

En 2017, une donnée quantitative a été introduite au protocole FAST ainsi que la prise en compte de nouvelles espèces (annexe 7).

En 2023-2027, l'effort de suivi des populations piscicole sera maintenu.

Depuis fin 2018, un projet de thèse STARECAPMED a débuté sur l'évolution des peuplements ichthyologiques de la baie de Calvi face aux pressions anthropiques. Depuis 2019, un suivi ichthyologique au niveau des sites de pressions anthropiques (aquaculture, rejet de station d'épuration, plongée sousmarine) est réalisé sur des transects précis à une haute fréquence pour mieux caractériser les assemblages de communautés et les influences des impacts sur ces dernières. En 2022 la thèse sera présentée.

Depuis 2019, une caractérisation de la pêche récréative en baie de Calvi est engagée pour mieux connaître l'influence de cette pression sur l'assemblage des communautés de poissons. Ces travaux sont réalisés dans le cadre de la thèse débutée en 2018 feront l'objet des dernières analyses et d'un rendu en 2023.

Poste 10 : Suivi du recrutement de *Palinurus elephas*

Depuis 2013, les stocks de juvéniles de langouste sont évalués en milieu naturel et montre un déclin depuis 10 ans. La mesure du recrutement en milieu naturel sur 3 sites est réalisée depuis 2012 et montre des variations importantes. Ce même travail est réalisé en parallèle sur la côte nord-est espagnole où les fluctuations de fréquence des juvéniles apparaissent similaires à celles trouvées en baie de Calvi. En 2021 un important recrutement a été en baie de Calvi montrant que ce recrutement est cyclique et sans doute dépendant des conditions du bassin (annexe 8).

L'effort sur ce modèle permettant d'appréhender les phénomènes de recrutement, important pour le maintien de la biodiversité, sera poursuivi en 2023-2027.

Poste 11 : Bilan CO2

Depuis 2006, STARECAPMED, en collaboration avec l'Université de Liège, réalise un suivi de la capacité de l'herbier de Posidonies à fixer du carbone. Des optodes (mesure de l'oxygène dans l'eau) sont déployés sur 1 mouillage à différentes profondeurs pour effectuer une mesure précise de la production nette à l'échelle de la communauté, la production primaire brute et la respiration à l'échelle de l'écosystème. Les senseurs ont été remplacés et le mouillage renouvelé fin 2018.

En 2023-2027, les efforts seront conservés pour maintenir et entretenir ces mouillages et les senseurs.

En 2018, une collaboration s'est créée avec un chercheur de l'université de Columbia sur la séquestration naturelle du carbone par les herbiers de Posidonie. Cette collaboration se poursuivra en 2023-2027.

Poste 12 : Ecotoxicologie

Depuis 2012, l'évolution de la pollution par les éléments traces a été caractérisée sur différentes espèces clés (Oursin, Moule, Posidonie, poissons, plancton, ...) pour permettre de mettre au point un indice de qualité. Cet effort s'est poursuivi en intégrant d'autres espèces

afin de qualifier sur ces paramètres des organismes très différents appartenant au « food web » côtier.

En 2023-2027, l'effort se poursuivra en augmentant le set d'espèces de la chaîne alimentaire (annexe 9).

Poste 13 : Bancarisation et Analyse des données

Le projet STARECAPMED a permis de bancariser les données acquises dans le programme et des données acquises sur le site depuis 1970 dans la banque de données RACE.

En 2023-2027, le travail de bancarisation va se poursuivre dans les mêmes conditions.

Poste 14 : Transmission de l'information, communication

Depuis 2012, STARESO fournit des rapports d'activités chaque année, alimente la plateforme Medtrix sur la page site atelier STARECAPMED et permet la création de livrables divers, document de communications auprès des décideurs, documents pédagogiques, publications scientifiques et thèses de master et doctorat.

Dans le cadre de STARECAPMED et en collaboration avec plusieurs équipes de recherche, de nombreux articles scientifiques ont été publiés dans des revues spécialisées. En 2023-2027, l'effort de publication sera poursuivi (annexe 10).

Poste 15 : Site Atelier

STARECAPMED inclut un site atelier. Ainsi, dans ce cadre, STARESO, sur financement STARECAPMED, met à disposition la logistique (bateau, instruments, plongeurs, ...), des techniciens et du personnel scientifique pour des projets pouvant être inclus dans STARECAPMED (annexe 11).

A titre d'exemples :

Etude du bruit, Chorus

Dans leur approche, ils utilisent les paysages acoustiques comme proxy environnemental pour étudier la structure, le fonctionnement, l'état et la dynamique des écosystèmes marins. En 2016, de nombreuses mesures ont été réalisées au sein de la baie de Calvi. Plusieurs enregistreurs sont laissés sur plusieurs semaines afin d'enregistrer les sons.

En 2018, Chorus a élargi son projet avec de nouvelles mesures. STARESO met donc à disposition le personnel compétent et la logistique nécessaire pour ces missions sur le financement STARECAPMED.

Fin 2018, cette collaboration a permis d'installer une station fixe pour l'enregistrement des sons en continu ainsi que la prise de photo pour estimer la densité du trafic maritime. L'année 2019 a permis d'étudier l'efficacité de cette station. En 2023-2027, l'effort d'entretien et suivi de cette station sera assuré.

Restauration écologique et recrutement, Respire, Ecocean

Depuis janvier 2015, une série de biohuts a été installée dans le port de STARESO. La station met à disposition le personnel nécessaire pour le suivi à haute fréquence (une fois tous les 15 jours) des populations de juvéniles de poissons.

En 2023-2027, les biohuts sont toujours suivies à raison d'une fois par mois.

Programme FOCUS, Université de Liège

Etude du bassin versant par des mesures (chimie, poissons, algues, ...) dans les rivières du bassin versant de la baie de Calvi et adaptation du programme de modélisation de bassin PEGASE de ULG, (STARECAPMED, Université de Liège et de Corse)

Le site Atelier STARECAPMED met à disposition des moyens dans de nombreux autres projets :

Indicateur EBQI, Université de Marseille

Réseau ARMC, Andromède

Indicateur Foraminifère, Université d'Angers

Analyses des longues séries de données, mise en oeuvre de R, UMon (Université de Mons)

Contaminants et Piscicultures marines (Université de Liège et de Corse)

Projet PADDUC-CHANGE, Université de Corse, OEC

Projet SEAMOB, Université Aix-Marseille, Université de Bologna, Taxon (Espagne)

Projet EpiEcosys, Université Aix-Marseille

Projet MOONFISH, modélisation halieutique, STARESO, Université de Corse, CRPMEM et OEC

Budget prévisionnel STARECAPMED 2023-2027 (48 mois)

		Financement annuel	Financement annuel	Financement annuel
Postes de dépenses	Dépenses prévisionnelles annuelles	Agence de l'eau RMC (50%)	Collectivité de Corse (30%)	STARESO (20%)
Services et achats extérieurs	44 629,73€	22 314,86€	13 388,92€	8 925,95€
Charges de personnel	245 000,00€	122 500,00€	73 500,00€	49 000,00€
Autres charges en internes	139 502,27€	69 751,14€	41 850,68€	27 900,45€
Total annuel	429 132,00€	214 566,00€	128 739,60€	85 826,40€
Total sur 4 ans	1 716 528,00€	858 264,00€	514 958,40€	343 305,60€

ANNEXES

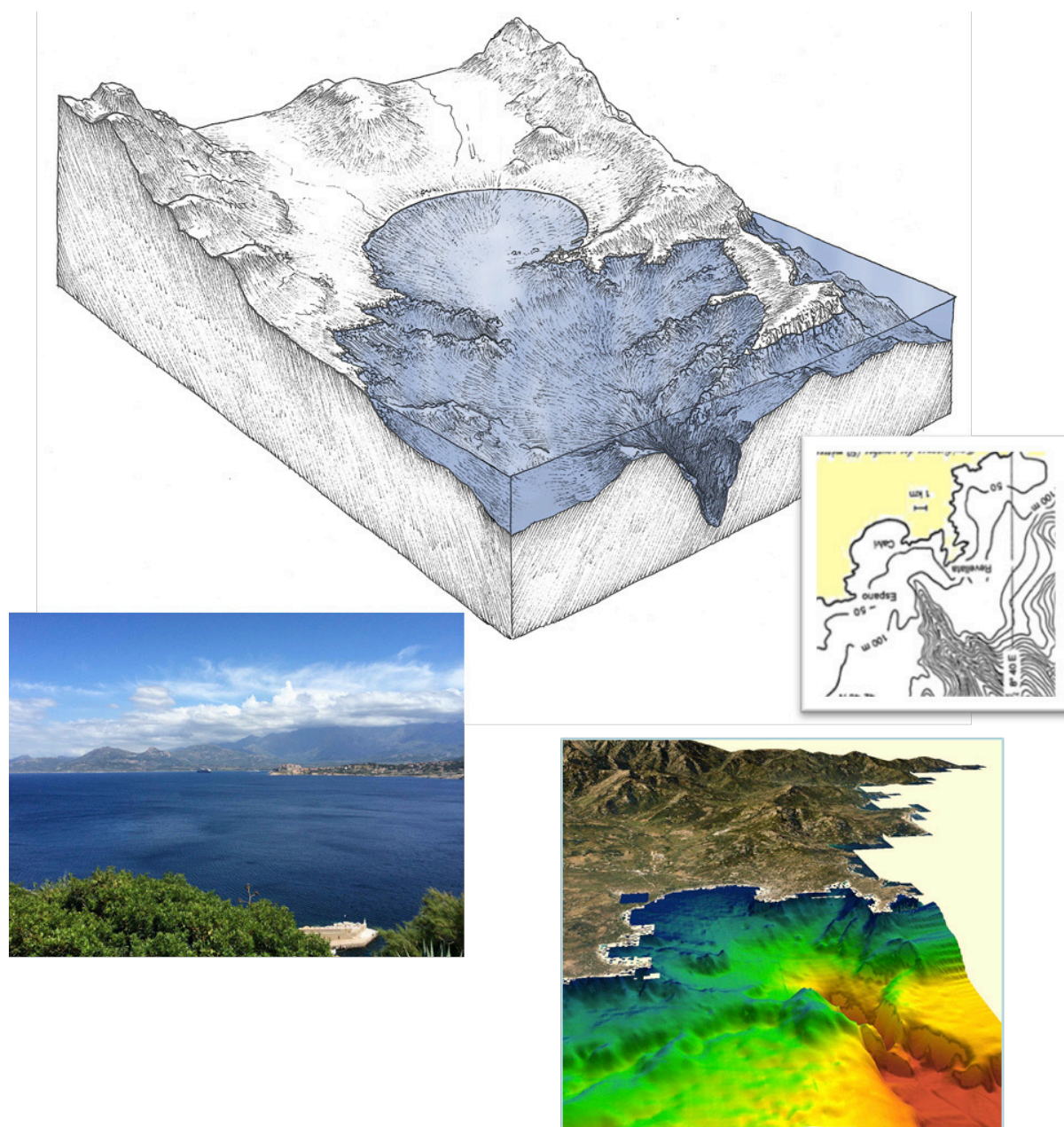
AVERTISSEMENT

Les annexes présentées ici sont illustratives de la richesse du projet. Elles ne sont pas le descriptif exhaustif du programme, mais une illustration des actions, soit sous forme de la synthèse d'un sujet, soit sous la forme d'un focus sur une partie d'action.

ANNEXE 1

Baie de Calvi
Un site de référence

La baie de Calvi est une baie méditerranéenne typique, qui se prolonge vers le large par un canyon sous-marin qui la connecte avec les grands fonds de plusieurs milliers de mètres. Les fonds côtiers et les grandes colonnes d'eau du large cohabitent et permettent des travaux scientifiques depuis le littoral jusqu'à des masses d'eaux de type océanique (dessin : A. Freytet).

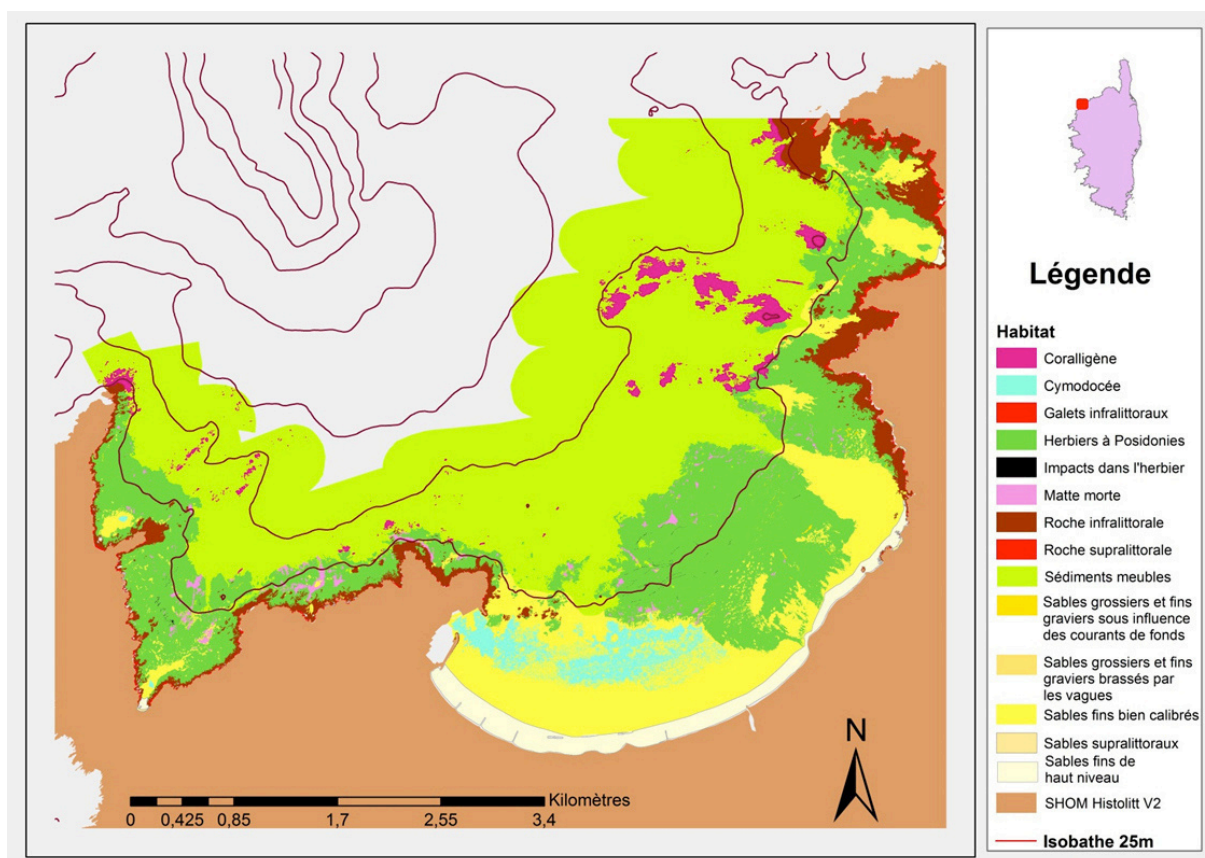


STARECAPMED valide le caractère de site de référence pour la baie de Calvi.

Toute la biodiversité de la Méditerranée

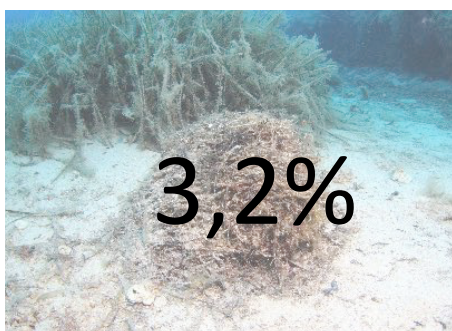
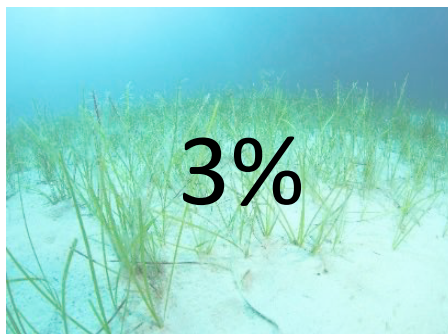
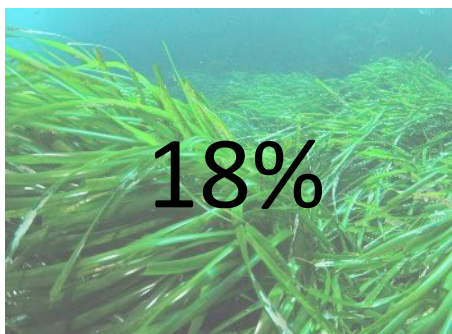
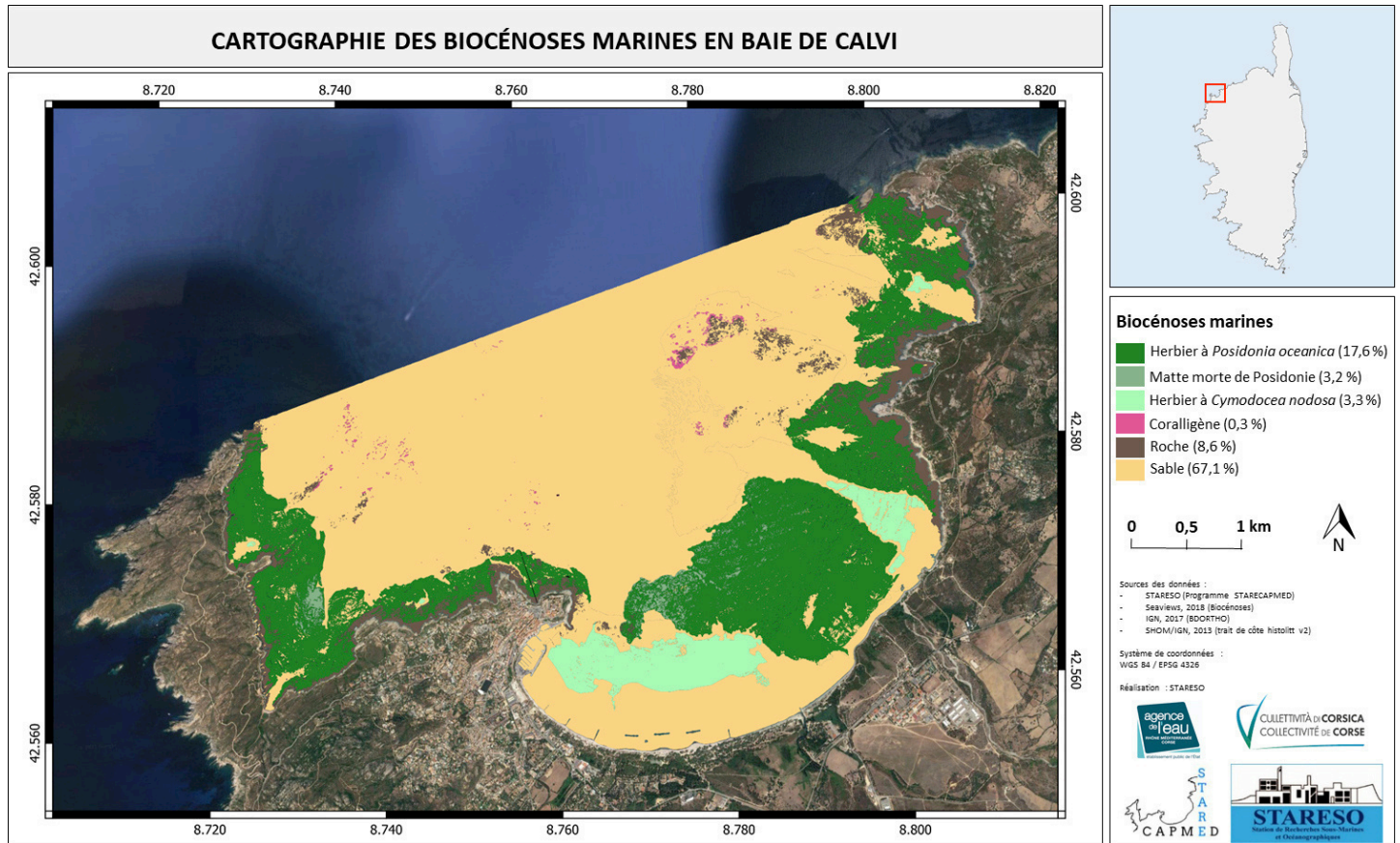
La baie de Calvi regroupe tous les écosystèmes et milieux typiques de la Méditerranée avec :

- la colonne d'eau du large, profonde, et les eaux plus côtières ;
- les récifs rocheux côtiers, avec la ceinture à algues photophylles proche de la surface et les formations coralligènes plus profondes ;
- les milieux sédimentaires, depuis le détritique côtier jusqu'aux vases de milieux profonds ;
- les grands herbiers de posidonies ;
- etc.



STARECAPMED permet d'étudier tous les compartiments méditerranéens typiques des milieux côtiers et du large.

LE SITE D'ETUDE



ANNEXE 2

STARECAPMED Comprendre les processus

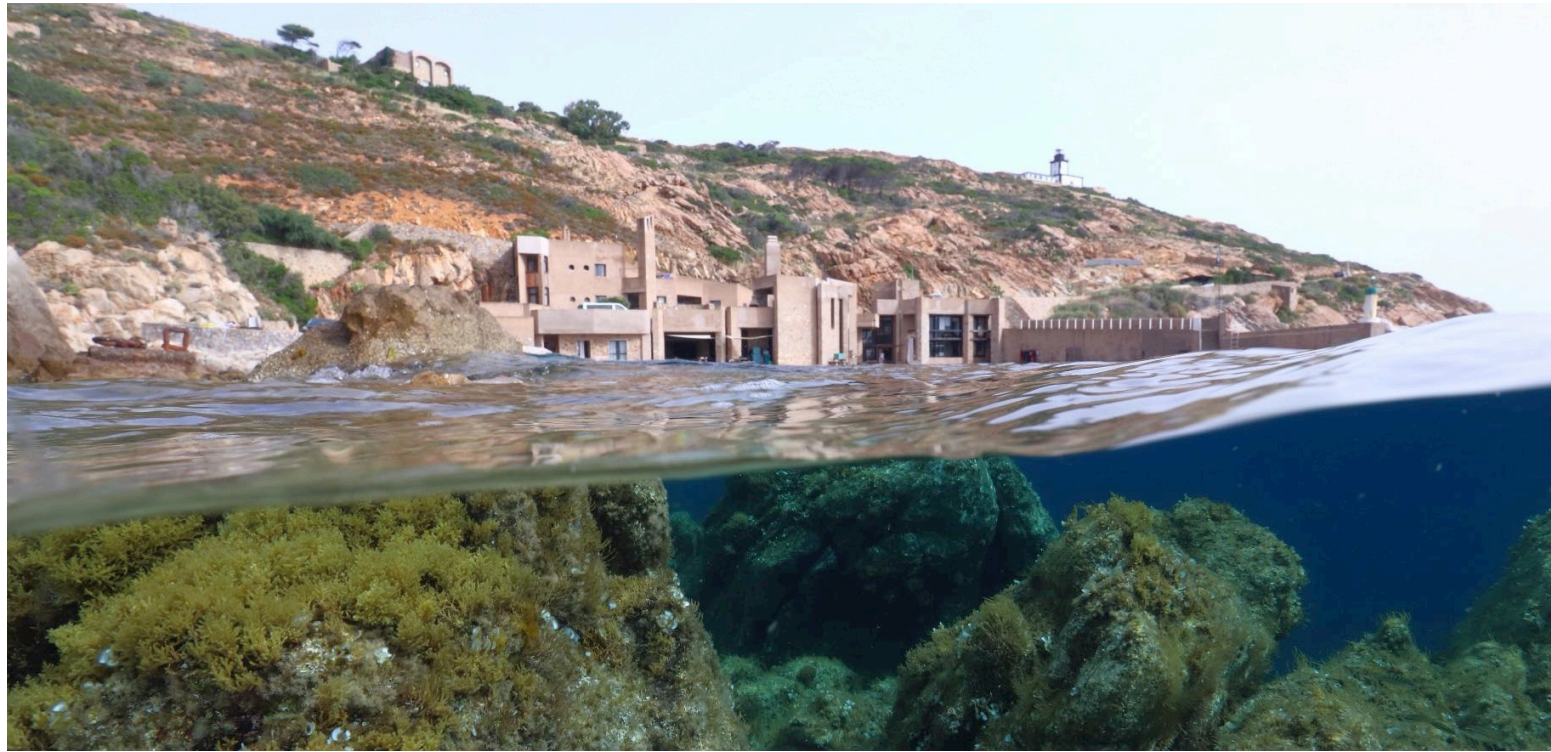


ANNEXE 3

Colonne d'Eau - Matériels et méthodes – Climat – Plancton

CLIMAT ET CADRE HYDROGRAPHIQUE

ETATS, TENDANCES, EXTREMES



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 primordiale à une interprétation efficace des

phénomènes observés au sein du règne animal et végétal et notamment des phénomènes biologiques 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.

Aspects présentés

Température de l'air

Régime des vents

**Episodes
météorologiques
méditerranéens**

**Température de l'eau
de 0 à 100m**

Niveau de l'eau

**Plancton et cascade
physico-chimique et
planctonique**

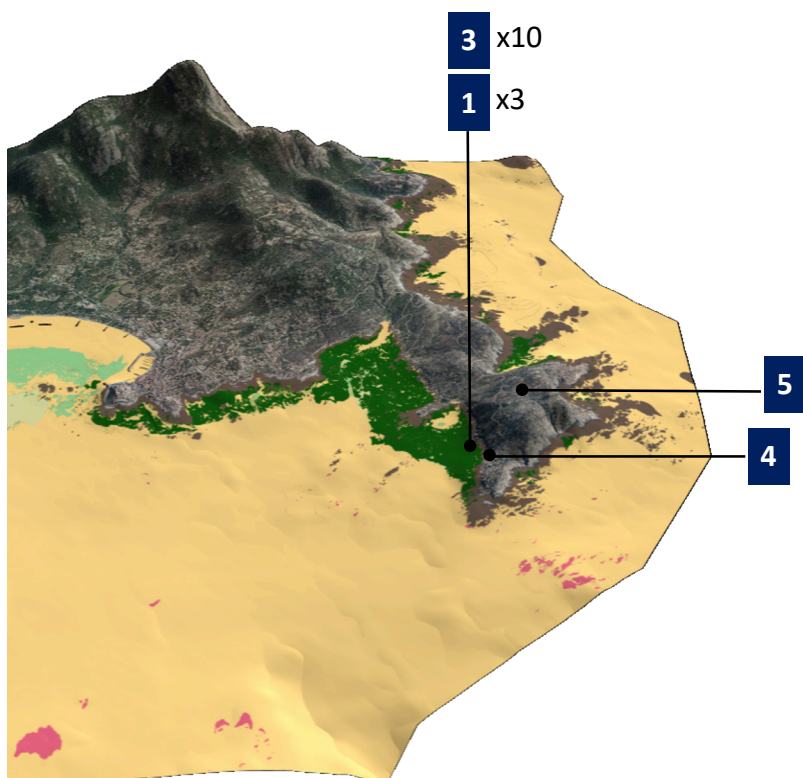
MATERIELS ET METHODES

Exemples de matériels utilisés pour le suivi du climat et du cadre hydrographique:

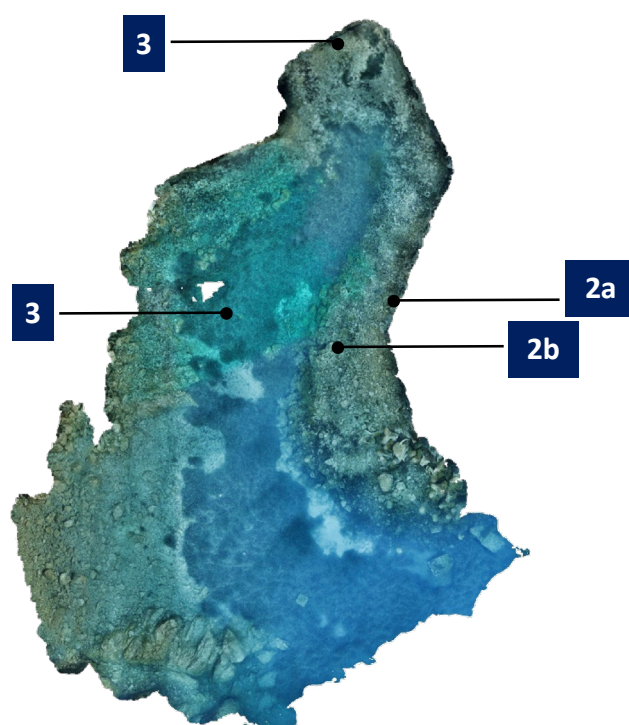
A Suivi en continu : data-loggers fixes



1. Optodes puis miniDOT mesurant l'oxygène dissous à 3 profondeurs différentes;
2. Loggers de pressions et températures de l'eau à 3m de type a) Onset HOBO et b) sonde mJK connectée à un serveur;
3. Loggers de température et d'irradiance installés à 5 stations différentes, au-dessus et à la base de l'hebier à chaque station soit à 10 profondeurs différentes allant de 1m à 38m;
4. Mât météo enregistrant le régime des vents au niveau de la mer;
5. Station météorologique enregistrant 17 paramètres différents sur la pointe de la Revellata.



Cartographie 3D de la
Pointe de la Revellata



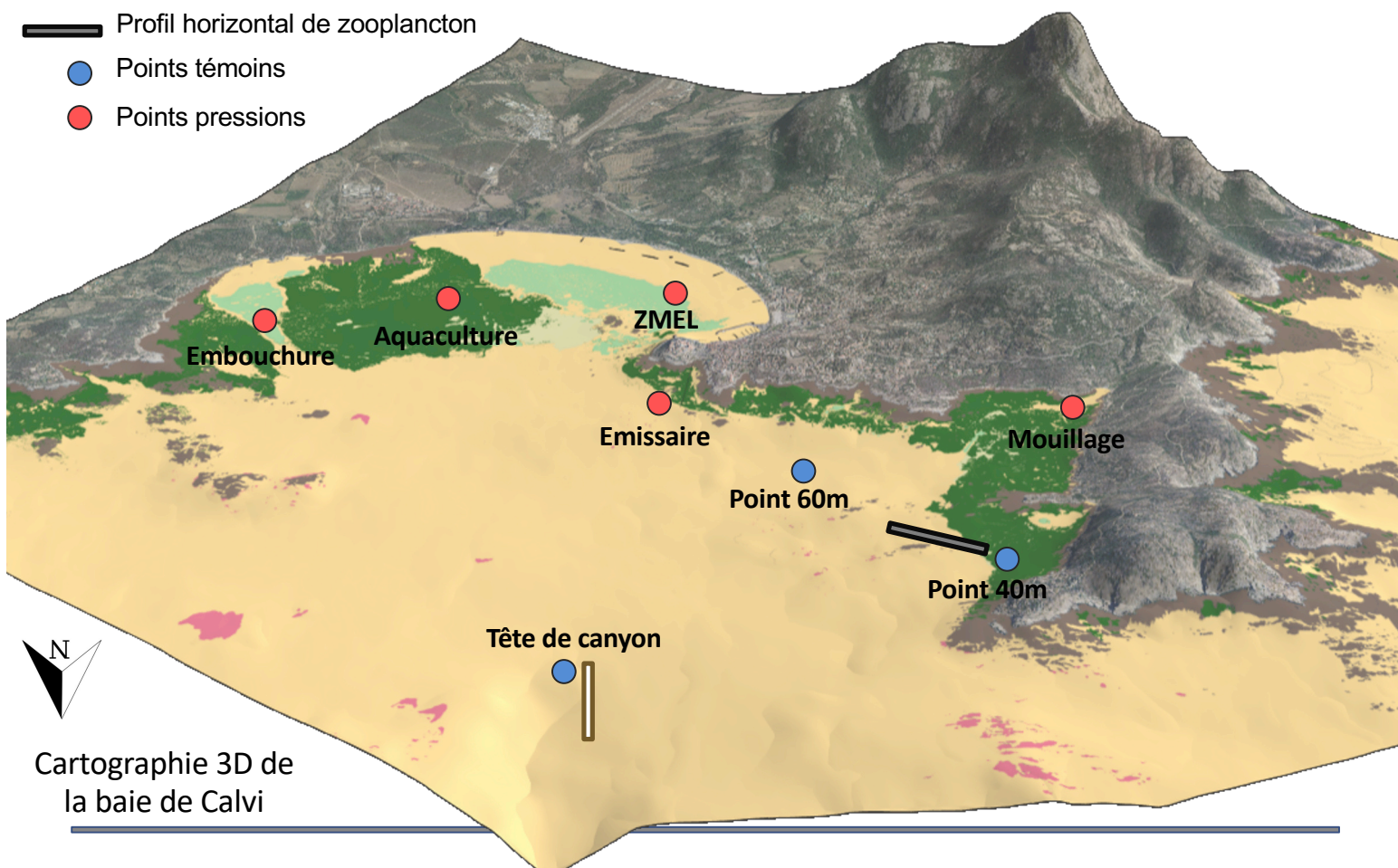
Orthophotographie du port de
STARESO réalisée par SeaEscape



Exemples de matériels utilisés pour le suivi du climat et du cadre hydrographique:**B** Suivi régulier : campagnes en mer

1. Sonde CTD CastAway;
2. Sonde multiparamétrique YSI-Exo2;
3. Sonde CTD Seabird;
4. Filet à zooplancton WP2;
5. Bouteilles Niskins pour les prélèvements de phytoplancton et sels nutritifs;
6. Embarcations types barges aluminium.

- Profil vertical de zooplancton
- Profil horizontal de zooplancton
- Points témoins
- Points pressions



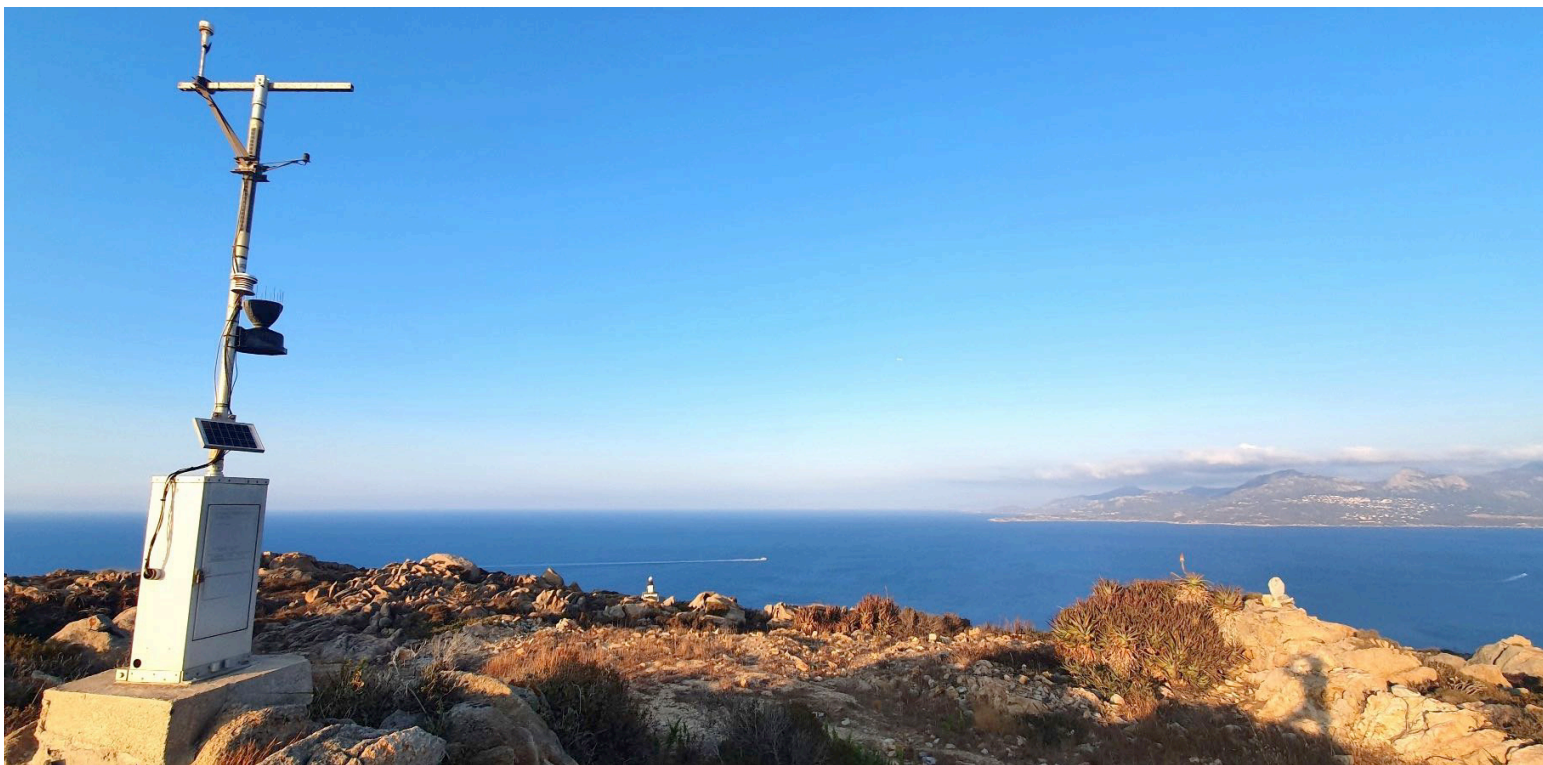
Exemples de matériels utilisés pour le suivi du climat et du cadre hydrographique:**C Traitements en laboratoire et informatique**

1. un fluorimètre Trilogy Turner Design pour le dosage en chlorophylle a et
2. la rampe de filtration des prélèvements l'eau;
3. un analyseur automatisé à flux continu pour le dosage des sels nutritifs (Université de Liège);
4. un scanner à zooplancton couplé à système semi-automatisé de classification;
5. Un spectromètre de masse à plasma à couplage inductif pour le dosage en éléments traces (Université de Liège);
6. Exemples de logiciels utilisés pour l'extraction et le traitement de données;



LE CLIMAT

ETATS, TENDANCES, EXTREMES



Des stations météorologiques

Une station météorologique surplombant la baie de Calvi, installée au sommet de la Punta Revellata à 169m d'altitude a été changé depuis 2021. Cette station continue d'assurer l'enregistrement plus d'une **quinzaine de paramètres toutes les 20 minutes depuis, pour certains, fin 1997**. Ces paramètres sont la pression atmosphérique, la température de l'air, la direction l'intensité et les rafales des vents, l'irradiance, l'humidité relative, et, depuis peu, le rayonnement photosynthétiquement actif et la pluviométrie. Une autre station enregistrant l'intensité et la direction du vent est située sur

le toit de STARESO, soit quasi au niveau de la mer.

La donnée générée sur ces stations est notamment transférée automatiquement sur un serveur pour alimenter la base de donnée appelée **RACE**, dédiée au **stockage, à la sauvegarde et au partage des données recueillies**. Le suivi à haute résolution temporelle du régime climatique et météorologique auquel est soumis la baie de Calvi permet d'appréhender l'ensemble des facteurs affectant la colonne d'eau et donc de mieux comprendre certains phénomènes et tendances qui y sont observés. **L'analyse d'une sélection de ces paramètres** présentant leurs caractéristiques, leur tendance mais aussi leurs liens est présentée au sein cette partie.

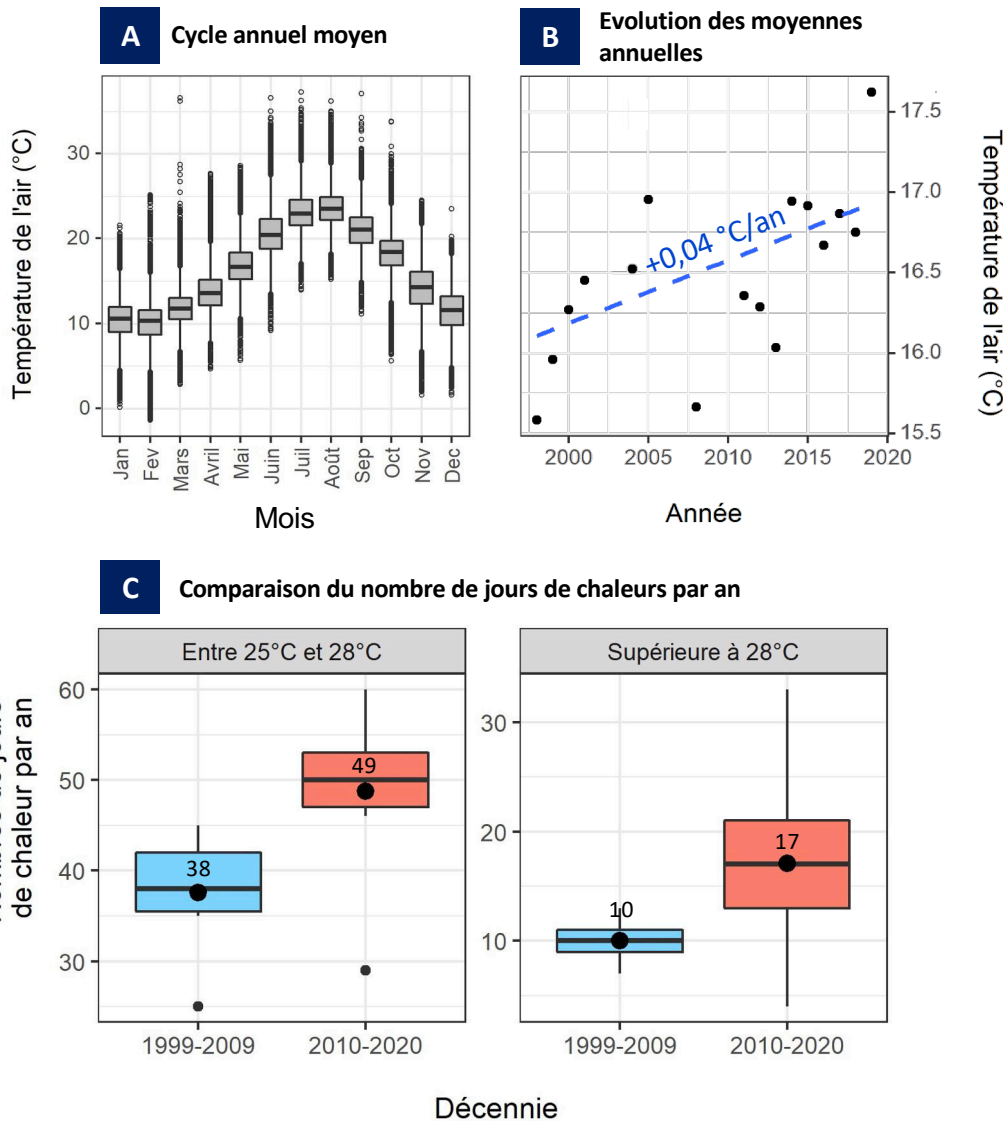
Deuxième mât météo sur le toit de STARESO



LA TEMPERATURE DE L'AIR

Une augmentation saisonnière

La température de l'air enregistrée depuis 1998 présente une moyenne annuelle de 16,5 °C, avec un record de 37,3°C (juillet 2014) et un minimum de -1,3°C (février 2012). Les températures atteignent en moyenne leur apogée saisonnière en août et redescendent au plus bas en février (Figure B). Une **tendance générale de réchauffement de +0,04 °C /an est observée** (Figure A), avec une augmentation maximale de +0,09° C/an concernant la **saison automnale** (Table X), traduisant un allongement de la saison estivale. En revanche, le printemps présente la plus faible augmentation moyenne de toutes les saisons, ce qui suggère un **allongement de la saison estivale affectant principalement l'arrière saison**.



Les jours de chaleurs

Cette tendance générale à l'augmentation est également caractérisée **par l'augmentation du nombre de jours de chaleurs** (Figure C). En effet, le nombre de jours caractérisés par des températures supérieures à 28°C a quasiment doublé en 20 ans malgré une importante variabilité intra-annuelle. En revanche le nombre d'événements de froids avec des températures inférieures à 5°C ne semble pas avoir changé significativement.

Tendances générales et saisonnières des températures de l'air

Températures de 1998 à 2020		Tendances °C/an
Années complètes		+0,04
Saisons	Printemps	+0,008
	Été	+0,06
	Automne	+0,09
	Hiver	+0,04

Moyenne annuelle de 16,5°C avec un maximal et minimal saisonnier en août et février respectivement

Augmentation moyenne de la température de +0,04°C/an

Allongement de la saison estivale en automne

Augmentation annuelle des jours de chaleurs

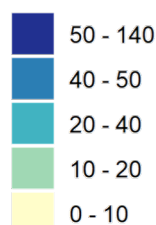
Figures : A) Cycle annuel moyen (les lignes horizontales et les cercles représentent respectivement la médiane et les extrêmes; les boîtes contiennent 75% de la donnée), B) tendance de la température de l'air moyenne annuelle sur 22 ans lissée par une régression linéaire (tirets bleus) et C) comparaison du nombre de jours caractérisés par des événements de chaleur entre 25°C et 28°C et supérieure à 28°C avec leur moyennes respectives (points) par décennie ;

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.

Vitesse de vent (km/h)



Nombre de mesures

--- Axe principal
--- Axe secondaire

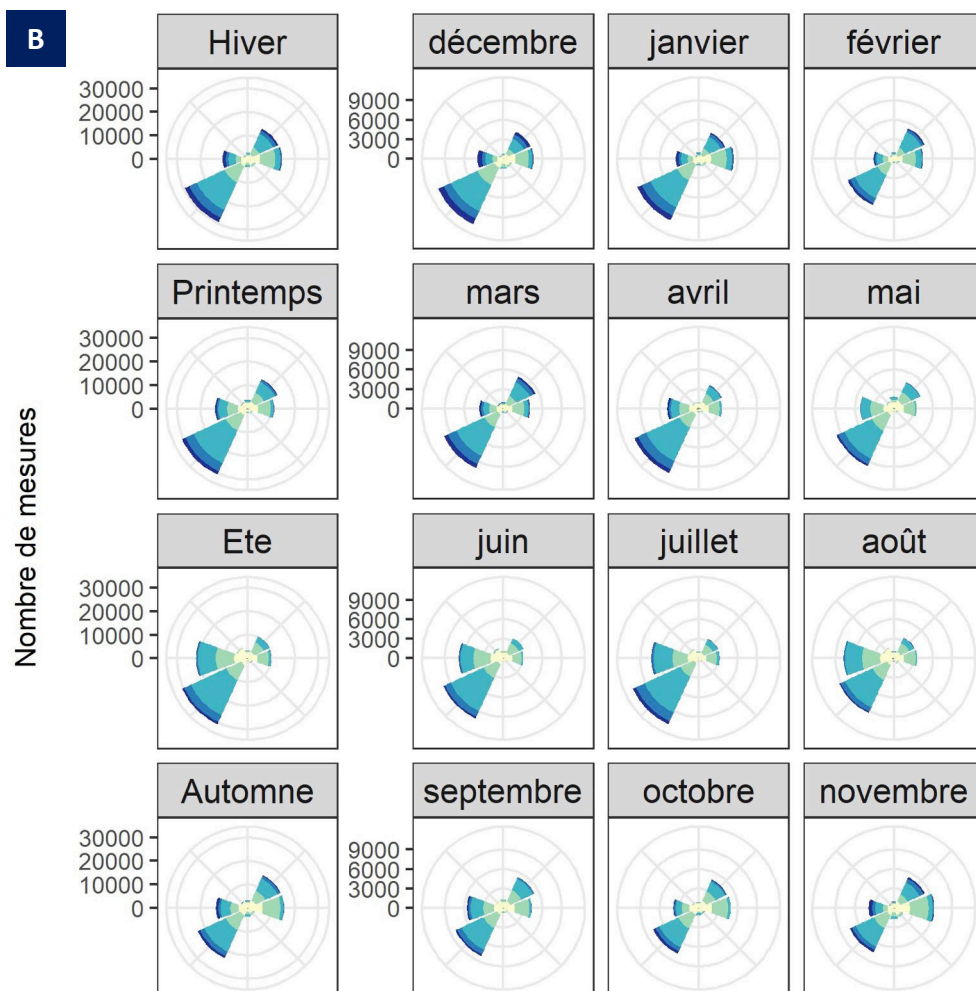
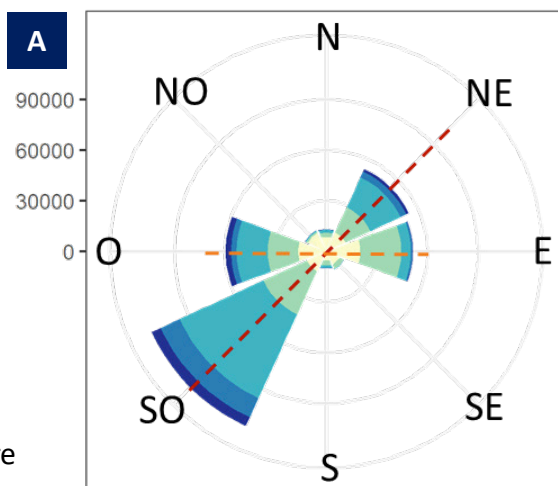


Figure : Description des caractéristiques moyennes A) générales, B) saisonnières et mensuelles du régime des vents de 1998 à 2019;

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 (Punente, fréquent en été, fort en hiver) et d'Est (Levante, fréquent en hiver et au printemps) s'opposent tout le long de l'année formant **l'axe secondaire des vents**. Toute direction confondue 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 et spécifiquement de secteur Ouest (Punente) 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).

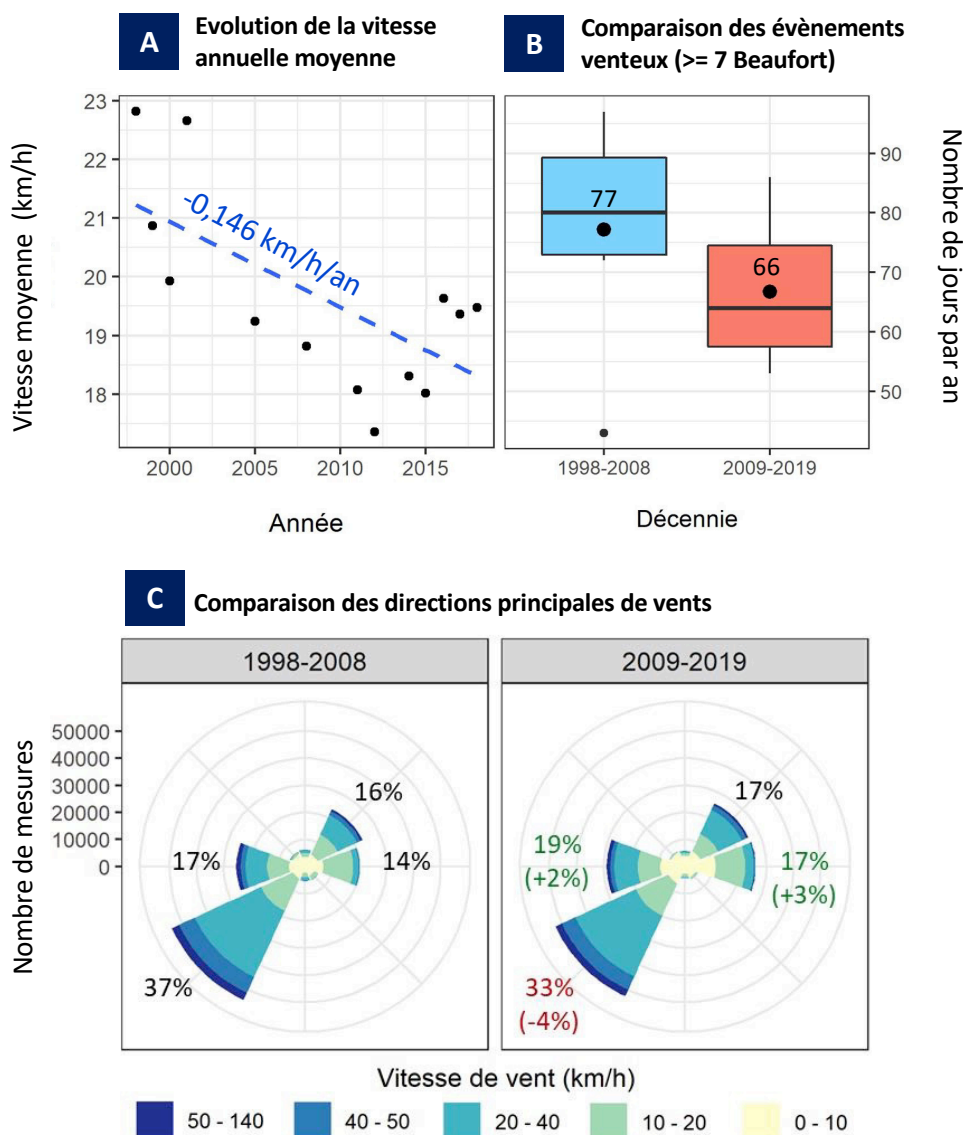
Vents dominants: Sud-Ouest > Ouest > Nord-Est

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 (Figure XA). 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 vents d'une vitesse supérieure ou égale à 7 Beaufort (Figure XB) a été plus faible cette dernière décennie comparée à celle de 1998-2008. 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 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). 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 avec l'apport en sels nutritifs.

10

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'événements venteux ($>50 \text{ km/h}$)

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

Figure X : 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;

UN CAS D'ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES REMARQUABLES

Épisodes méditerranéens tels que les médicanes

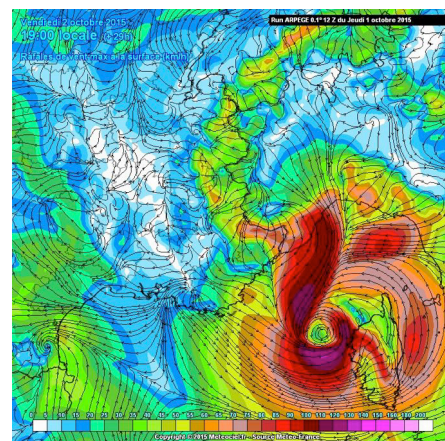
La fréquence et l'intensité des événements météorologiques violents sont communément prévus d'augmenter à l'avenir, bien que les projections futures demeurent dans l'ensemble très incertaines (e.g. Tilinina et al., 2013 ; Zappa et al., 2013). Parmi ces événements extrêmes en Méditerranée, des **ouragans méditerranéens** appelées "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** (Figure) et de l'air (Table) concerne en particulier la période automnale **avec l'élongation de la saison estivale** et 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), 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 des périodes considérées, la quasi-totalité des études s'accordent sur une répartition spatiale des médicanes identifiant la Méditerranée Occidentale et la mer Ionienne comme étant **les aires de prédilection** (Cavicchia et al., 2014 ; Tous & Romero, 2013 ; etc.). De plus, les médicanes 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 (Figure X), un médicane dont "l'oeil" est passé proche de Calvi en Octobre 2015 (Figure 11) et la tempête Adrian –non médicane– en Octobre 2018 (Figure 14), 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.**

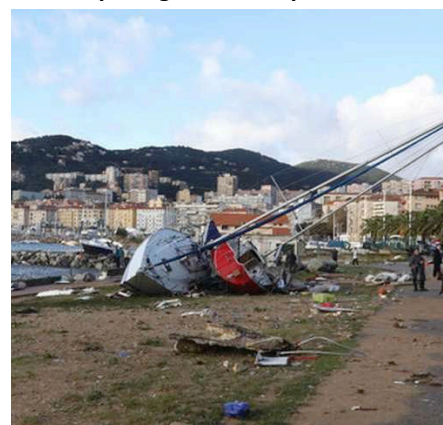
14

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



14

Dégâts à Ajaccio suite au passage de la tempête Adrian

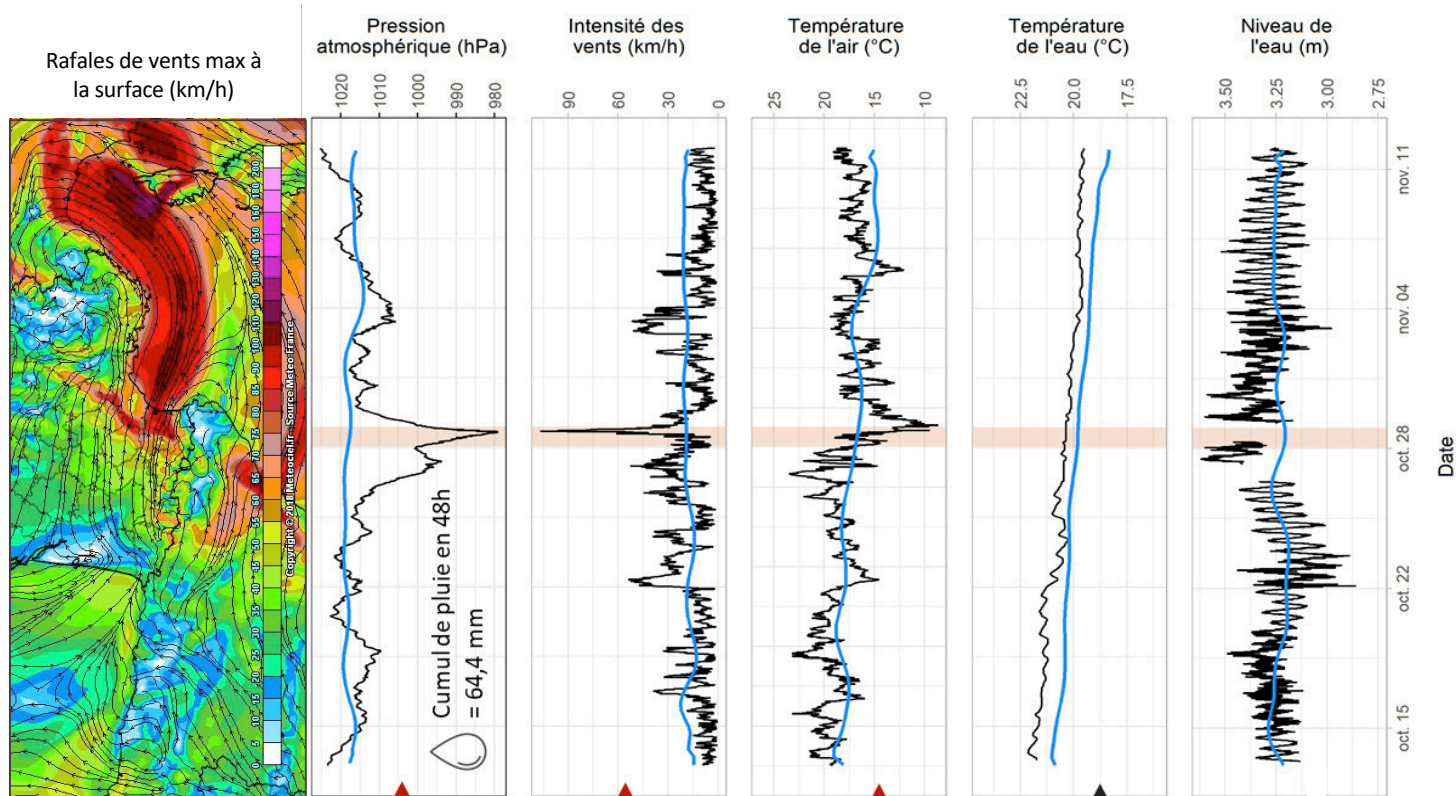


Favorisée par l'augmentation des températures de l'eau en automne, l'intensité de tempêtes de type "médicane" pourraient augmenter et notamment touchée la Corse

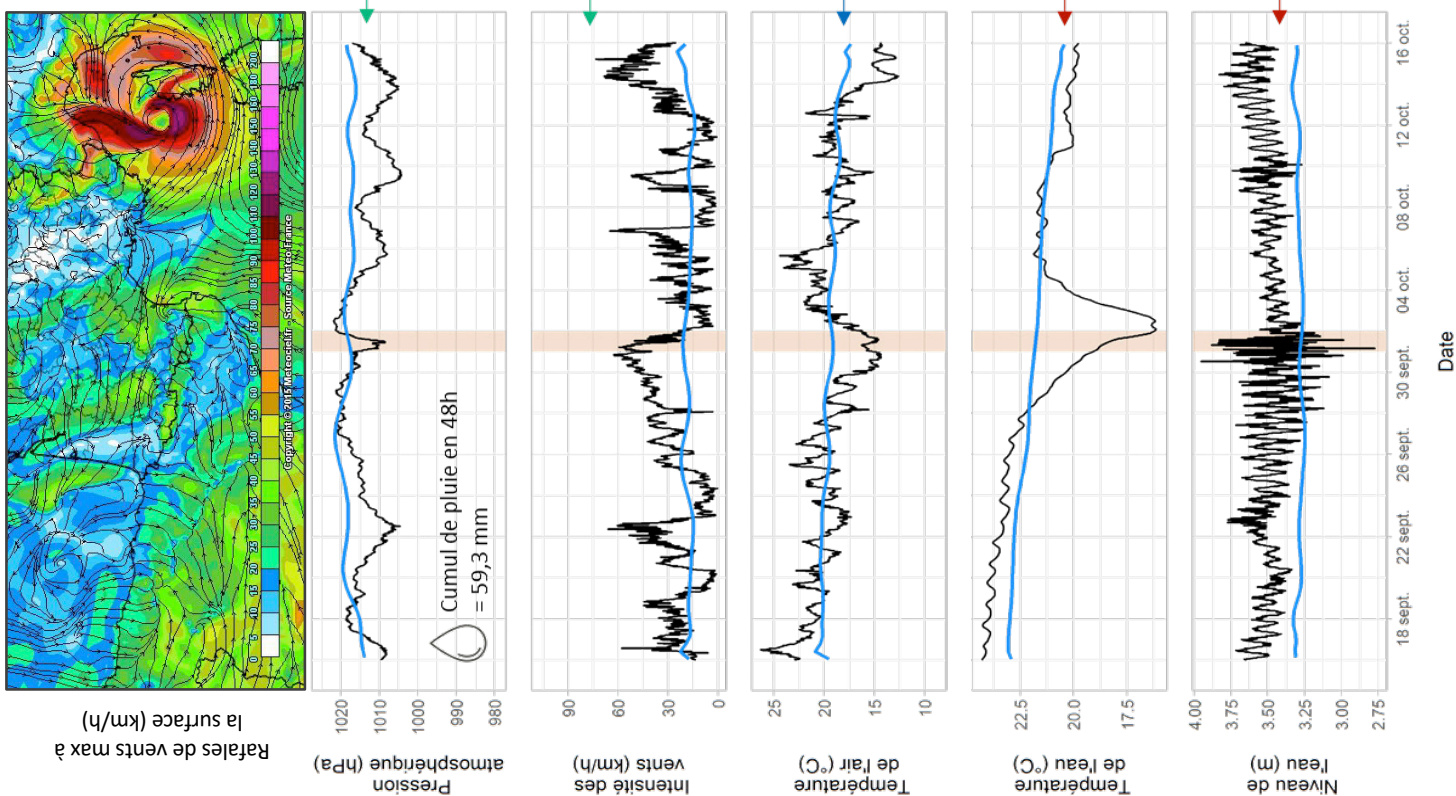
12

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 les moyennes à cette époque sont représentées par la ligne bleue.

29 Octobre 2018 : tempête Adrian



2 Octobre 2015 : tempête de type médicane



CADRE HYDROGRAPHIQUE

ETATS, TENDANCES, EXTREMES



Collecte de données en continu et campagnes en mer

La complémentation de **suivis en continu** (enregistrements de données toutes les 10 à 20min) et de **campagnes en mer** (bimensuelles ou hebdomadaires selon la saison la saison) permet de suivre une dizaine de paramètres concernant le cadre hydrographique : densité, température, salinité, oxygène dissous, pH, turbidité, matière organique fluorescente dissoute, nutriments (nitrates, nitrites, silicates, orthophosphates, ammonium), concentration phytoplanctonique (proxy de

la biomasse phytoplancton) et composition et abondance zooplanctonique. Une partie de la donnée générée est notamment transférée automatiquement sur un serveur pour alimenter la base de donnée appelée RACE, dédiée au stockage, à la sauvegarde et au partage des données recueillies.

L'analyse d'une **sélection de ces paramètres** présentant leurs caractéristiques, leur tendance mais aussi leurs liens est présentée au sein cette partie.

Fixation d'enregistreur de données à 37m



LA TEMPERATURE DE L'EAU

Température de l'eau : 35 ans de données à haute fréquence

La température de l'eau en subsurface est enregistrée **depuis 1981** dans le port de STARESO et présente une moyenne de 18,16°C avec un record de 28,6°C (juillet 2015) et un minimum de 11,3°C (mars 2010). Tout comme la température de l'air, les mois d'août et de février représentent les mois les plus chauds et froids, respectivement. Bien qu'une **tendance générale de +0,02 °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, surtout en période hivernale.

La dernière décennie est ainsi caractérisée par un **réchauffement 6 fois supérieur** à celui des 4 dernières décennies et notamment par un adoucissement des hivers de 0,15 °C/an.

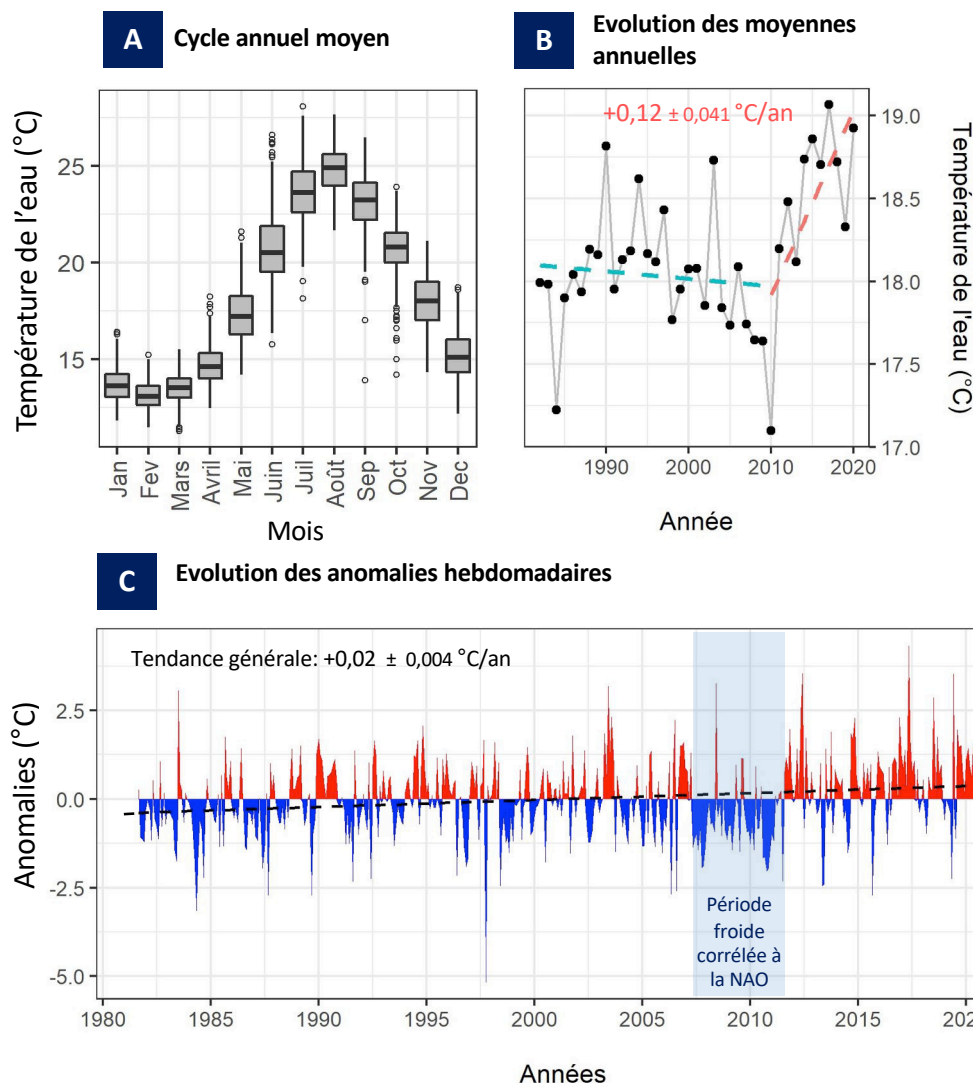


Table X: Tendances générales et saisonnières ainsi que moyennes des température en subsurface (tendance significative : « * »)

Périodes	Tend. °C/an	Temp. moy.
1981-2020	0,02 *	18,16
1987-2010	-0,01	18,00
2010-2020	0,12 *	18,48
2010-2020	Printemps	0,09
	Eté	0,12
	Automne	0,11*
	Hiver	0,15 *

Moyenne annuelle de 18,16°C avec un maximal et minimal saisonnier en août et février respectivement

Augmentation générale de +0,02°C/an

Réchauffement accru depuis 2010 (+0,12 °C/an) surtout de l'hiver (0,15°C/an)

Période froide de 2007 à 2011 corrélée à la NAO

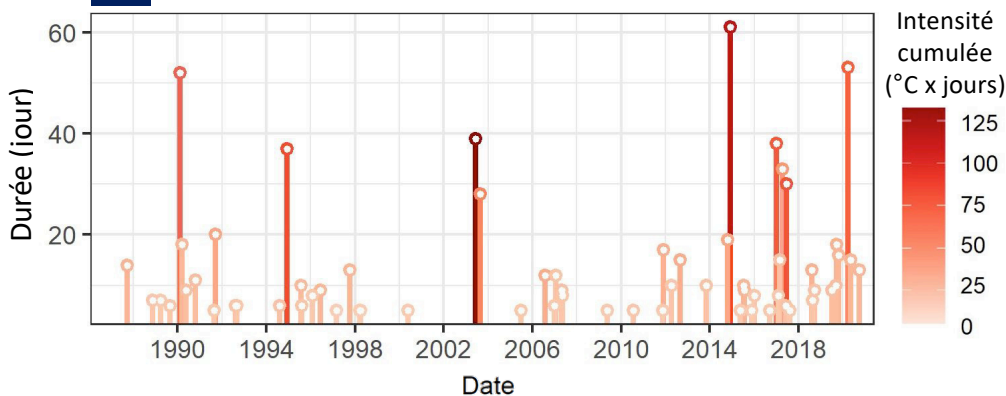
Figures : Analyse de la température de l'eau en subsurface avec A) le cycle annuel moyen (les lignes horizontales et les cercles représentent respectivement la médiane et les extrêmes; les boîtes contiennent 75% de la donnée), B) les tendance des moyennes annuelles lissées par des régressions linéaires sur les périodes précédant et suivant 2010 et C) les anomalies de températures positives (rouge) et négatives (bleues) lissées par une régression linéaire (tirets noirs), ainsi que les moyennes sur les périodes précédant et suivant 2010 et la mise en valeur de la période froide (zone bleue);

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. L'une des vagues de chaleur marine les plus conséquente en termes de durée et d'intensité a été celle de **l'été 2003**, dépassant de 3°C la moyenne et ce durant 39 jours consécutifs. Cet événement extrême avait alors touché l'ensemble du nord-ouest méditerranéen, y compris Calvi (Figure C), entraînant des **événements de mortalités massives d'invertébrés benthiques de substrats durs** (Garrahou et al., 2009). Grâce aux longues séries temporelles constituées de données à haute fréquence, il a été possible d'identifier **63 événements depuis 1982** représentant une durée cumulée de 876 jours avec des anomalies positives allant de +1 °C à +5°C et une durée allant de 5 à 61 jours consécutifs. L'étude des vagues de chaleur à différentes profondeurs entre 2015 et 2020 permet de mettre en évidence que la durée et le nombre annuel de ces événements diminue avec la profondeur (4,5/an à 3m, 2,2/an à 20m et 1,6/an à 36m). Depuis 2000, le nombre annuel et la durée totale annuelle de ces événements à

3m sont en augmentation d'environ **1 événement de plus tout les 5 ans** et **de 2,6 jours de plus par an**. Ces tendances sont en accord avec les projections, annonçant une augmentation considérable de la durée, la fréquence, l'intensité et la profondeur de ces vagues de chaleur marine (Lionello et al., 2012, Darmaraki et al., 2019), exerçant ainsi une **pression conséquente sur la faune fixée, l'herbier de Posidonie** et favorisant la **prolifération d'algues filamenteuses** (Straub et al., 2019).

A Evènements de vagues de chaleur marine



C Vagues de chaleur marines en été 2003

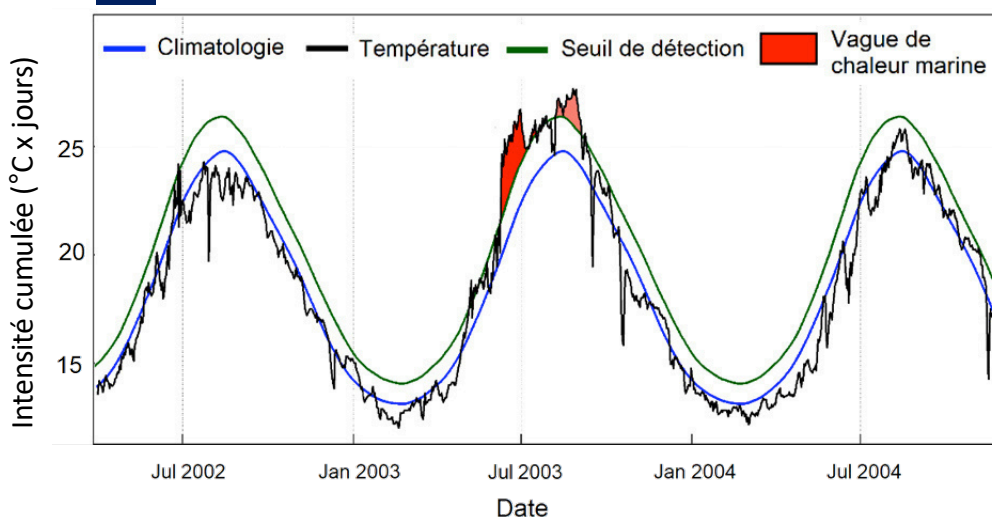
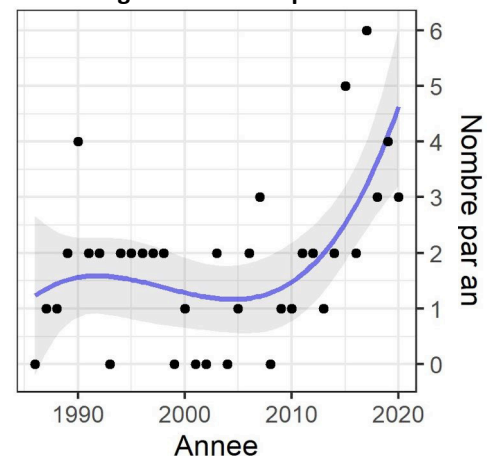


Figure X : A) Ensemble des dates d'évènements de vagues de chaleur marine détectées depuis 1986 à 3m ainsi que leur durée et intensité cumulées respectives; B) Evolution du nombre de vagues de chaleur marine par an et la tendance lissée (en bleu); C) exemple d'évènements de canicules marines en été 2003 avec un événement majeur en juin-juillet de 39 jours (rouge) puis un second événement en août de 28 jours (orange).

Recouvrement d'algues filamenteuses



B Evolution du nombre de vagues de chaleur par an



63 vagues de chaleur marines depuis 1982

+1 événement de plus tout les 5 ans

Fréquence annuelle décroissante avec la profondeur

La température de l'eau sur les 100 premiers mètres

La température de la colonne d'eau est mesurée à 8 sites différents au sein de la baie présentant des fonds entre 5m et plus de 120m de profondeur.

Le point de suivi sur 100m "Tête de canyon" présente des caractéristiques océaniques malgré sa relative proximité à la côte. Situé à l'entrée de la baie et proche de l'ouverture d'un canyon sous-marin, il est représentatif de masses d'eau plus profondes, notamment celles remontant par le canyon et alimentant ainsi la baie avec des eaux riches en nutriments. Or **l'analyse des 310 profils** de sonde effectués à ce site depuis 2012 révèle une **augmentation de la température des eaux profondes entre 80m et 95 m à une vitesse moyenne de +0,09 °C / an**, témoignant potentiellement d'une diminution de remontée d'eaux froides.

Concernant les sites de suivis situés à l'intérieur de la baie, **une augmentation de la température caractérise les 25 premiers mètres** de la majorité des sites, **surtout en septembre**, avec un réchauffement allant jusqu'à 0,03°C/an pour les masses d'eau à 25m. Ce réchauffement est donc synchrone à celui de la saison automnale identifiée pour la température de l'air. L'élévation de la température des eaux affecte l'ensemble du règne animal et végétal marin allant des traits de vie chez les poissons (Sabates, et al., 2006), à la physiologie et la floraison des herbiers (Marba & Duarte, 2010 ; Ruiz et al., 2018). **Caractériser spatialement et temporellement ce réchauffement** permet donc de mieux caractériser et donc mieux mettre en relation les tendances et phénomènes observés à chaque site.

Evolution des profils de température au point Tête de canyon

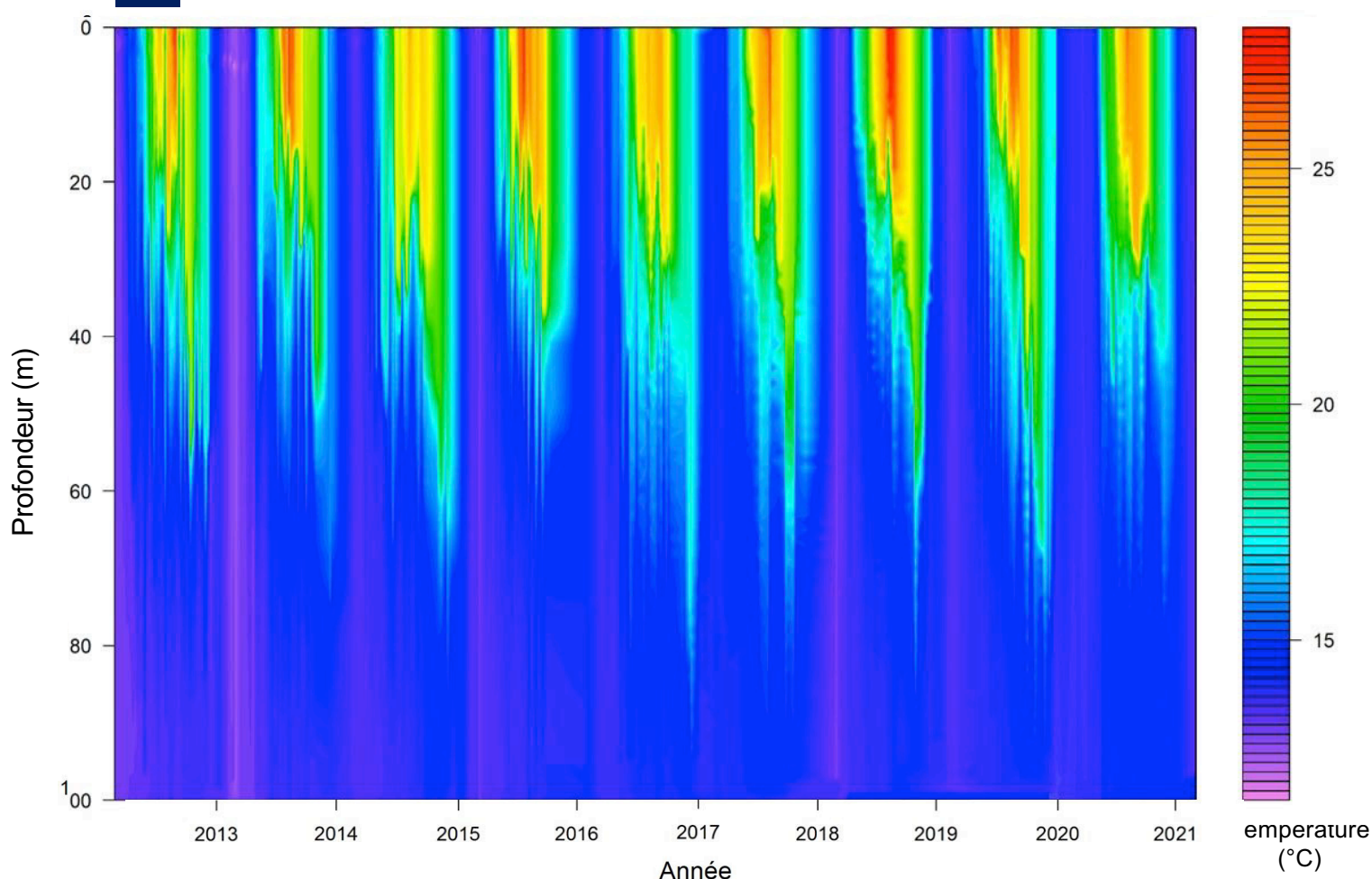
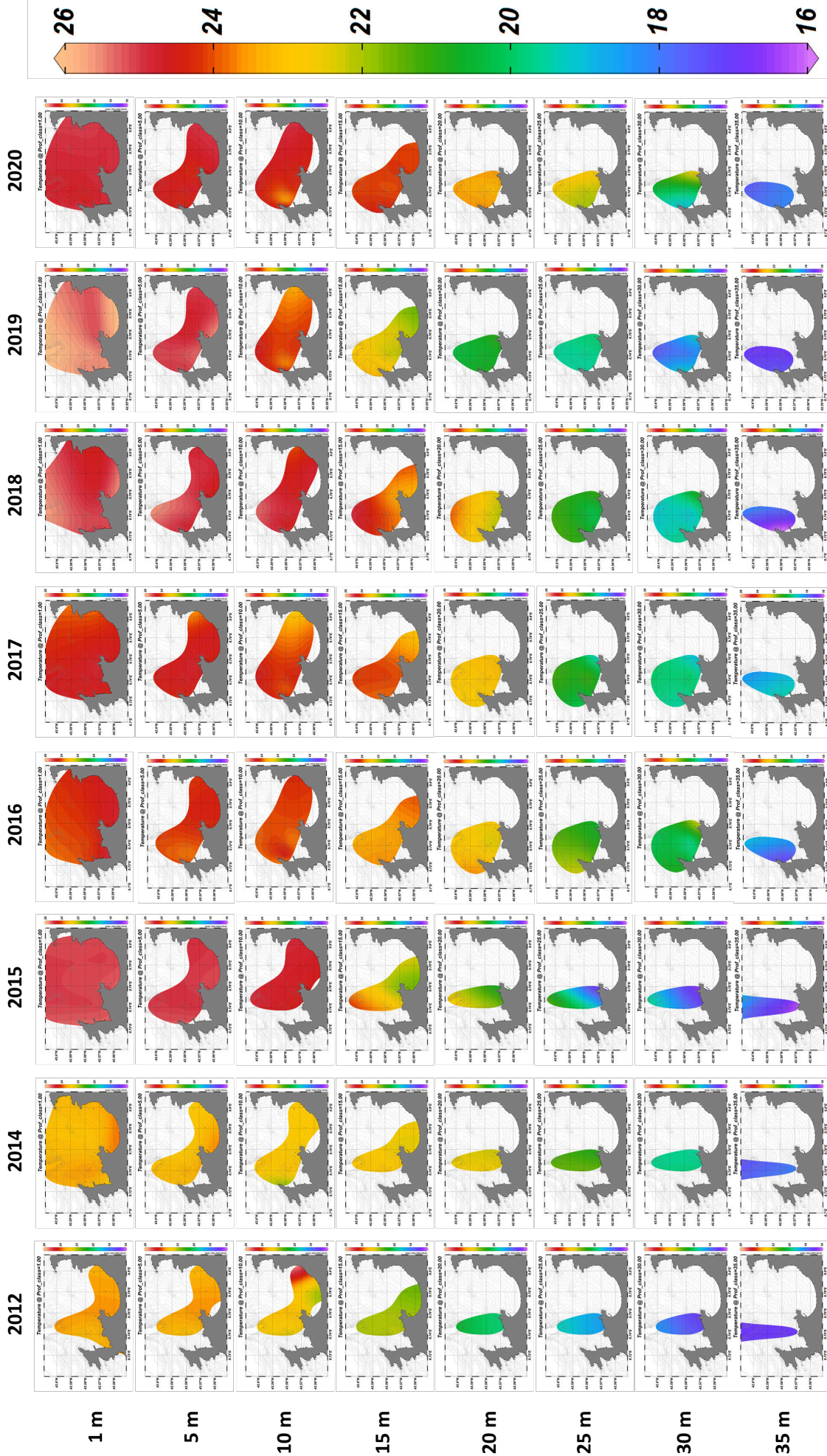


Figure X : A) Evolution de la température sur 100 m de colonne d'eau par la réalisation de 310 profils de 100m de température en tête de canyon de 2012 à 2020; la zone grisée représente de la donnée manquante.



Evolution des températures de l'eau en fonction de la profondeur réalisée sur base de 297 profils effectués à 9 sites différents au sein de la baie. Une interpolation spatiale est effectuée pour chaque ensemble de points à la même profondeur et les zones de chaleur par profondeur dépendent donc de la bathymétrie de la baie et de la hauteur de la colonne d'eau à chaque site suivi, allant de 3m à 100m.

Augmentation de la température des eaux profondes (80m à 95m) de +0,09°C/an au niveau d'une ouverture de canyon sous-marin

Augmentation de la température des masses d'eau des premiers 25m (jusqu'à 0,03°C) au sein de la baie

Evolution de la thermocline

La thermocline constitue un **aspect structurant de la colonne d'eau**. Elle est définie par une zone de transition thermique rapide entre les eaux superficielles et les eaux profondes. Au point tête de canyon sur un fond de plus de 120m, la thermocline a pu être mesurée à des **profondeurs allant de 5m à 75m** et commence à se former généralement en avril, en moyenne à 25m et 15 °C. L'établissement de la thermocline semble de plus en plus tardif avec une profondeur de thermocline de plus en plus faible en avril. La thermocline est ensuite pleinement installée **chaque année de mai à octobre** s'enfonçant progressivement d'environ 25m à 50m. Certains hivers, caractérisés par un brassage hivernal tardif ou faible de la colonne d'eau, peuvent présenter une thermocline jusqu'en décembre voire janvier.

Un **approfondissement significatif** de la profondeur moyenne de la thermocline est observé depuis 2012 principalement **pour les mois d'été** (juillet, août, septembre). Cette tendance est maximale pour le mois d'août atteignant alors quasiment 1,8 mètre d'approfondissement annuel. Cette diminution de la thermocline sur des fonds de 30m (Emissaire), 40m (Point 40m) ou 60m (Point 60m) au sein de la baie est également uniquement observée pour août ou juillet. Or une modification de la thermocline peut entraîner des **shifts des habitats thermiques** et influencer notamment la **distribution et le succès de larves** d'un large spectre de faune marine pélagique (Alvarez et al., 2021) et benthique (Boudreau et al., 1992).

Evolution de la profondeur et température de thermocline moyenne par mois

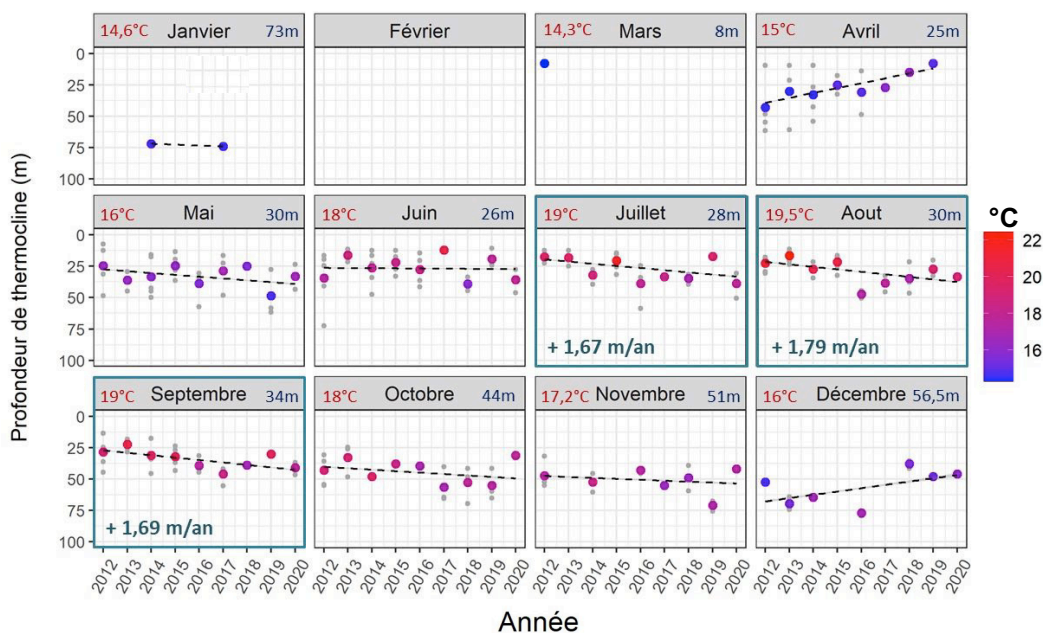


Figure X : Evolution de la profondeur et température de la thermocline par mois; chacune des thermoclines mensuelles (petits points gris) est moyennée par année (gros points de couleur); les profondeurs moyennes mensuelles de thermocline sont indiquées à droite de chaque mois; seuls les mois de juillet, août et septembre montrent une tendance significative d'approfondissement de la thermocline avec le temps précisée en vert.

Evolution des profils moyens de température en août

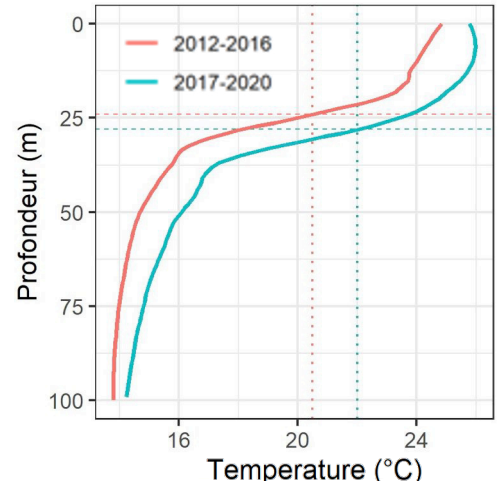
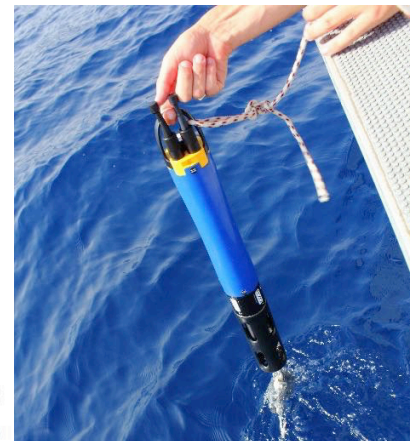


Figure X : Profils de température de la dernière semaine d'août moyennés par période, 2012 à 2016 et 2017 à 2020; les lignes pointillées verticales et horizontales représentent les thermoclines et températures respectives.

Déploiement de la sonde multiparamétrique YSI Exo2



**Thermocline
pleinement établie
de d'avril ou mai à
octobre**

**Approfondissement de
la thermocline l'été
d'environ 1,8m/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**.

Sonde mJK mesurant pression et température de l'eau et envoyant quotidiennement la donnée vers un serveur

PHOTO ECHELLE 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 XA). 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.

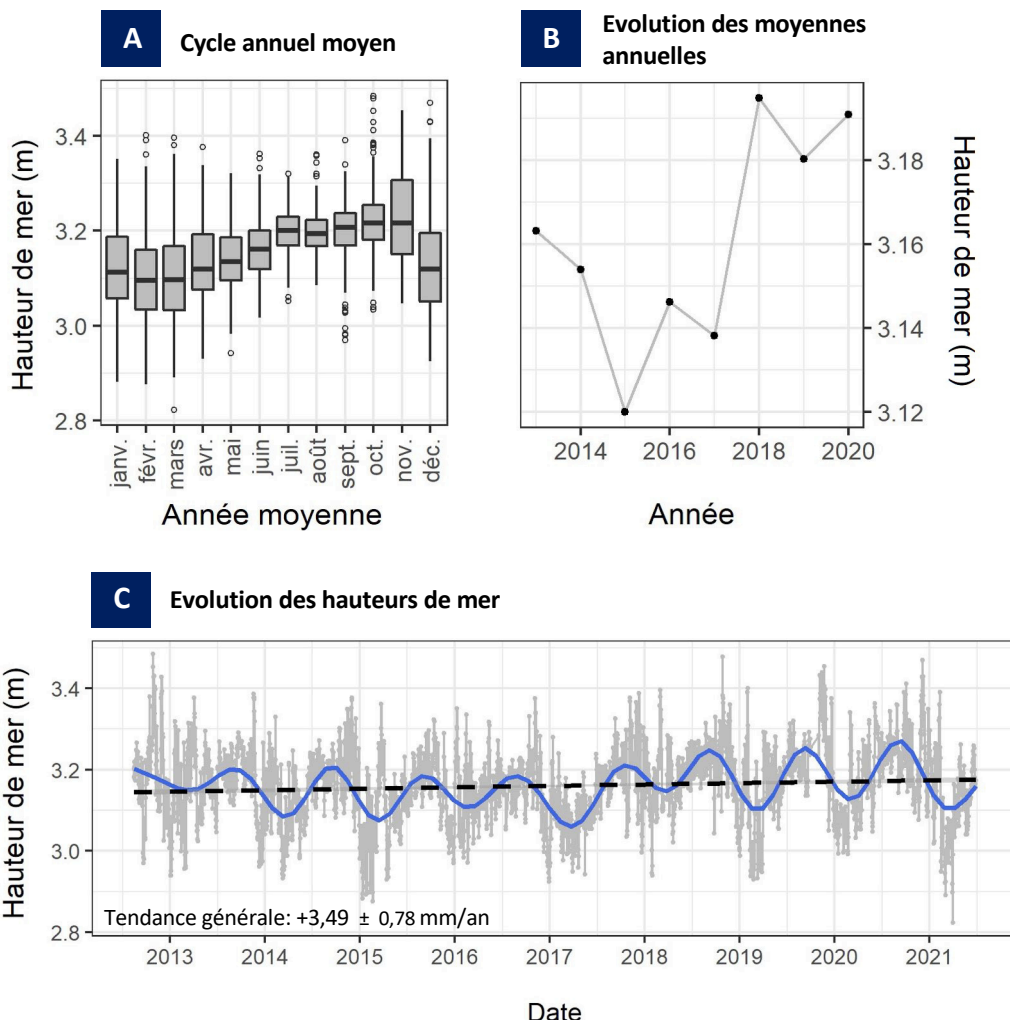


Figure X : Analyse de la hauteur de mer avec A) le cycle annuel moyen (les lignes horizontales et les cercles représentent respectivement la médiane et les extrêmes; les boîtes contiennent 75% de la donnée), B) l'évolution des moyennes annuelles et C) l'évolution du niveau marin composée de 332 217 mesures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

Augmentation moyenne de 3,5mm/an de 2012 à 2020

Cycle saisonnier avec maximum et minimum respectivement en automne et hiver

CASCADES PHYSICO-CHIMIQUES ET PLANCTONIQUES

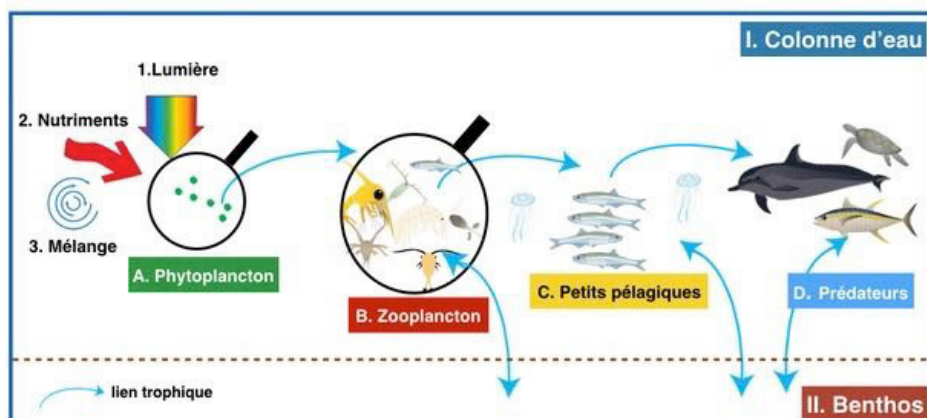
Une synthèse des analyses relatives aux dynamiques phytoplanctoniques et zooplanctoniques dans la baie de Calvi est donnée dans le rapport d'activité de l'année 2019. Ces suivis du compartiment planctonique ainsi que celui des concentrations en nutriments se poursuivent, alimentant désormais des séries temporelles de plusieurs dizaines d'années.

Récapitulatif du nombre d'échantillons prélevés pour chaque paramètres et par période

PARAMETRES	Série temporelle STARECAPMED (2012 à 2020)	Série temporelle complète (débutant avant 2012)
NUTRIMENTS Dosages des concentrations en nitrate, nitrite, silicate, ammonium et phosphate	3186 prélèvements soit 15930 données de concentrations	1988 à 2020: 4262 prélèvements soit 21310 données de concentrations
PHYTOPLANCTON Dosages des concentrations en chlorophylle <i>a</i> (proxy de la biomasse phytoplanctonique)	3374 prélèvements et données	1979 à 2020: 4013 prélèvements et données
ZOOPLANCTON Calcul de l'abondance et/ou du biovolume	609 prélèvements (455 traits horizontaux et 154 traits verticaux)	2003 à 2020: 1231 prélèvements 1045 traits horizontaux et 186 traits verticaux)

Par ailleurs, la mise en relation de l'ensemble des suivis montre que la variabilité des dynamiques phytoplanctoniques et zooplanctoniques (à la fois en termes d'abondance et de phénologie) sont tributaires de celle des dynamiques physiques et chimiques, liées par un système en cascade.

Représentation schématisée de processus physico-chimiques et biologiques et leur liens trophiques en cascade depuis l'efflorescence phytoplanctonique à l'alimentation de la chaîne trophique



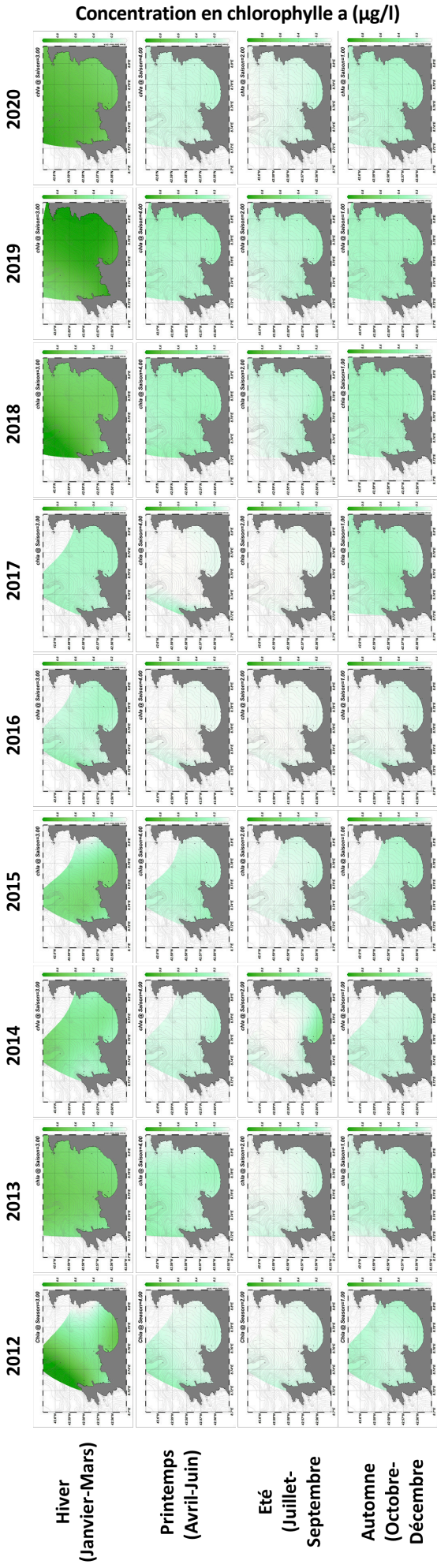
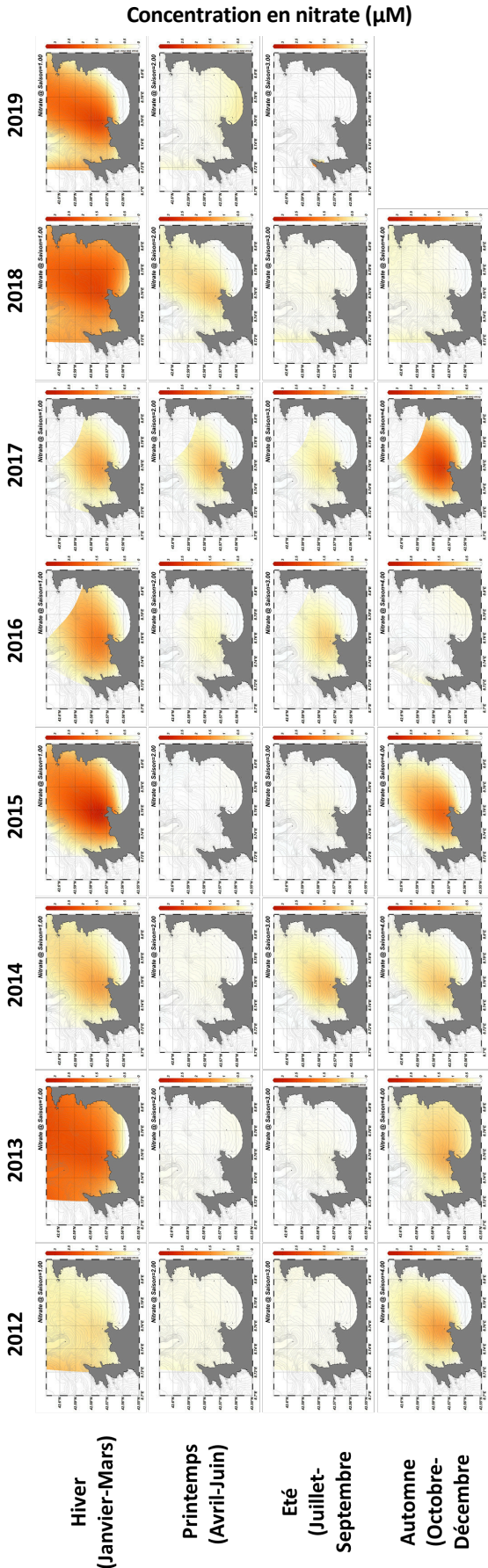
Bibliothèque d'échantillons de zooplancton



Ichtyoplancton: larve de poisson



Evolution des concentrations saisonnières en chlorophylle *a* (*vert*) et nitrates (orange) en subsurface de la baie de Calvi. Les hivers caractérisés par de fortes concentrations en nitrates sont en généralement également caractérisés par des concentrations élevées en chlorophylle *a* (2013, 2015, 2018, 2019).



Evènements séquentiels et phénologie

Calvi, comme l'ensemble du bassin Nord-Ouest Méditerranéen se démarque du reste de la Méditerranée par l'existence d'un important **bloom printannier** (Lazzari et al., 2012; Ortenzo et al., 2014). Cette dynamique est dépendante des conditions physico-chimiques hivernales et printanières pouvant être favorables ou non à l'occurrence d'une forte efflorescence phytoplanctonique. un décalage

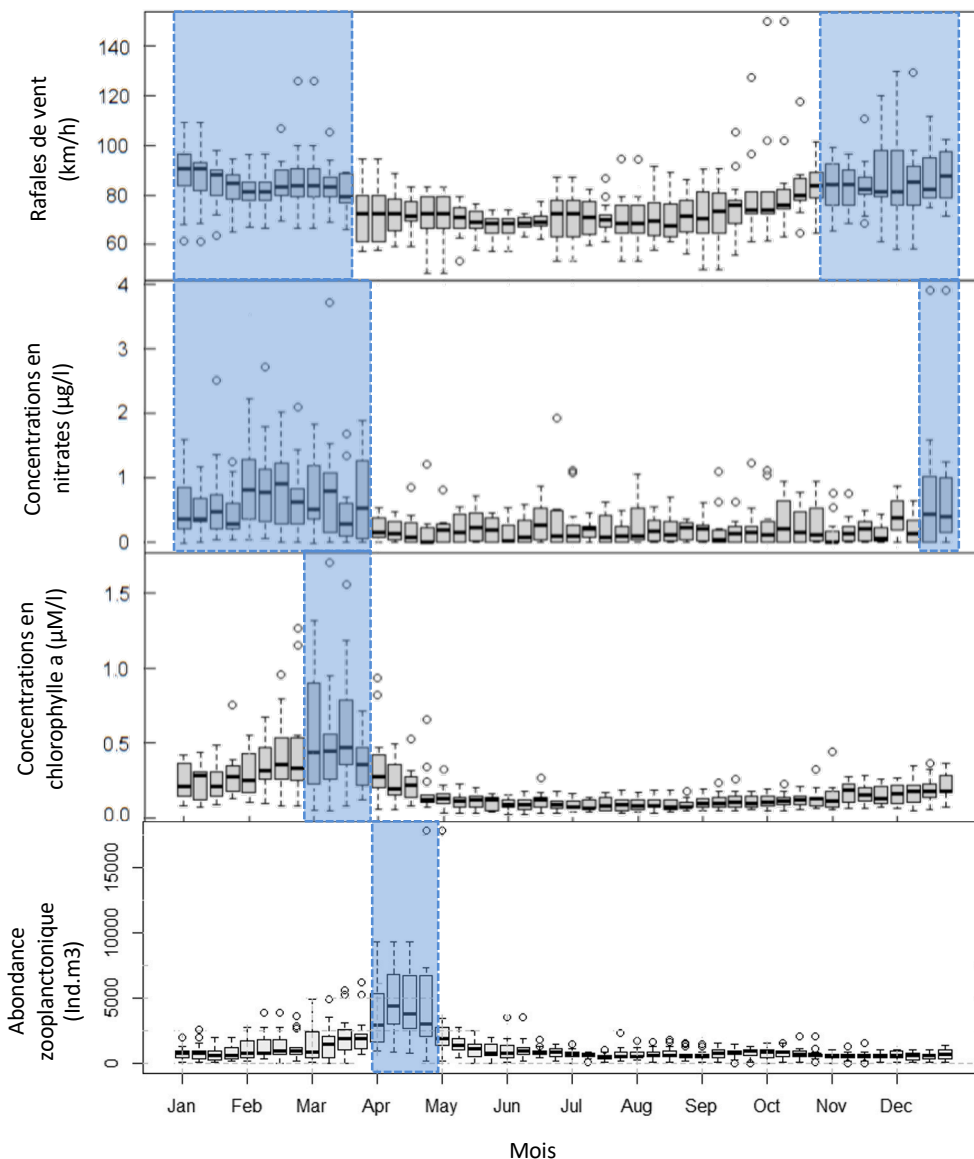
dans le timing, la phénologie, d'une de ses variables pourraient entraîner le **mismatch** ou l'**absence** des relations nourritures-organismes ou bien proies-predateurs. Ainsi, ces évènements liés en cascade semblent son origine dans l'occurrence de vents forts durant la période hivernale (principalement de novembre à mars). Celle-ci permet le brassage de la colonne d'eau, et, si la direction et l'intensité sont

favorables, des remontées d'eau plus profondes et plus riches en nutriments. Cette alimentation en éléments nutritifs tels que les nitrates des eaux de surface, couplée à une luminosité suffisante, génère une efflorescence

phytoplanctonique (en mars) par l'activation des processus de photosynthèse. Le bloom de ce premier maillon de la chaîne trophique va finalement permettre, à son tour, de nourrir les communautés zooplanctoniques, présentant un pic d'abondance, un mois après celui du phytoplancton (en avril).

Depuis 2005, le nombre d'année pour lesquelles cette cascade a été satisfaite et permettant l'occurrence d'un pic printannier de zooplancton est de 8 sur 16 années. De plus, l'absence de tendance suggère, à priori, une relative stabilité de cette "cascade". Une analyse approfondie de cette séquence en cours des années et de la phénologie sont en cours afin de surveiller cet équilibre à plusieurs facteurs et d'anticiper des actions d'adaptation en réponse à toute perturbation aux conséquences importantes

Cycle annuel moyen de paramètres physico-chimiques et planctoniques et la mise en valeur (rectangle bl) des périodes aux valeurs maximales (au-dessus du quantile 80)



Processus physico-chimiques et planctoniques liés "en cascade" et dont l'occurrence semble, à priori, être relativement stables sur les 15 dernières années

BILAN

L'ensemble de ces données récoltées dans le cadre de STARECAPMED cumulées aux données historiques de la station permet :

- 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 naturelles 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 changements graduels et aspects du changement climatique, ce qui finalement permet la considération d'impacts engendrés sur les écosystèmes nécessaire à l'encouragement et 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 médicanes à des événements de canicules sous-marines.

Grâce au projet STARECAPMED, la baie de Calvi s'inscrit ainsi à la fois comme **observatoire des tendances sur le long-terme**, permettant notamment de discriminer l'effet anthropique localisé des changements globaux, et à la fois comme **observatoire d'événements conjoncturels ponctuels nécessitant une vigilance soutenue**; A cela s'ajoute une qualité de **site atelier et de référence** à l'échelle du **bassin nord-ouest méditerranéen** offrant ainsi un cadre hydrographique et climatique à la fois connu et préservé, et donc la possibilité d'interpréter des phénomènes et tendances observés et étudiés.

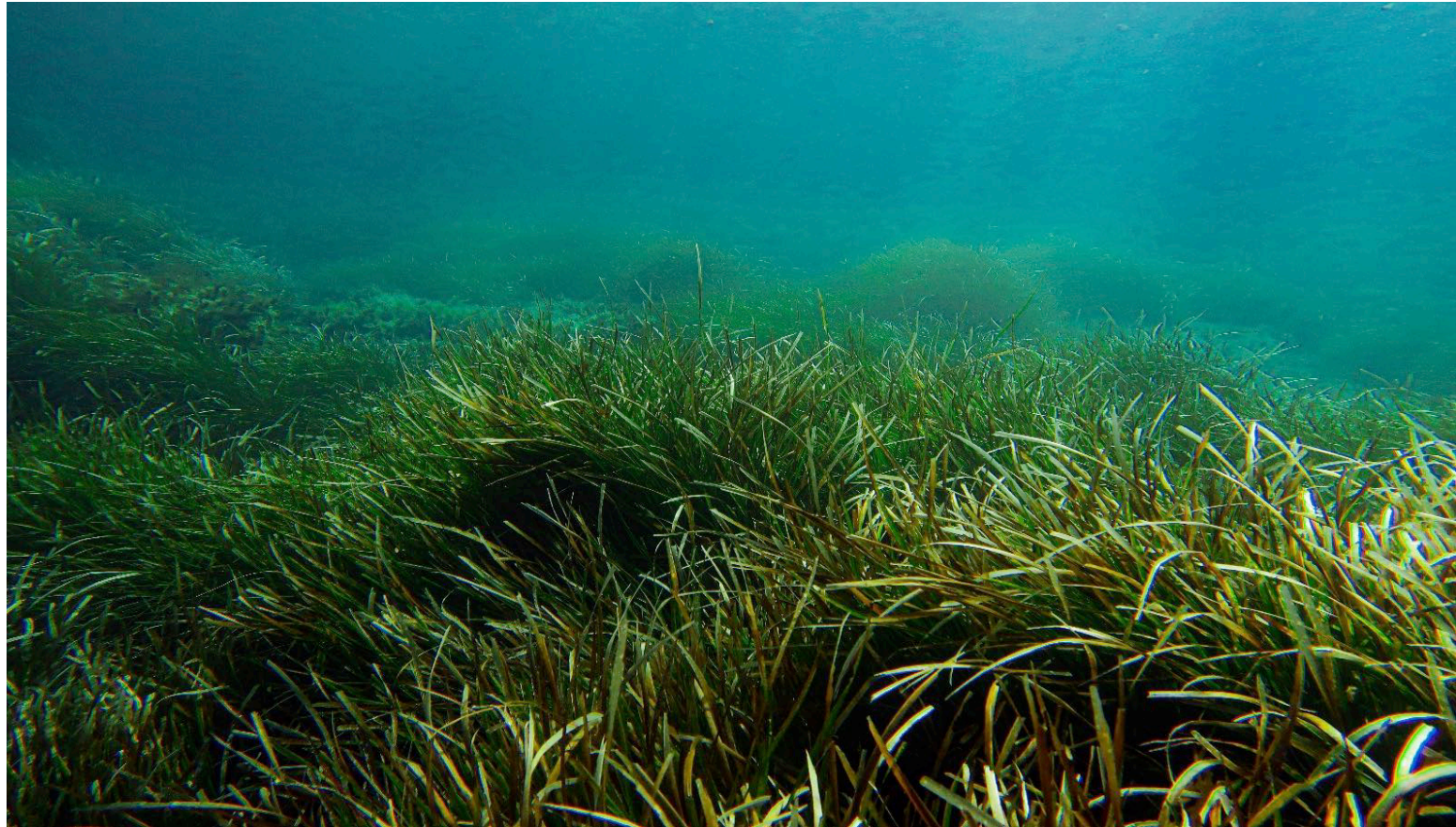
Exemple d'étude expérimentale concernant le même opus



ANNEXE 4

Herbiers à Posidonies

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).

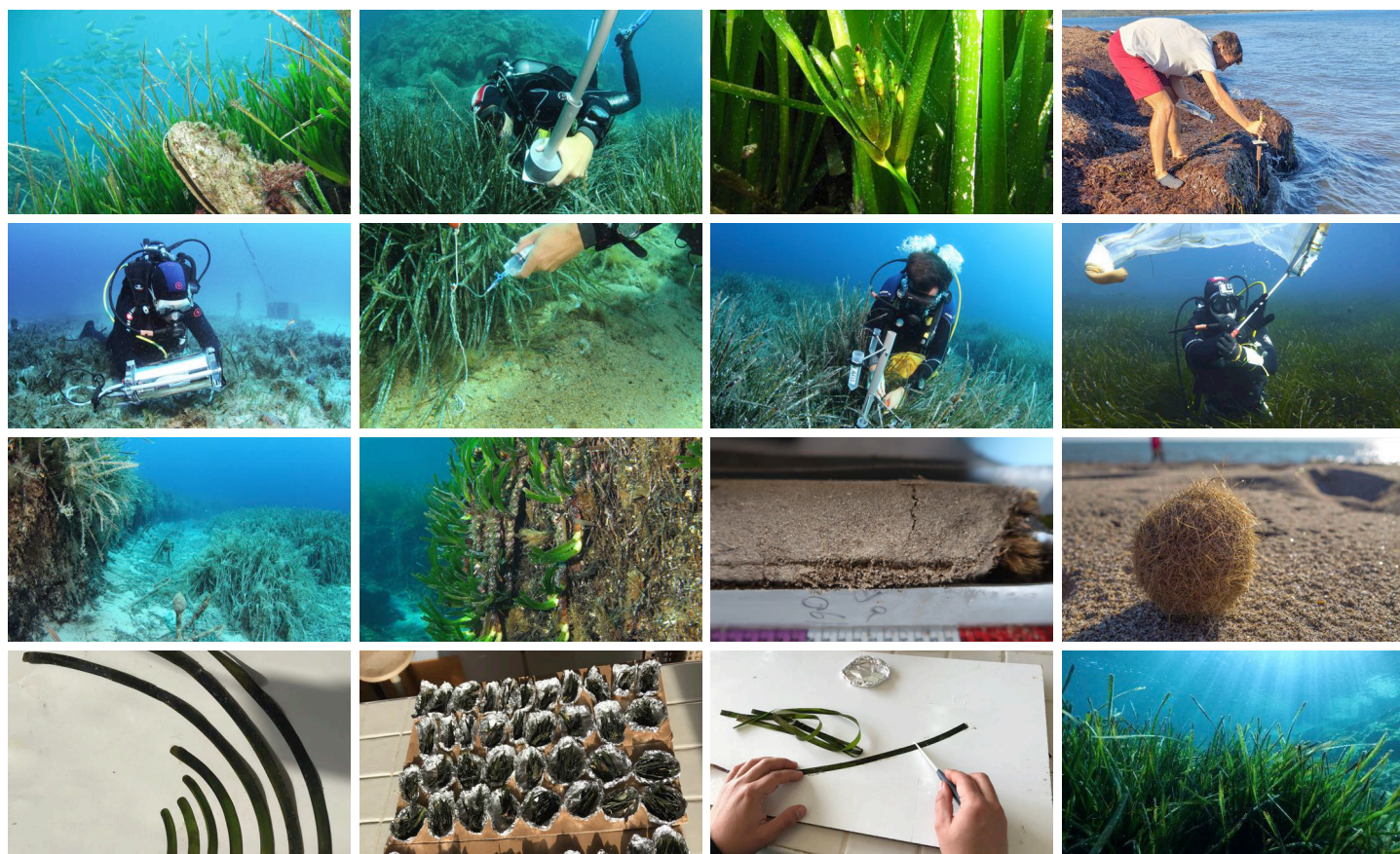
La régression estimée à plus d'un tiers des herbiers sur ces 50 dernières années en Méditerranée (Telesca et al., 2015) est en partie attribuée à diverses pressions locales d'origines anthropiques (eutrophisation, ancrage, aquaculture, urbanisation, pêche) et à l'introduction d'espèces

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 que sur terre, avec un intérêt pour l'enjeu que représente les banquettes de Pos

Aspects présentés

LA VITALITE DE
L'HERBIER

L'IMPACT DE
L'ANCRAGE



Ainsi, 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% de la baie**. Ainsi le champs des domaines étudiés relatifs à l'herbier sont particulièrement diverses et comprennent notamment :

- Paramètres structurels et fonctionnels
- Phénologie (régime des floraisons)
- Méiofaune,
- Bilan carbon et flux d'oxygène
- Ecotoxicologie
- Physiologie (photosynthèse, allocations des ressources au sein des structures)

- Matte et intermatte
- Cartographie et régression
- Impact de l'ancrage
- Banquettes et Posidonie
- Aegagropiles
- Etc.

Cette multiplicité des aspects confèrent 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 recolonisation et la formulation de mesures adaptées à sa conservation.**

Ainsi, uniquement une partie du champs d'investigation

mené en baie de Calvi autour de cet écosystème est présentée dans cette partie.



LA VITALITE DE L'HERBIER



Dessin : Isée
Doutreloux

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 dizaine d'année**. 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.

A chaque station sont réalisées des mesures de **densité et de biométries** incluant des prélèvements de faisceaux selon une **Méthode Non Destructive (NDSM)** (Gobert, 2012; (Gobert et al, 2020) **permettant la repousse des feuilles après la découpe**.

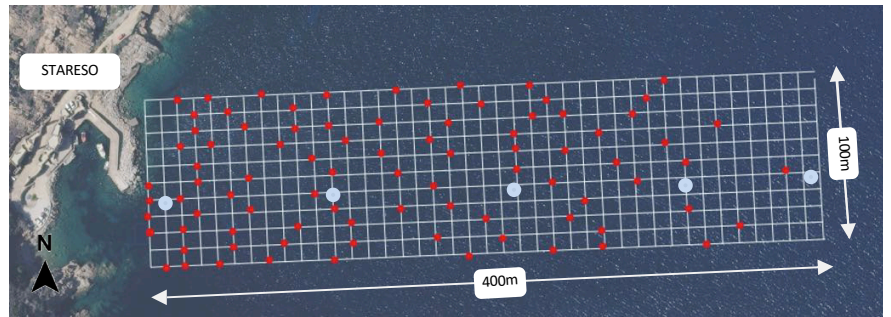
Les premiers résultats de comparaisons montrent une **augmentation significative de la densité entre 1993 et 2019**. Cette différence entre les données historiques et récentes augmente avec la profondeur.



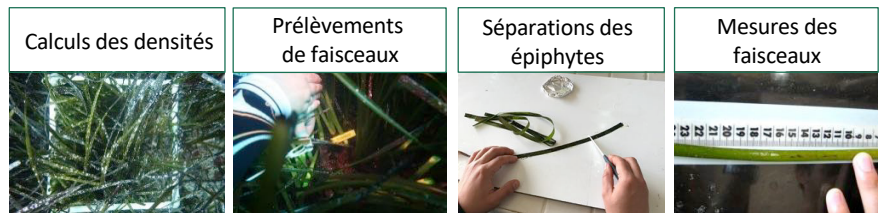
Cette augmentation de la densité est **indicatrice d'une eau de bonne qualité**. De plus, l'augmentation des températures moyennes annuelles ont potentiellement pu, **pour l'instant, favoriser la croissance** de la plante dans cette partie de la Méditerranée.

Ces travaux (Rondiat, 2020), s'inscrivent dans le cadre d'une thèse en cours, portant sur **l'évaluation de l'état de santé actuel de l'herbier** à Posidonies de la Baie de Calvi, et la mise en évidence les différents **impacts des changements globaux sur sa phénologie** à court, moyen et long terme.

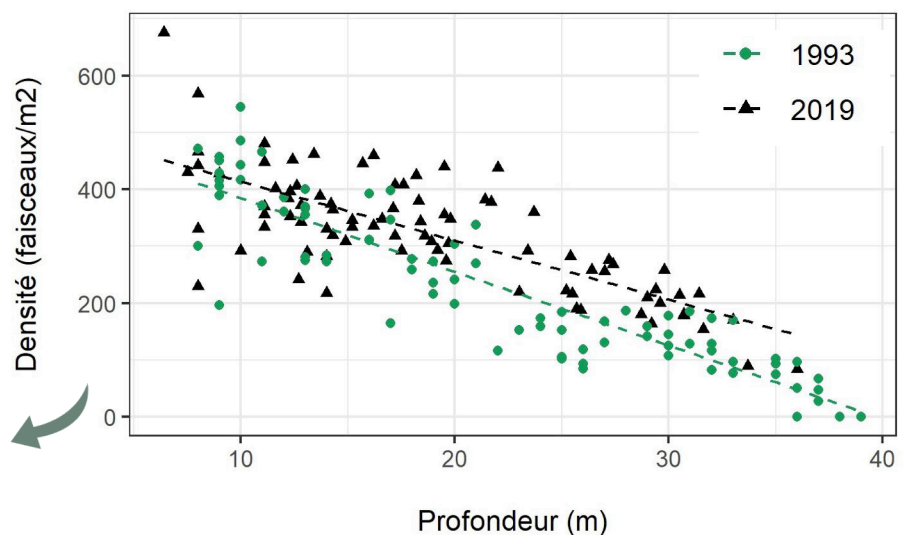
Zone prospectée en 1993 et en 2019 (stations d'échantillonnage en rouge), et prospectée en partie en 1996, 1997 (Gobert et al., 2003; Gobert, 2002) et 2018. Les sites en blanc font l'objet de relevés réguliers de mesures abiotiques.



Exemples d'étapes méthodologiques réalisées pour chaque station

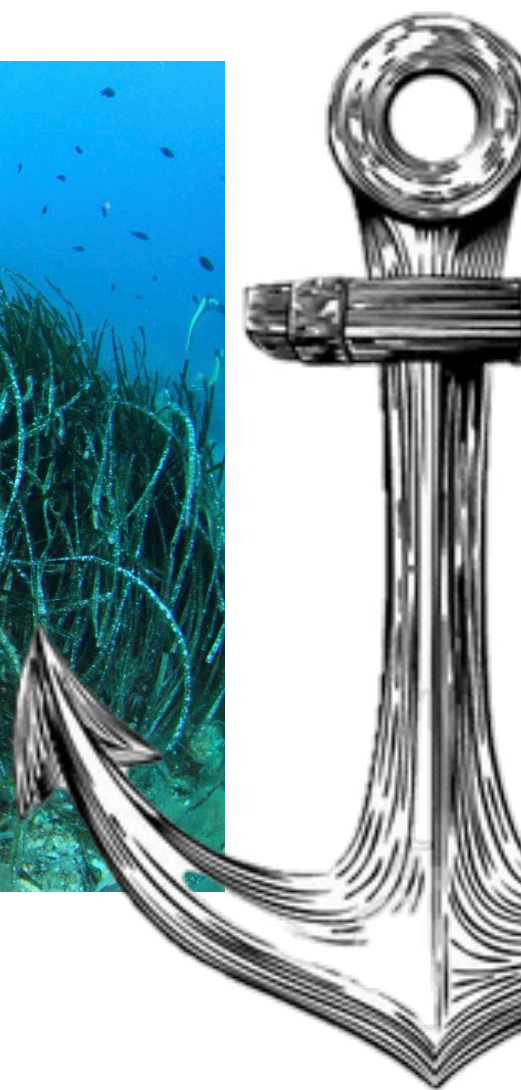


Densité en fonction de la profondeur en 2019 et 1993



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

IMPACT DE L'ANCRAGE

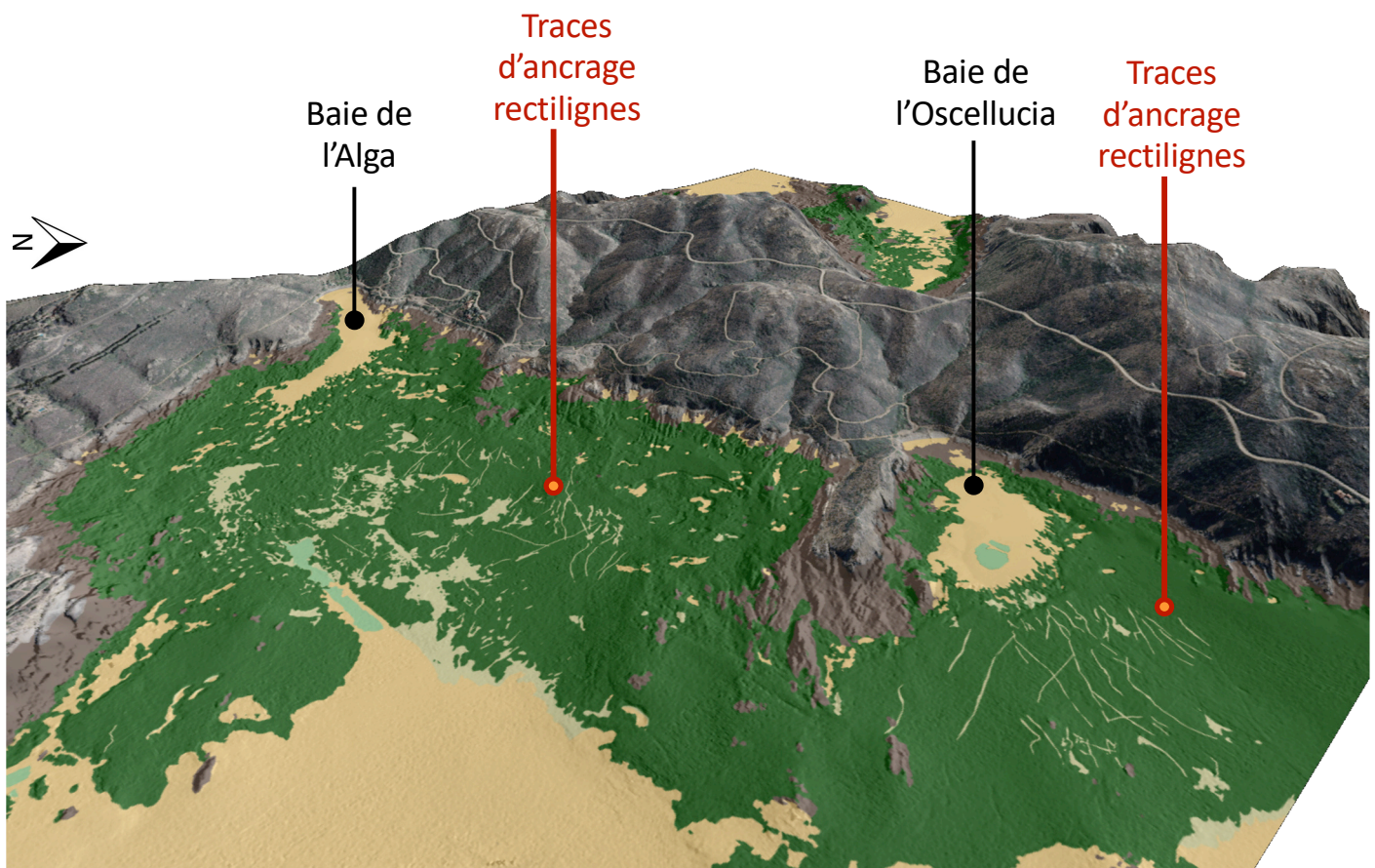
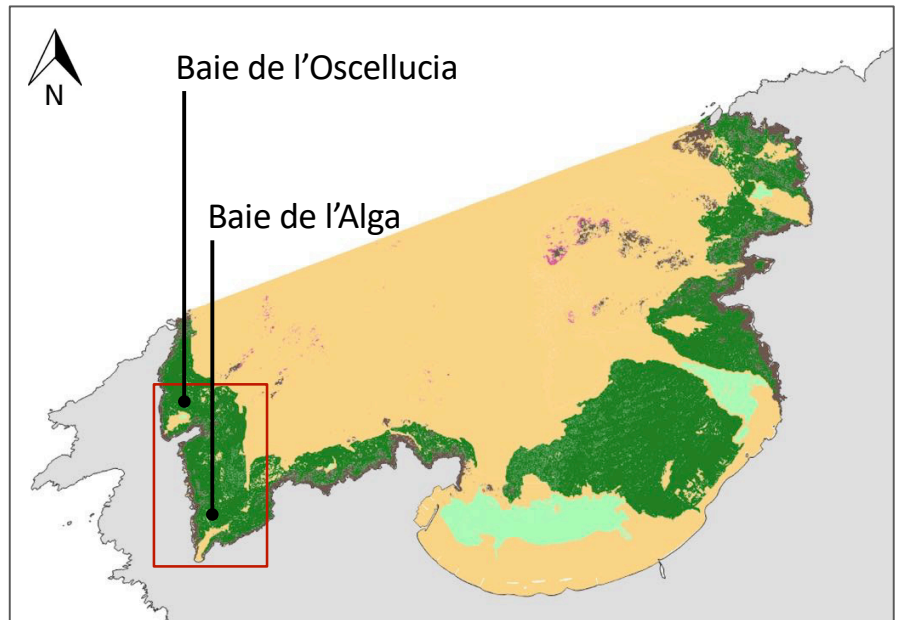


Caractérisation de l'impact de l'ancrage

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 laissés 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

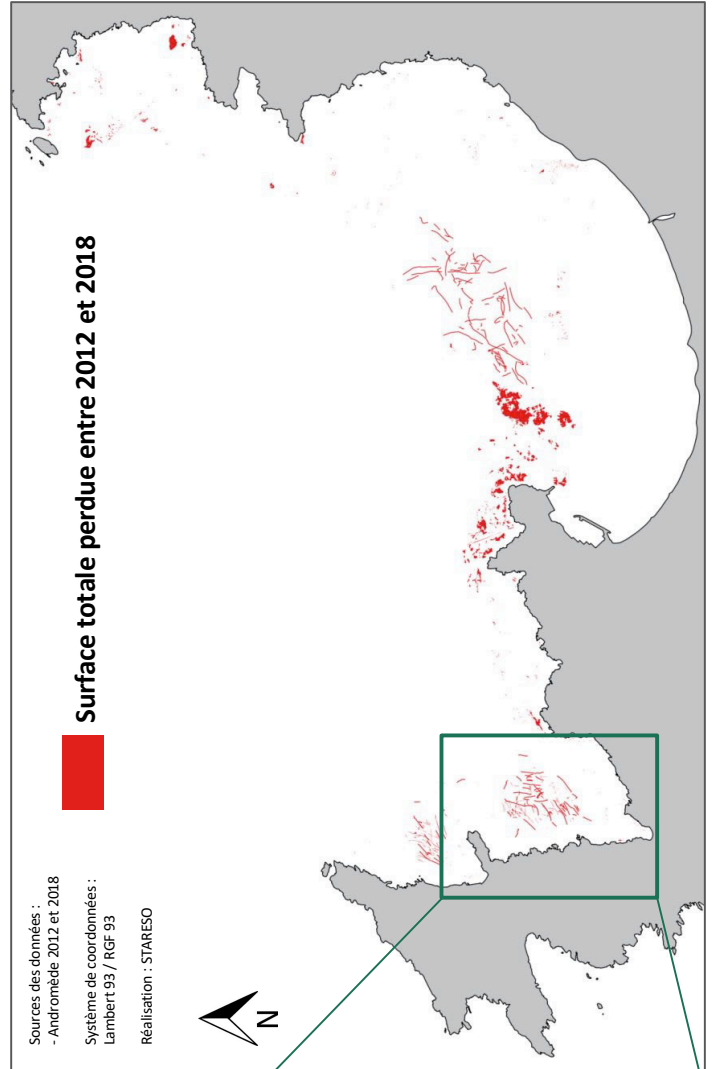
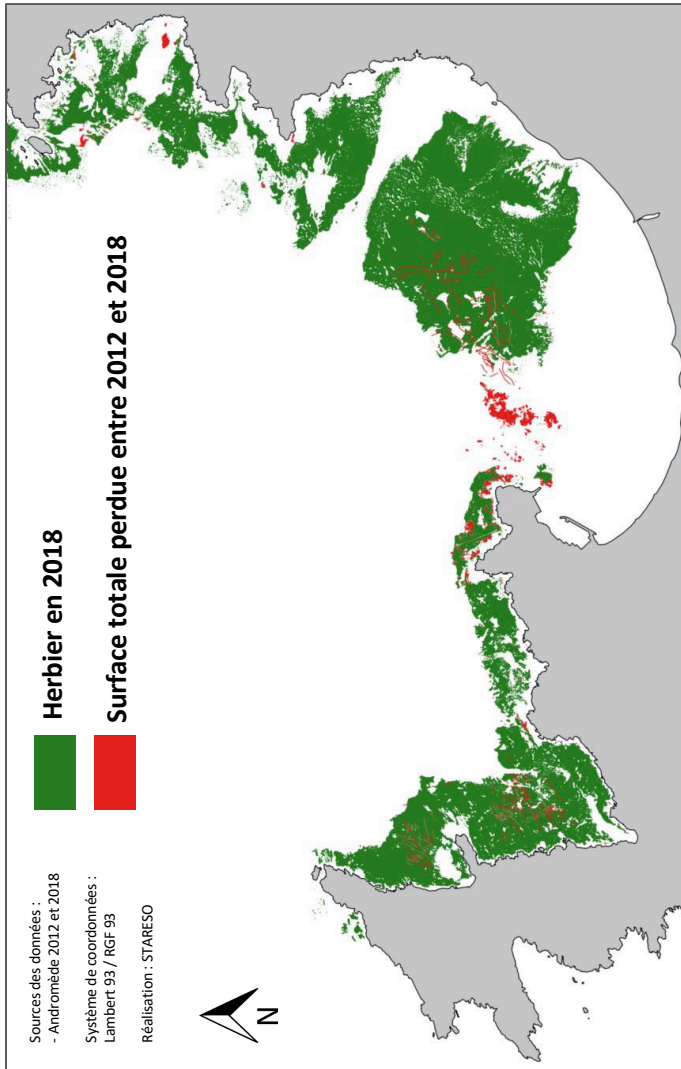
La comparaison des cartographies fines dans la baie de Calvi de 2012 et 2018 révèle des zones de **régression des herbiers** de Posidonie dont la surface et les caractéristiques sont calculables. Parmi ces zones de régression, l'identification de celles imputables à l'ancrage est permis par l'identification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



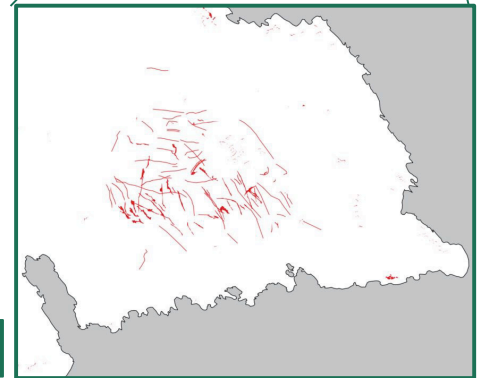
Ainsi, en baie de Calvi, la surface perdue liée à la pression d'ancrage entre 2012 et 2018 est estimée à 8 hectares

Caractéristiques de ces **traces d'ancrage 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



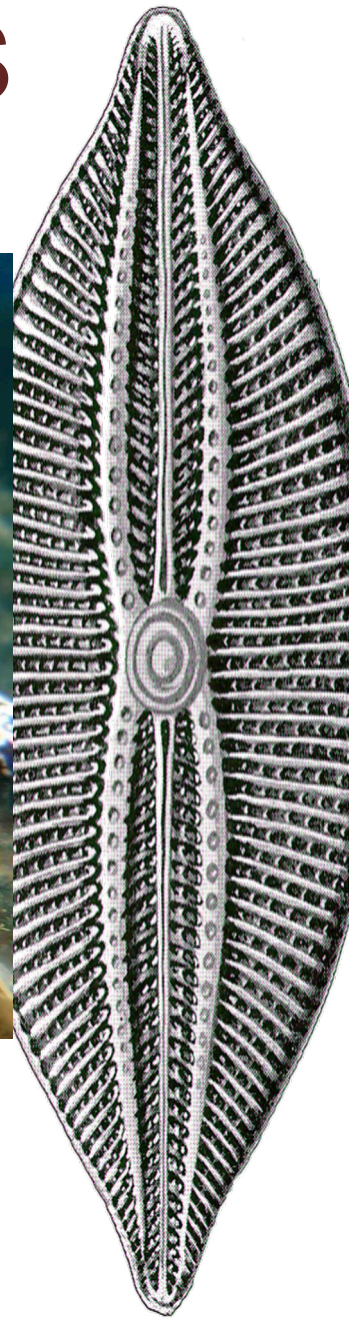
Baie de l'Alga



ANNEXE 5

Algues photophylles Le cas des Haslea

LES DIATOMEES *HASLEA*

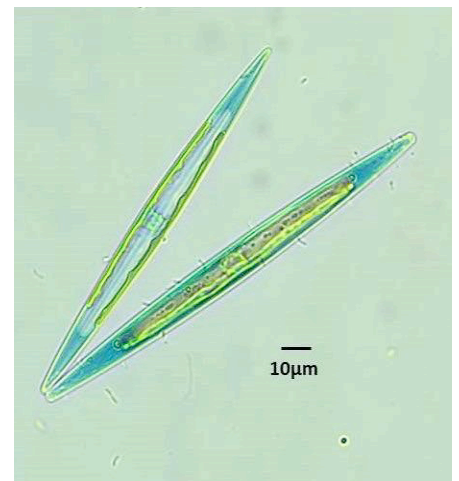


Des pigments bleus aux propriétés diverses

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 marennine, est connu pour ces propriétés antibactérienne, antivirale, et antioxydantes et allélopathique 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 sont ainsi de **déterminer les paramètres régulant la dynamique du bloom corses** 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.



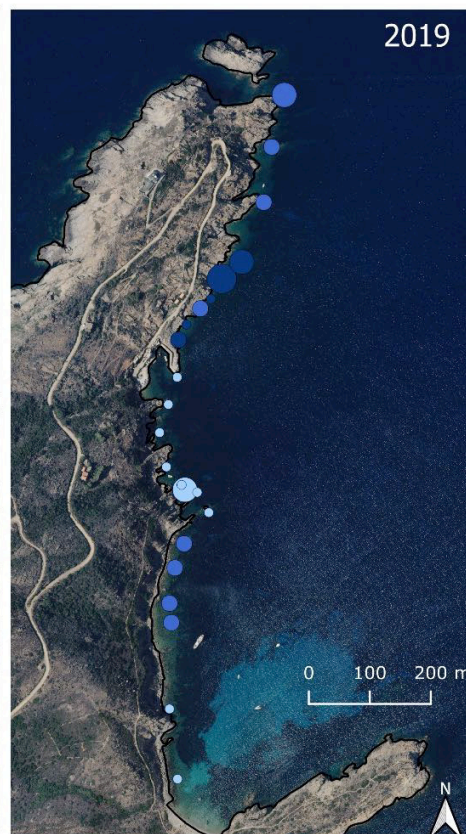
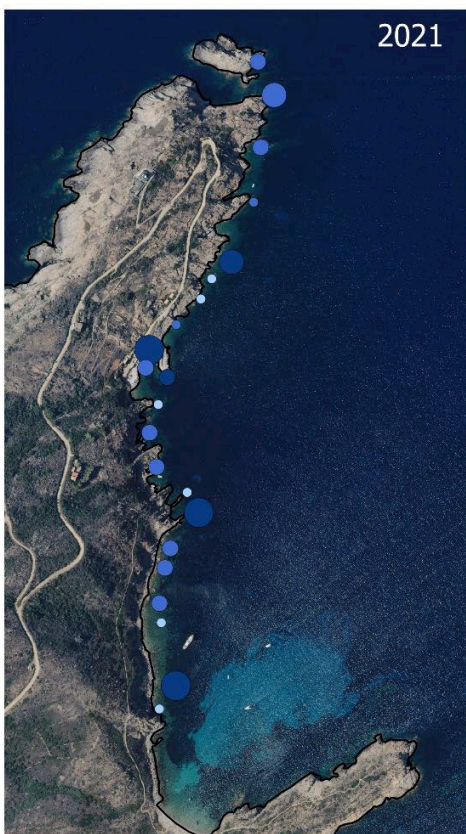
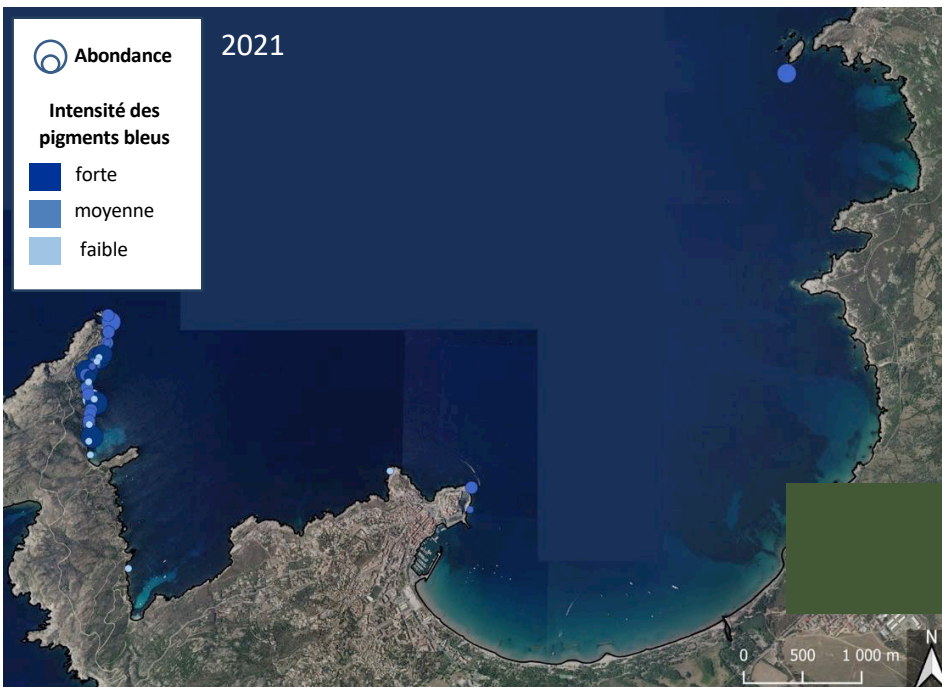
Les espèces d'*Haslea* responsables de l'efflorescence sont **identifiées**, en utilisant des **approches morphologiques et moléculaires**. Leurs abondances sont déterminées

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

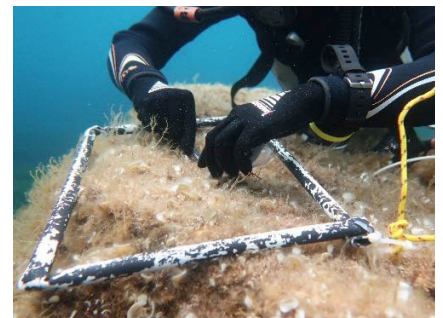
en particulier sur les principales **macroalgues hôtes**, qui sont échantillonnées pour étudier leurs communautés épiphytes. Des **inventaires floristiques et faunistiques épiphytes** sont actuellement compilés pour déterminer si ces communautés épiphytes sont affectées par la **libération de pigments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

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

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)



Prélèvement d'échantillons de macroalgues hôtes



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

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

ANNEXE 6

Benthos de substrats meubles

LE SUBSTRAT MEUBLE



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 100m). 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 concernée par la mise en

vigueur des **réglementations relatives à l'interdiction d'ancrer** dans les herbiers de Posidonie ou le déversement de sédiments de dragages ou des résidus de banquettes de Posidonie issus des opérations de **dépages** 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.

Macrofaune
benthique de
substrats meubles:

Evolution en 8 ans
de la qualité du
milieu au niveau
d'une ferme
aquacole

LA MACROFAUNE BENTHIQUE



La macrofaune benthique de substrats meubles fait référence à **l'ensemble des invertébrés supérieurs à 1 mm vivant sur le fond (épi-faune) 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),



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**.

Différents type de suivis

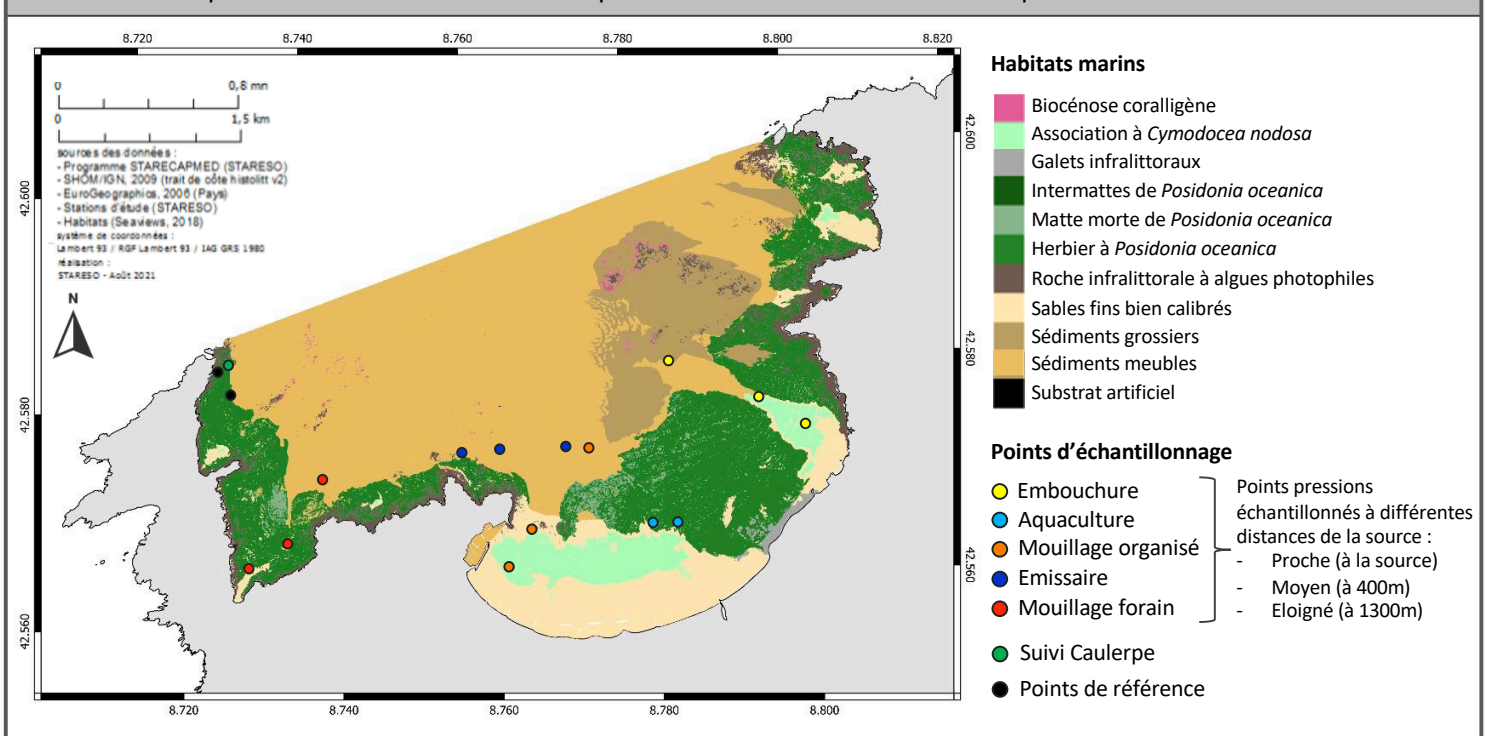
Dans le cadre du programme STARECAPMED, plusieurs suivis ont été réalisés permettant :

- l'étude de la réponse de la macrofaune aux **différentes pressions anthropiques** recensées en baie de Calvi;
- 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** au niveau de l'émissaire en collaboration avec le laboratoire BIAF de l'Université d'Angers;

Prélèvement d'échantillons par bennes et carottes pour l'analyse de la macrofaune et des sédiments (1), tamisage (2), tri (3) puis identification (4)



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



- Concession en activité depuis **1994**, composée de **10 cages** circulaires (Mare&Stagni Corsi, le 26 Fév 2021);
- Production de **lous** (*Dicentrarchus labrax*) et **daurades royales** (*Sparus aurata*) sous le « **Label Rouge** »;
- Production moyenne de **50 T/an**;
- Situation sur des **fonds de 22 m**, dans une zone avec une courantologie permettant un bon **renouvellement des eaux**;
- **Evaluation de l'influence potentielle de l'activité** avec des prélèvements effectués sous et à 300m 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**.

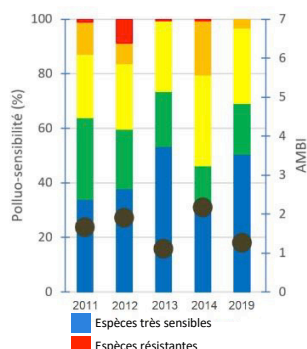


Crédits photo : Hans Hillewaert

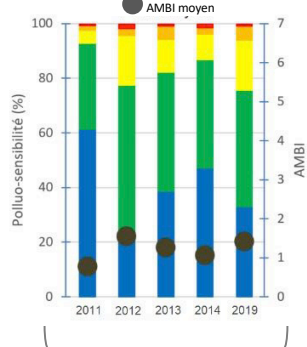
ANALYSES MACROBENTHIQUES

Proportion des groupes de sensibilités à la enrichment en matière organique recensés dans les peuplements

Qualification écologique via le calcul des indices M-AMBI et J-MAMBI (ce dernier étant adapté à la Corse)



Années	M-AMBI	J-MAMBI
2011	Excellent	Bon
2012	Excellent	Bon
2013	Excellent	Bon
2014	Bon	Moyen
2019	Excellent	Bon



Années	M-AMBI	J-MAMBI
2011	Bon	Moyen
2012	Excellent	Bon
2013	Bon	Bon
2014	Moyen	Moyen
2019	Excellent	Bon

Valeurs AMBI (sans considération du type d'habitat) se traduisant par un statut écologique **bon à excellent**

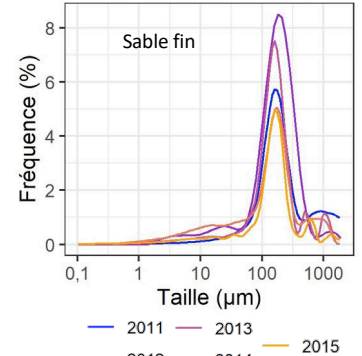
Les valeurs du J-MAMBI se traduisent par **des statuts moyens en 2014** liés aux valeurs moyennes de la richesse spécifique

ANALYSES SÉDIMENTOLOGIQUES

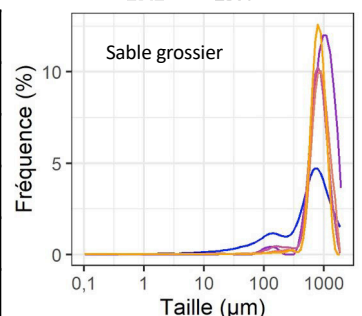
Classification des teneurs en matière organique (MO) et en carbone organique total (COT) suivant Licari (1998)

Classification du sédiment en fonction des fréquences de la taille selon l'échelle de Wentworth (1922)

Années	MO	COT
2011	Moyenne	Très forte
2012	Moyenne	Forte
2013	Faible	Forte
2014	Faible	Forte
2019	Faible	Faible



Années	MO	COT
2011	Moyenne	Très forte
2012	Faible	Faible
2013	Faible	Faible
2014	Faible	Faible
2019	Faible	Faible



Les teneurs indiquent un **enrichissement du milieu** plus important sous les cages surtout en COT

Les caractéristiques sédimentaires sont **différentes entre les stations** mais **stables au cours du temps**

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 aquacoles**, potentiellement expliqué par les excréments 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).

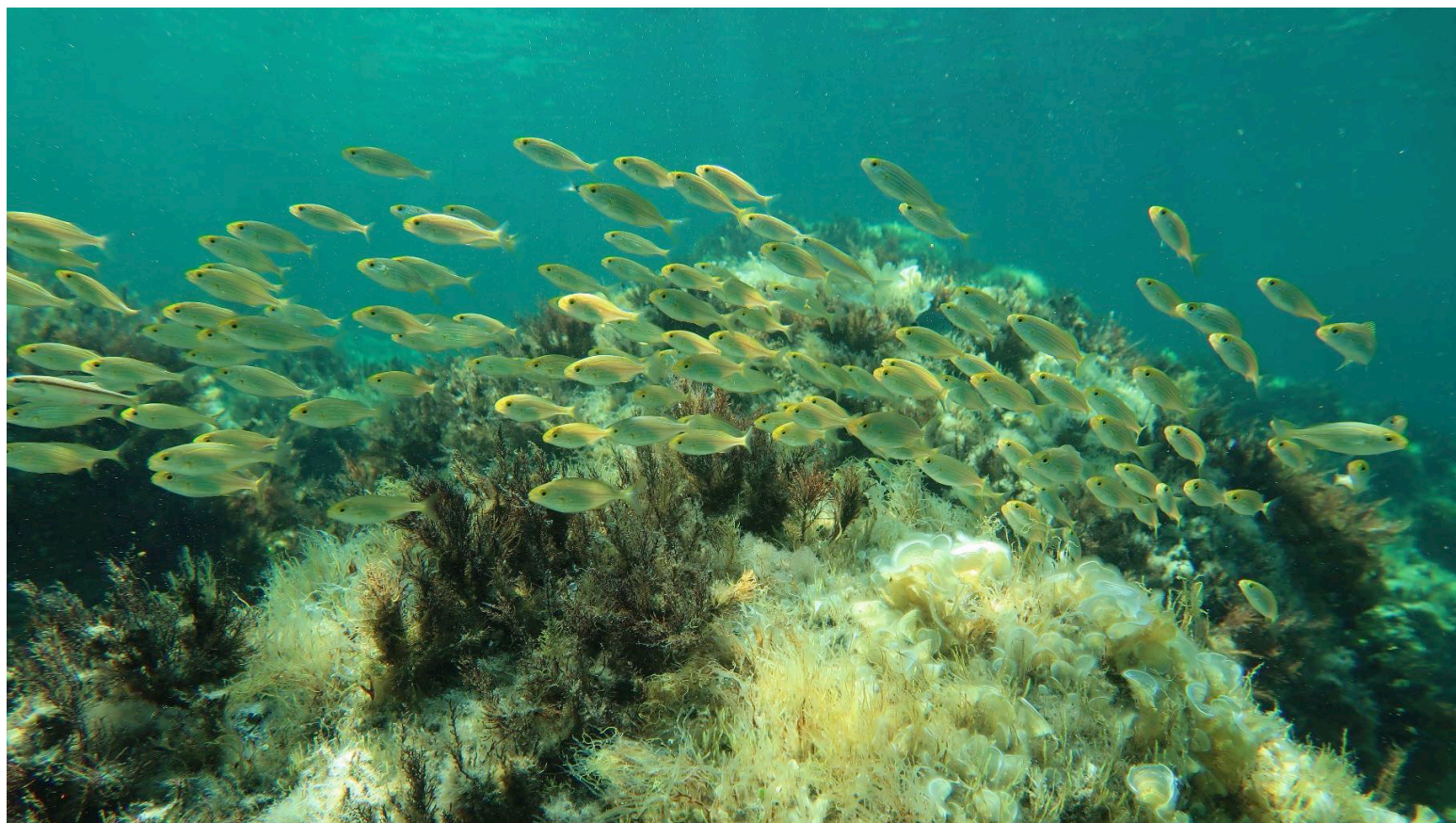
Ce cas d'évaluation de l'influence d'une pression localisée :

- 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.

ANNEXE 7

Benthos de substrats durs
Le cas de la faune ichtyologique
Le cas des gorgones

LA FAUNE ICHTHYOLOGIQUE



La baie de Calvi, riche de sites emblématiques de plongée, d'une diversité d'habitats marins et de pressions localisées offre **des sites idéaux à 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

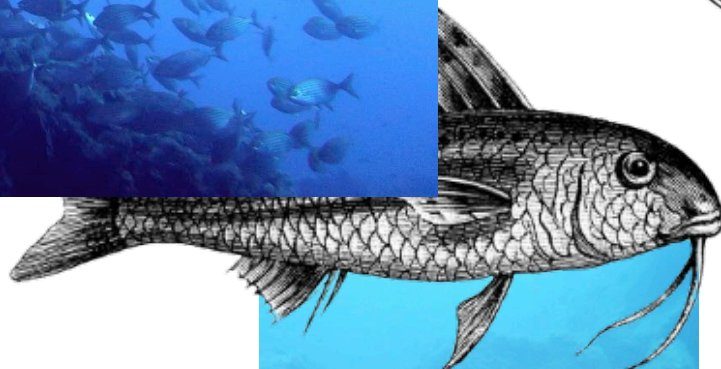
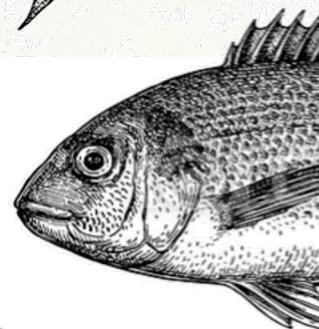
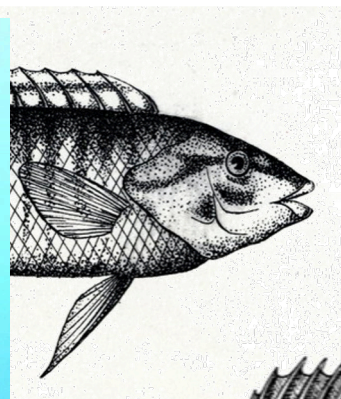
ponctuelles concernant les dynamiques trophiques, chimiques, comportementales ou bien de cycles de vie. Enfin, STARESO récolte également de la donnée lors d'embarquements avec des pêcheurs professionnels et plaisancier, cette pratique étant le fruit d'une relation de confiance de longue date entre pêcheurs et STARESO.

Aspects présentés

Suivi du peuplement
de poissons

Suivis des cas de
nodavirose
en Corse

LES PEUPLEMENTS DE POISSONS

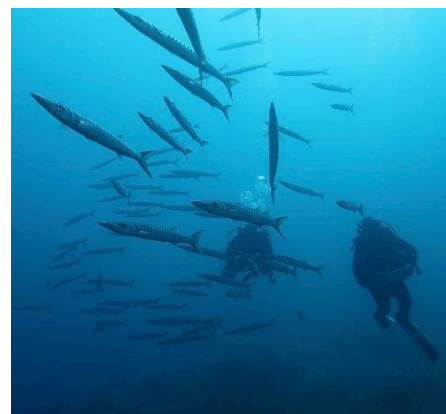
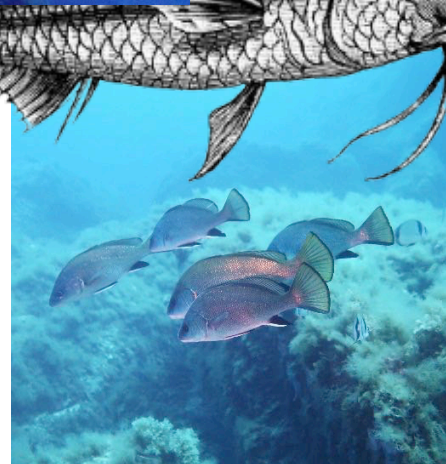


Suivis des peuplements ichthyologiques

Dans de nombreuses communautés marines, des changements dans les assemblages faunistiques ont été observés ; ces changements peuvent être expliqués par des **facteurs environnementaux et des facteurs de stress anthropiques**, tels que la pêche, la pollution, les espèces invasives, ou encore le changement climatique. Dans ce contexte, l'étude de la diversité et de l'abondance des espèces est fondamentale.

Ainsi, afin **d'évaluer l'état de santé du compartiment ichthyologique** en baie de Calvi et l'influence des pressions qu'il subit, STARESO **réalise depuis 2012 des comptages visuels en plongée** de poissons sur des sites présentant des caractéristiques et pressions distinctes.

Un bilan, certains résultats marquants et les évolutions ainsi que les perspectives sont présentés.



Bilan des suivis de 2012 à 2020

De 2012 à 2020 les comptages visuels ont été réalisés :

- selon la méthode FAST (**Fish Assemblage Survey Technique**) (Seytre & Francour, 2009), permettant de recenser une sélection de **28 espèces d'intérêts** et calculer **différents indices** ;
- chaque année **d'avril à octobre** sur **3 sites** à raison de **1 à 2 comptages par mois et par site**, soit au total :



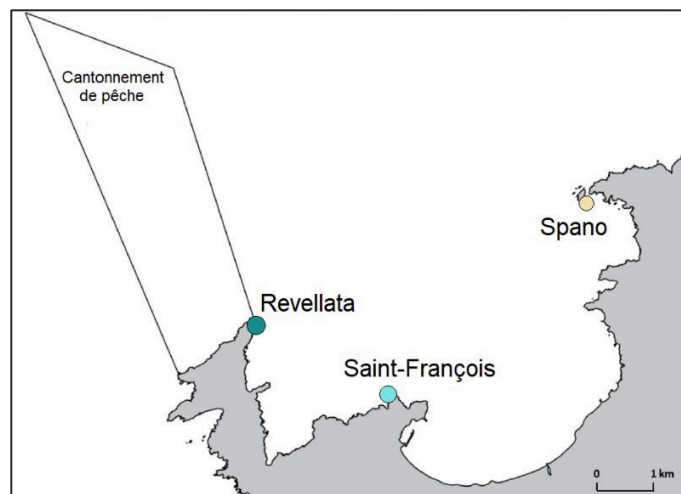
215 plongées en binômes
1290 comptages de 15min soit
322h de comptages

La méthode FAST a permis le calcul de plusieurs indices dont l'indice moyen (MI) reflétant **densité et taille des poissons**. Les autres aspects concernant la **structure des populations** ont été publiés dans Marengo et al., 2021.

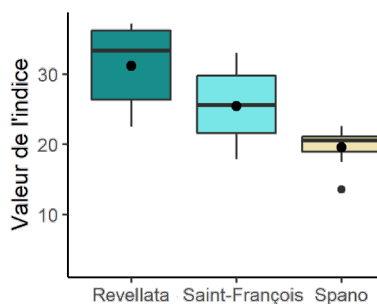
Majeures variations spatiales :

- la pointe de la Revellata, site très fréquenté abrite **une densité & taille de poissons et une proportion de carnivores** plus importante que les 2 autres sites : expliquée potentiellement par la **complexité de l'habitat** en accord avec l'indice paysager LIMA ou encore par **l'influence du cantonnement de pêche** ;
- une **richesse spécifique** égale à Revellata et Saint François, ce dernier étant situé proche de **l'émissaire et du côtier urbain** ;

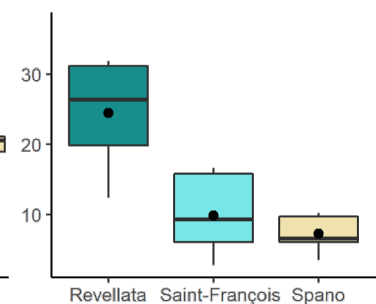
Les sites de suivis des peuplements de poissons



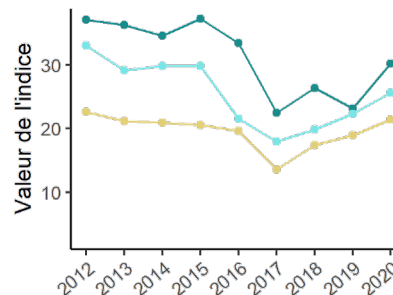
Variation spatiale de l'Indice Moyen (IM)



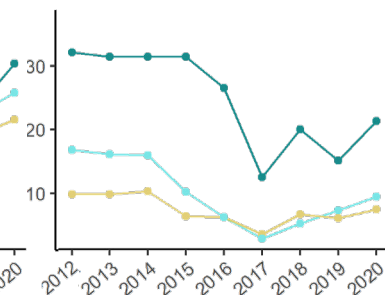
Variation spatiale de la proportion en carnivores



Variation temporelle de l'Indice Moyen (IM)



Variation temporelle de la proportion en carnivores



Majeures variations temporelles :

- la diminution graduelle de l'ensemble des indices indique une **dégradation des populations** avec une **déstructuration brutale des assemblages en 2017** surtout à la Pointe de la Revellata ;
- la proportion des larges individus (non montré ici) subit une **chute commune en 2017** encore plus prononcée que celle des **carnivores** malgré une **relative stabilité de la richesse relative** dans tout les sites excepté Saint-François ;
- les raisons potentielles sont une augmentation de la **pêche**, la **pollution**, les **changements des traits de vie** ou encore la **température de l'eau** ;



Evolutions et Perspectives



Depuis 2021, la **méthodologie** de comptage visuelle a été **améliorée** avec :

- l'augmentation de la liste des espèces recensées (**XX espèces au total**);
- l'estimation de la taille des individus au centimètre près;
- le recensement du comportement de certaines espèces protégées et patrimoniales tels que le mérrou;
- des améliorations permettant la comparaison des nouvelles données avec les antérieures afin de poursuivre l'incrémentation de la série temporelle;



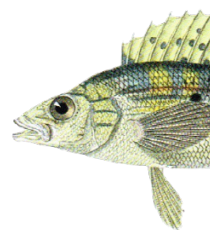
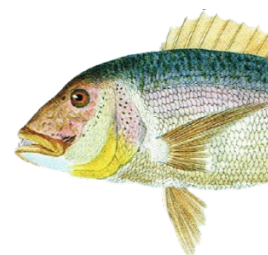
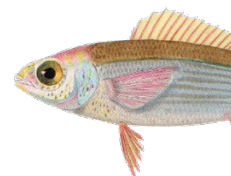
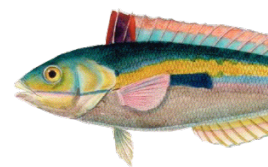
Les données récoltées, s'étalant désormais sur quasi 10 ans, vont pouvoir faire l'objet d'un **travail d'identification des pressions potentiellement responsables des variations observées** en considérant notamment :

- les suivis de pêches récréatives et professionnelles;
- les suivis physico-chimiques et planctoniques ;
- la fréquentation en plongée;
- les comptages réalisés spécifiquement durant le **confinement** en 2020;

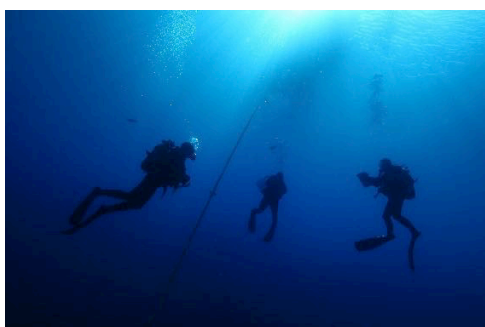
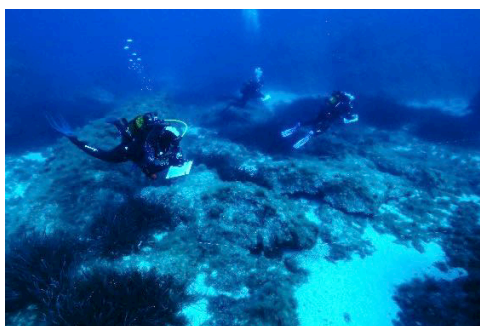
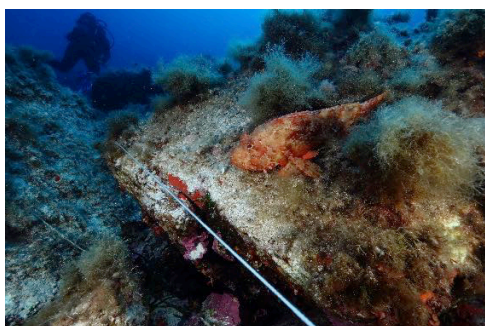


En accord avec les perspectives précédemment formulées, une thèse actuellement en cours (2019-2022) s'intéresse aux « **Effets des activités humaines sur les communautés de poissons : exploitation, plaisance et anthropisation sur un site de référence en méditerranée Nord Occidentale** » dans la baie de Calvi intégrant notamment :

- une démarche socio-économique;
- la quantification de pressions anthropiques par diverses méthodes;
- des efforts de comptage en plongées permettant d'évaluer au mieux l'effet de la plongée sur les peuplements de poissons;



Plongées réalisées dans le cadre de la thèse, incluant notamment des comptages le long de transects fixes et au niveau de points circulaires (crédits photo: Arnaud Abadie Sea(e)scape)



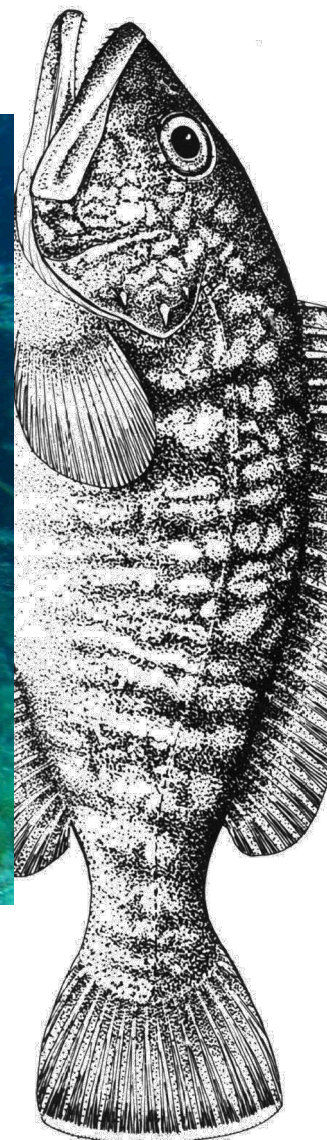
Diminution des indices d'assemblages de poissons au cours du temps avec une chute en 2017

Evolution de la méthodologie de comptage

Mise en relation avec les suivis environnementaux et sociaux

Evaluation de l'influence anthropique sur les peuplements de poissons

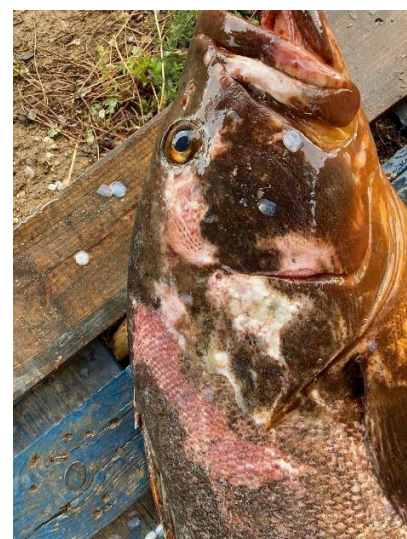
CAS DE NODAVIROSE



Nodavirose, infection à nodavirus, nécrose nerveuse virale, encéphalopathie et rétinoopathie 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 subvenir 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



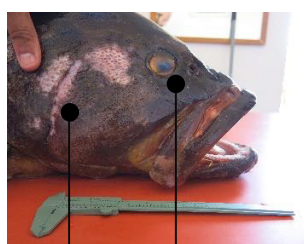
L'ensemble des signalements de suspicion de poissons infectés est ainsi repertorié auprès de STARESO et permet:



- 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 **21 signalements** de 2015 à 2021 de mérus suspects infectés, 9 d'entre eux étaient morts, 3 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 présentent un ou plusieurs symptômes caractéristiques présentés ci-dessous:



Yeux vitreux

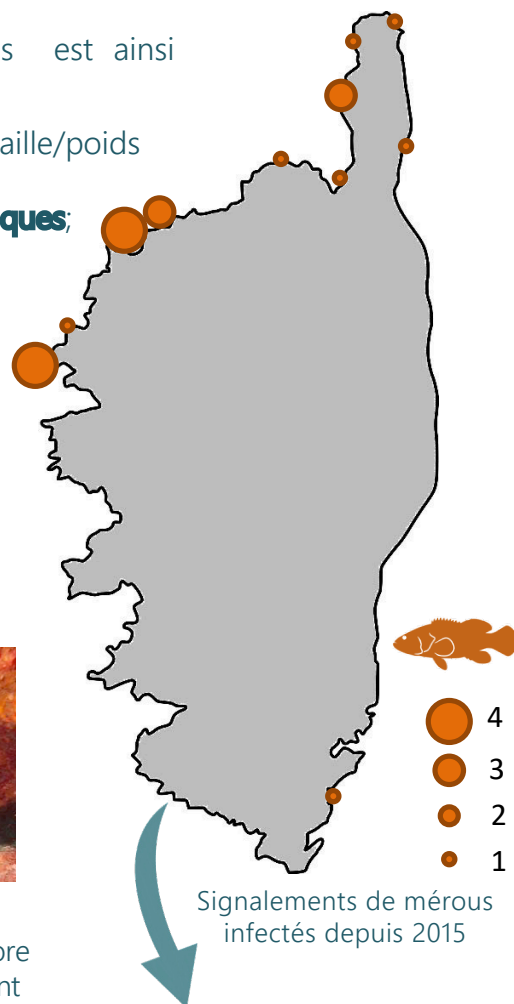
Mauvais état et/ou dépigmentations de la peau



Les poissons 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



Signalements de mérus infectés depuis 2015

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.**

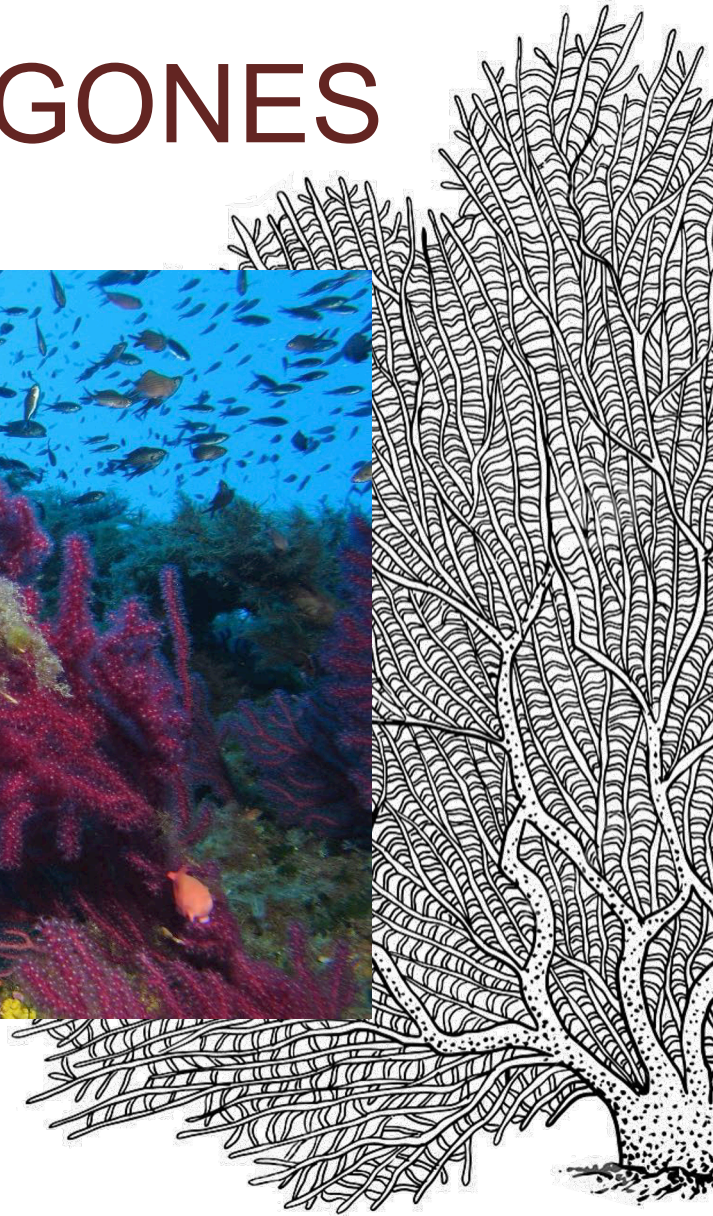
L'ensemble des cas semble être **concentré au nord de la Corse**, berceau des premiers cas en Corse. Cependant, les signalements **dépendent également des patrouilles en mer et de leur connaissance de la maladie**, nombre des cas ayant été relevés par les agents du Parc naturel marin du Cap corse et de l'Agriate et de la réserve naturelle de Scandola.

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 / renforcer leur système immunitaire.

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

LES GORGONES

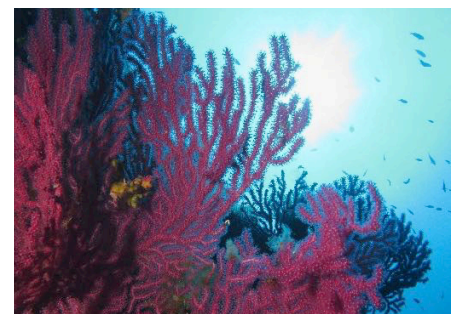


Suivis des peuplements de gorgones

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) (*Figure 1A*) 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**.

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

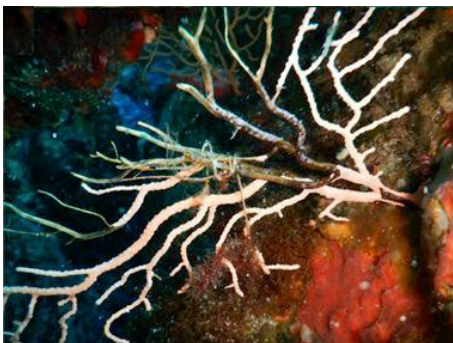


Sensibilité et évolution des peuplements de gorgones

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 sains. L'analyse et l'interprétation de ces suivis pluriannuels (2004, 2014 et 2019) sur un même site sont en cours de publication (Iborra et al.) 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.**

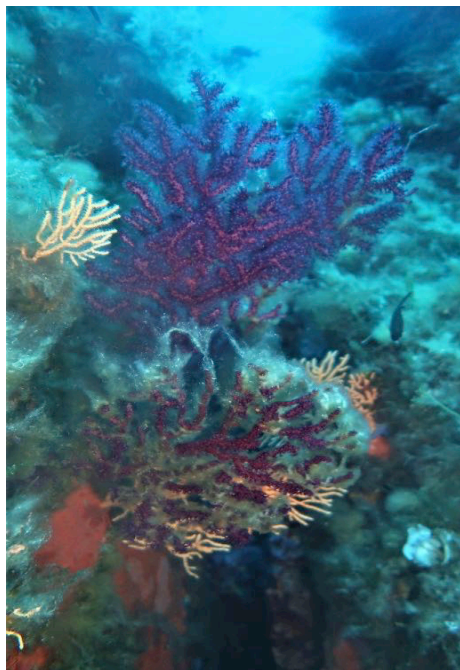
Communément aux deux espèces, **les grands individus (>10cm) sont plus impactés que les petits individus.** A l'inverse, **certaines spécificités semblent être propres à chaque espèce** telle que la sensibilité à la **nécrose en fonction de la profondeur** ou encore **l'intensité de l'impact** suite aux événements extrêmes de vagues de chaleur marine (e.g. Fig A p65). **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

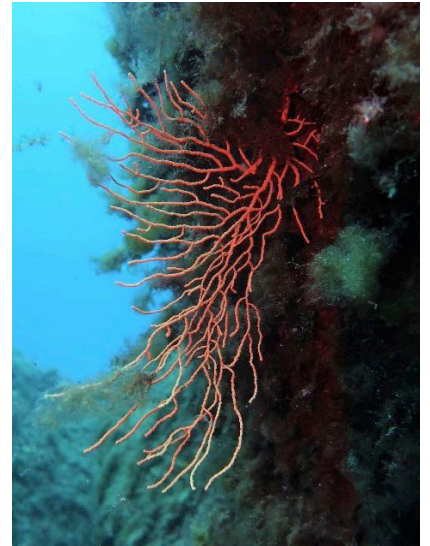


En termes d'évolution, **le nombre de colonies de gorgones pourpres est en déclin depuis 2004, contrairement aux gorgones jaunes dont le peuplement** semble plus stable mais qui présentent une **augmentation de la surface nécrosée** entre 2004 et 2019 et suggère donc une pression sous-jacente commune aux 2 espèces. Bien qu'il existe différents 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 (voir p 57) 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 muclagineuses asphyxiantes** (Piazzi et al., 2018).

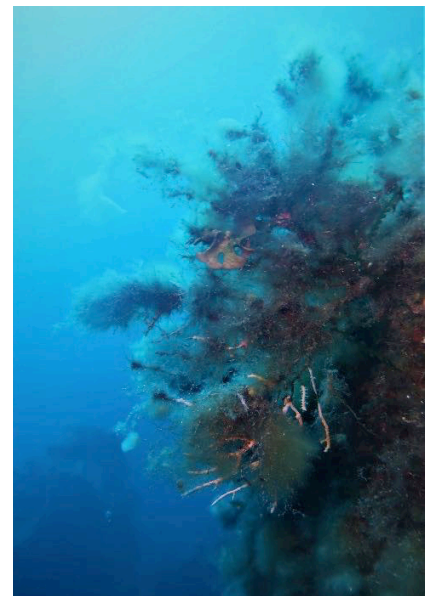
Gorgone pourpre saine (en haut) et moyennement colonisée (en bas).



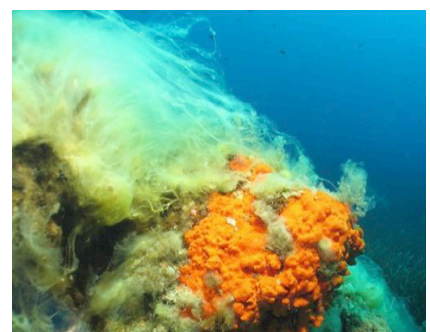
Gorgone jaune faiblement colonisée par des algues épibiontiques.



Gorgone jaune entièrement colonisée par des algues épibiontiques.



Bloom d'algues muclagineuses



Effet saisonnier et discrimination de la pression

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).

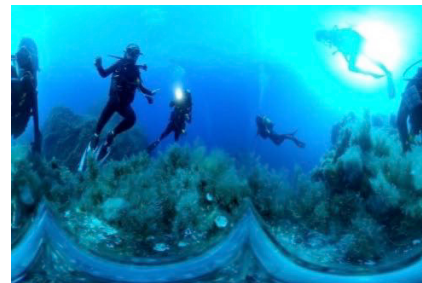
Ainsi, cette même étude a notamment permis de réaliser :

- **des suivis de comportement des plongeurs loisirs** en intégrant « incognito » la palanquée
- un **suit 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.**

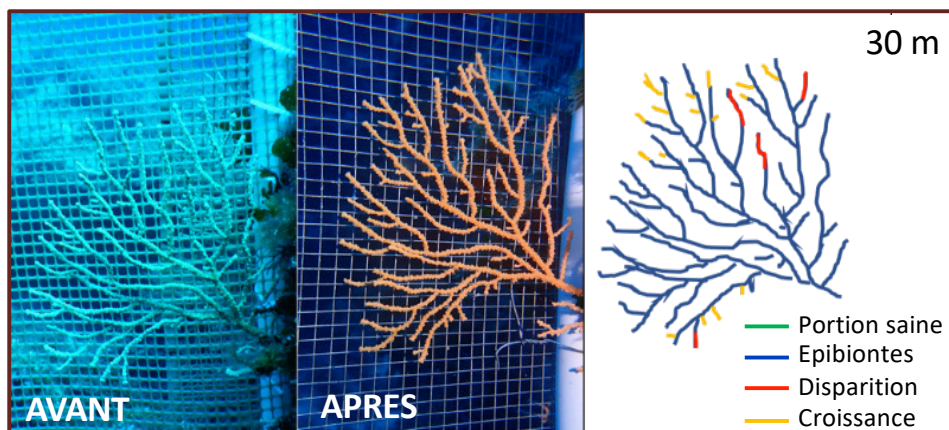
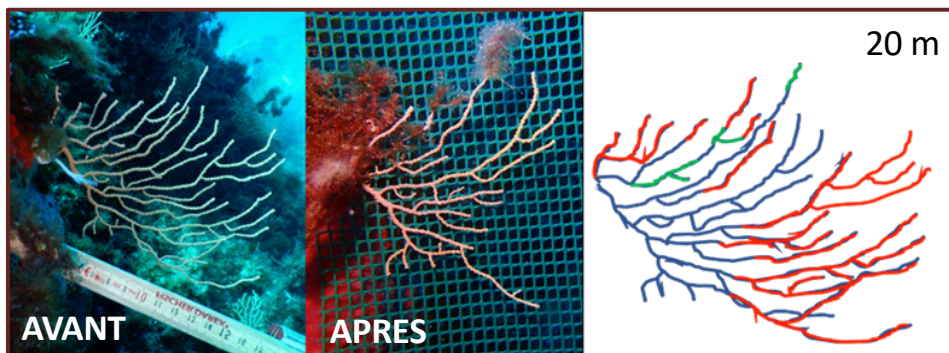
Bien que **85% des plongeurs observés par STARESO ait eu au moins un contact avec le milieu durant 10 min d'observation**, concernant la faune, aucun contact involontaire et seulement un contact volontaire a été recensé. Par ailleurs, le taux de nécrose des gorgones est nettement supérieur après la saison,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

Changement dans la structure de population

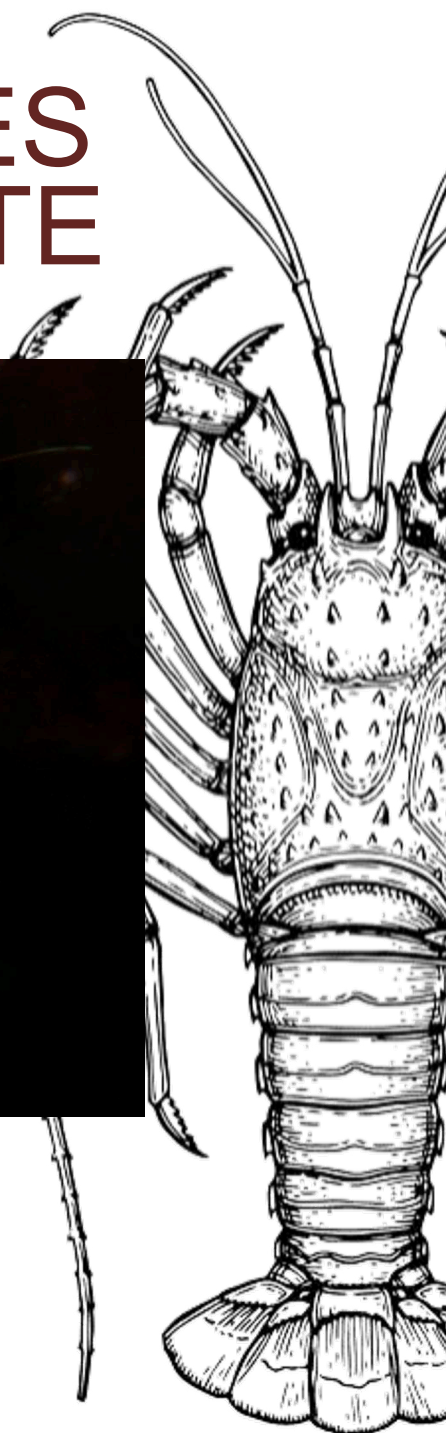
La pression climatique, entraînant notamment la nécrose, semble plus nocive que celle liée à l'activité de plongée sous-marine

ANNEXE 8

Processus de recrutement de la biodiversité

Le modèle « *Palinurus elephas* »

LES JUVENILES DE LANGOUSTE



Les recensements visuels de juvéniles de langouste

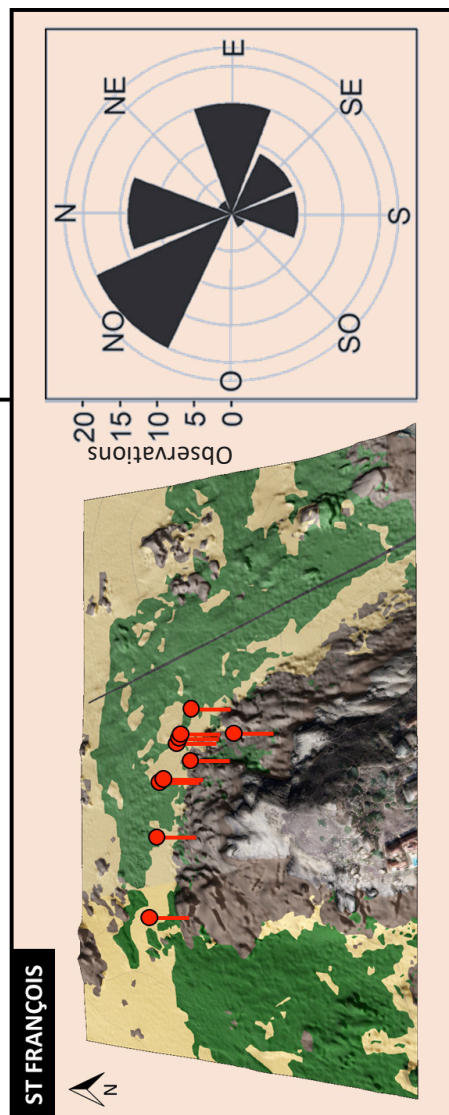
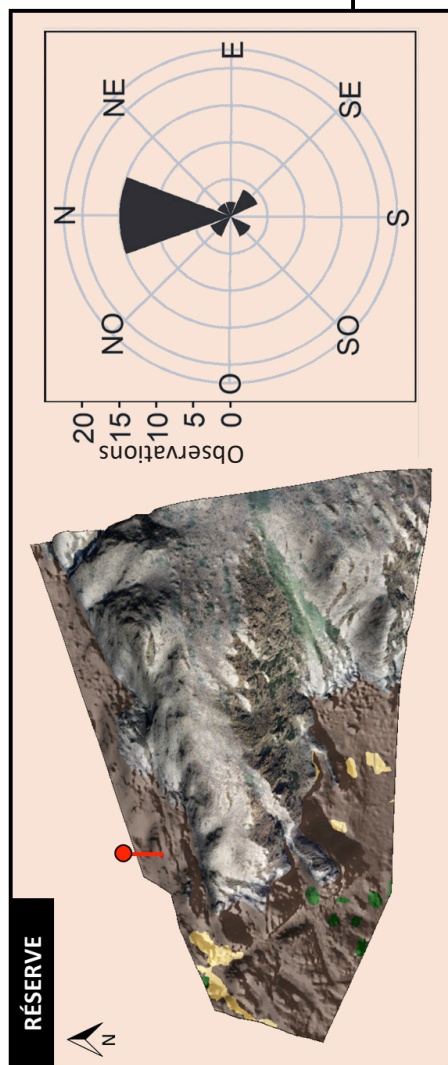
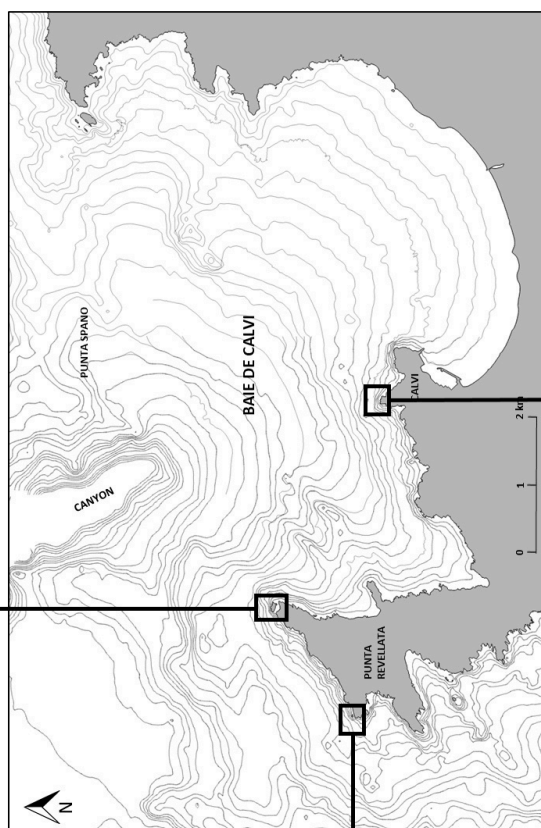
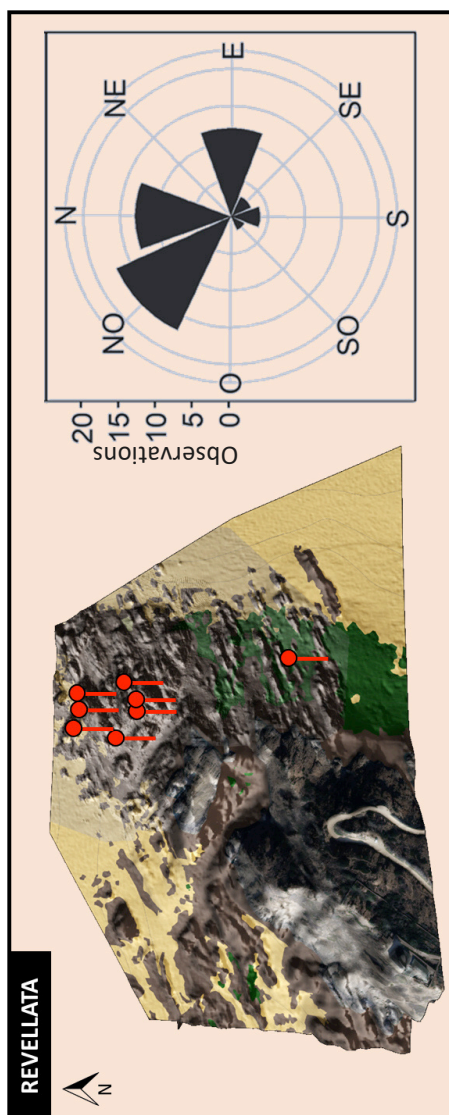
La langouste rouge ***Palinurus elephas*** est une ressource halieutique centrale en Méditerranée, tout particulièrement en Corse (Le Manach et al., 2011). Cependant, malgré de fortes variabilités interannuelles, les débarquements de langouste sont en déclin depuis les années 60 (Père, 2012) et l'espèce a même été évaluée comme « **vulnérable** » selon la liste rouge des espèces menacées de l'UICN. 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 au sein des 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 maintien de la ressource, STARESO réalise chaque année depuis 2012 le recensement visuel des juvéniles « post-puerulus ».

Juvénile de langouste sorti de son trou



A Représentation spatiale de l'emplacement des juvéniles de langouste recensés en 2021 sur les 3 sites d'échantillonnage de la baie de Calvi. Les pointes rouges indiquent la position exacte des juvéniles sur le site et les directions indiquent l'orientation de la roche sur laquelle l'individu est recensé (donnée cumulée depuis 2012). Il est remarquable de constater que le substrat sur lequel se situe les langoustes font quasiment toujours face à l'ouverture de la baie (Nord, Nord-Ouest, Est, suivant les sites géographiques).



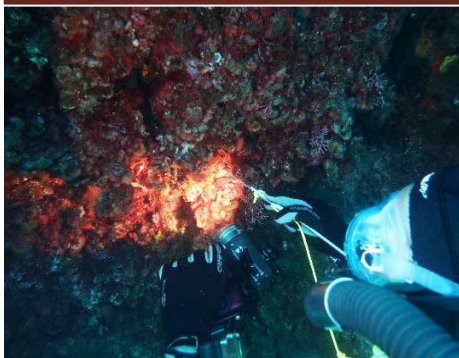
Après la prospection sur différents sites tout autour de la baie, 3 sites propices à l'implantation de juvéniles de langouste ont été retenus et sont prospectés chaque été de juin à octobre/novembre. Outre l'effort de prospection et les différentes mesures réalisées sur les individus, un large panel de données est relevé telles que la spatialisation des observations, la nature, inclinaison et orientation de leur substrat, la profondeur, etc.

Une connaissance des sites propices au recrutement

Avec plus de **180 juvéniles de langouste recensés depuis 2012**, STARESO a pu acquérir une expertise solide concernant les **caractéristiques des sites propices** au recrutement. Cette connaissance est exportable et d'ores et déjà exportée à d'autres sites autour de la Corse. **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 de d'implantation, mais également de **caractériser cette dynamique à l'échelle de la Corse** et de potentiellement **gérer la ressource spatialement et temporellement** (Whomersley et al., 2018).

Sélection d'étapes réalisées lors des recensements de juvéniles

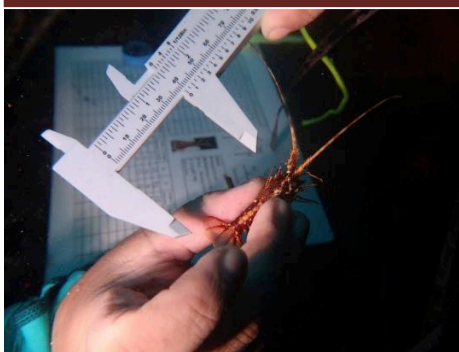
Prospection



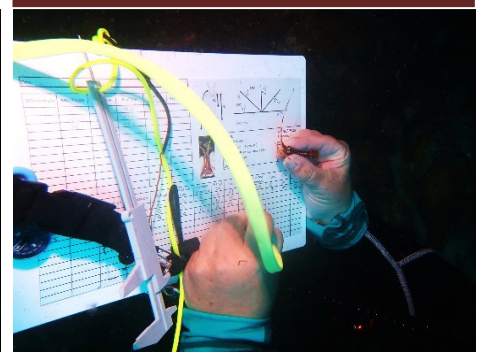
Caractérisation de l'habitat



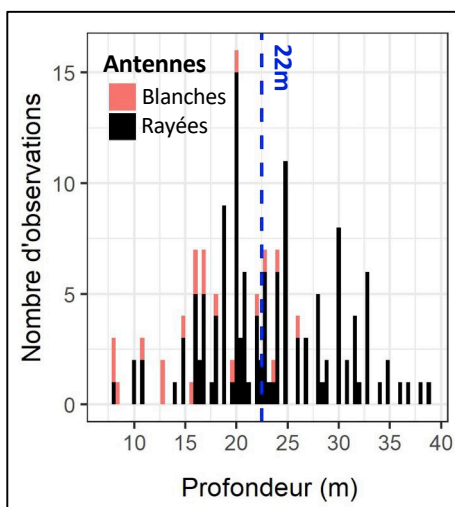
Prises de mesures sur l'individu



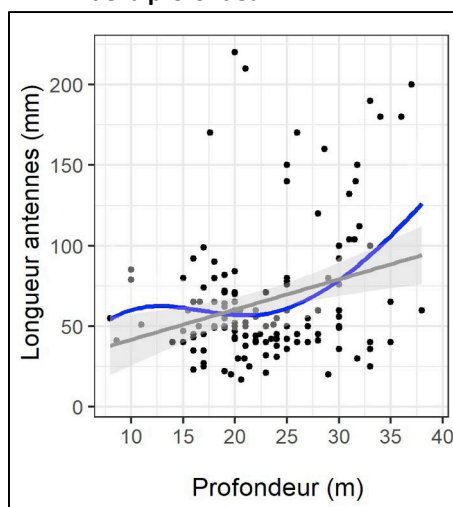
Collecte de données



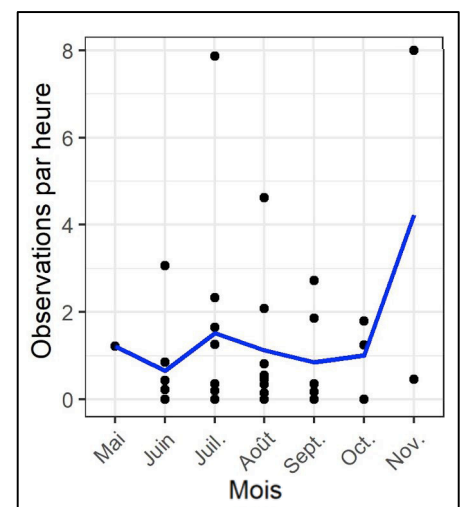
A La profondeur des juvéniles



B Un proxy de la taille en fonction de la profondeur



C La saisonnalité du recrutement



Exemple de caractéristiques de recrutement des juvéniles de langoustes sur la période 2012 - 2020:

- A) le nombre de juvéniles en fonction de leur profondeur indique une profondeur moyenne d'observations à 22m; les individus dont les antennes sont blanches ne sont retrouvées que dans les 30 premiers mètres;
- B) la longueur des antennes en fonction de la profondeur dont le signal est lissé en bleu suggèrent que plus les individus sont grands (antennes proxy de la taille), plus ils se situent en profondeur ;
- C) le nombre d'observation ramené à l'effort de prospection montre que le pic de recrutement se situe en juillet bien qu'il puisse y avoir des recrutements plus tardifs (novembre 2015 et 2018)) ou plus précoces (mai 2019) selon les années.

Vers une connaissance holistique pour une gestion intégrée de la langouste?

L'observation de 9 ans de recensement de juvéniles révèle une **forte variabilité interannuelle** mais faible variabilité spatiale par année suggérant un **succès d'implantation** variant en fonction des années. Désormais, une **analyse fine** couplant ces dynamiques saisonnières et interannuelles avec **les données environnementales, planctoniques mais aussi halieutiques** est entreprise visant à identifier les facteurs conditionnant l'implantation des juvéniles et donc du recrutement et caractériser la relation entre juvéniles et stocks halieutiques. De même, la **collaboration** avec le Centre Océanographique des Baléares réalisant les mêmes recensements à 750km de là, sur la côte nord-est espagnole (Diaz et al., 2001), va permettre une comparaison et une mise en contexte des résultats à l'échelle

du **bassin nord-ouest méditerranéen**. Enfin, ce suivi des juvéniles s'avèrent **complémentaires à d'autres programmes de recherche ou de suivis halieutiques en Corse**, tels que ALIGOSTA (« Amélioration des connaissances sur la langouste rouge : âge, maturité sexuelle et structure de population »), projet mené par STARESO (2020-2022). **ALIGOSTA**

A terme, une meilleure compréhension de ces dynamiques à grande échelle et de manière holistique permettrait la formulation de mesures de gestion fondées, adaptées, et donc potentiellement efficaces à la préservation des langoustes autour de la Corse.

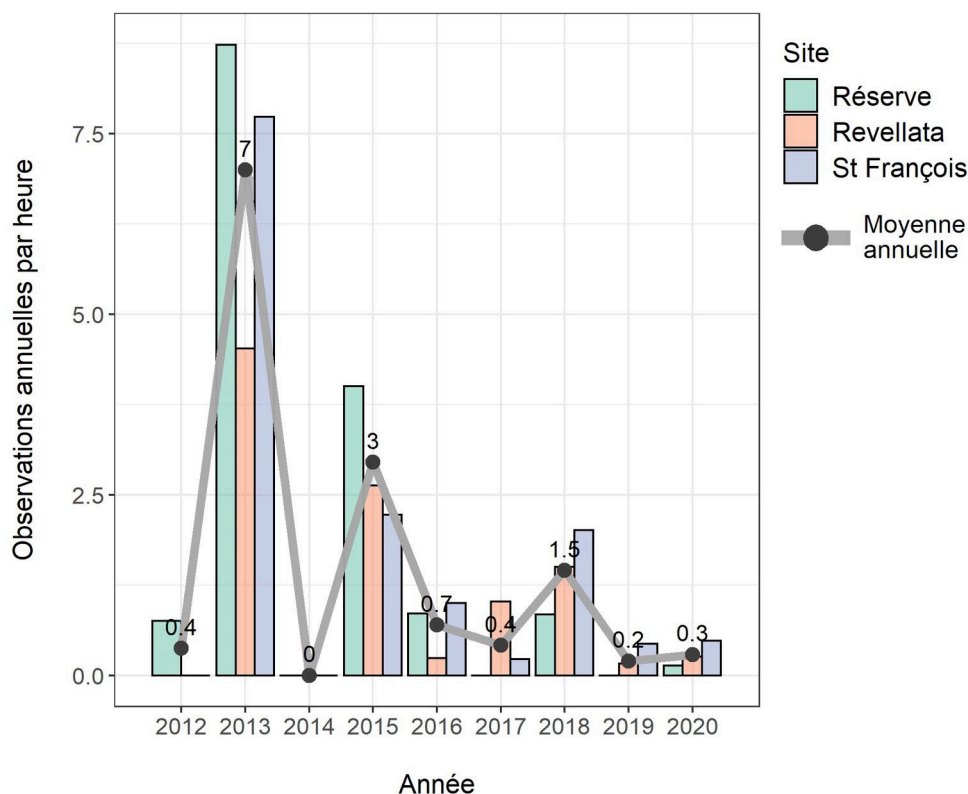
Œufs et larve planctonique de langouste



Juvénile de langouste recensé en septembre 2021



Variabilité interannuelle et spatiale des observations annuelles moyennes de juvéniles de langouste ramenées à l'effort de prospection pour chaque site



**Plus de 180
langoustes recensées**

**Une expertise des
sites propices au
recrutement**

**Des collaborations
régionales et
internationales**

**Travaux
multidisciplinaires
et études
complémentaires sur
différents projets**

ANNEXE 9

Contaminants et chaîne alimentaire

Le cas du plancton

Le cas de *Chromis chromis*

ECOTOXICOLOGIE DU ZOOPLANCTON



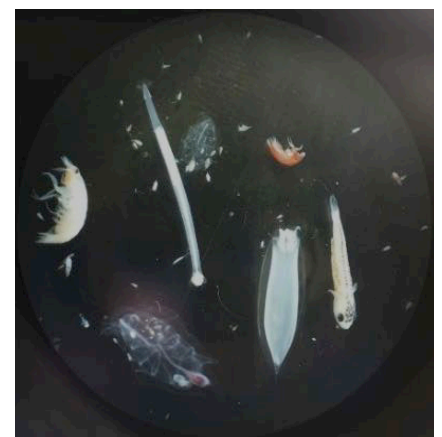
La contamination en éléments traces dans le zooplancton

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**.

Organismes zooplanctoniques

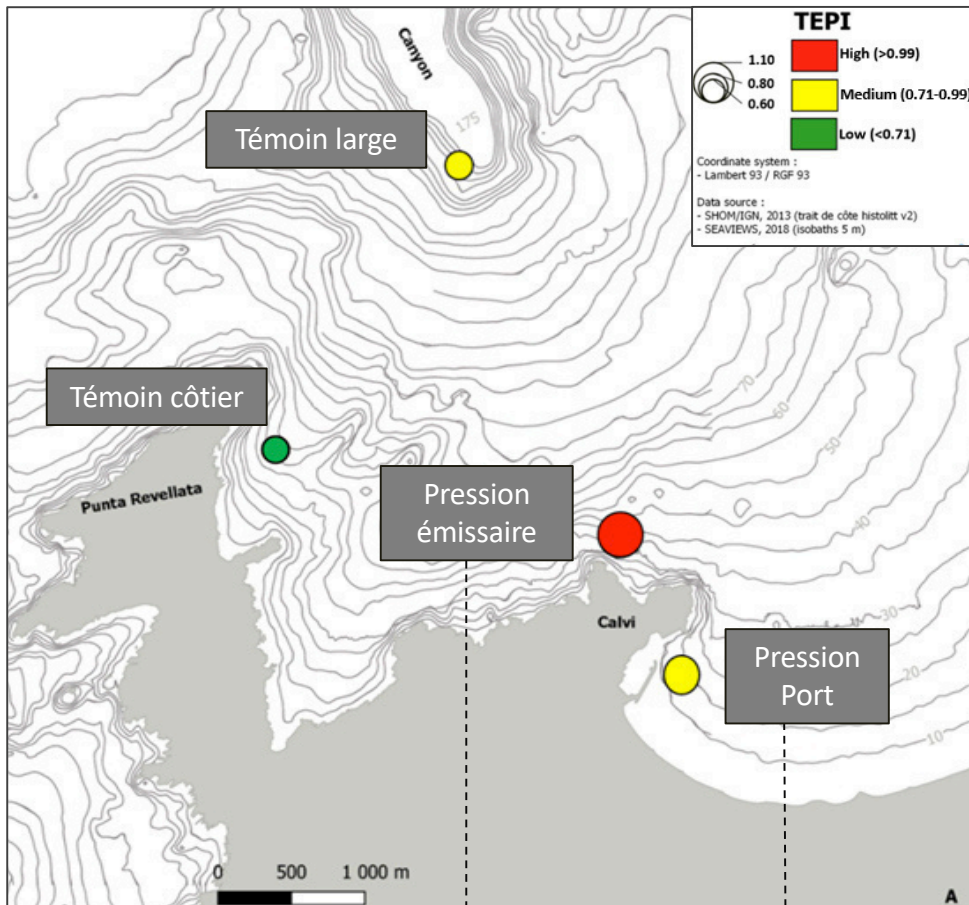


Le zooplancton : un bio-Indicateur de la contamination en éléments traces?

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



Echantillons de zooplancton fraîchement prélevés



Emissaire



Zinc (Zn)

Cuivre (Cu)

Etain (Sn)

Bismuth (Bi)

Eléments traces dosés dans le zooplancton caractéristiques des sites pressions

Port

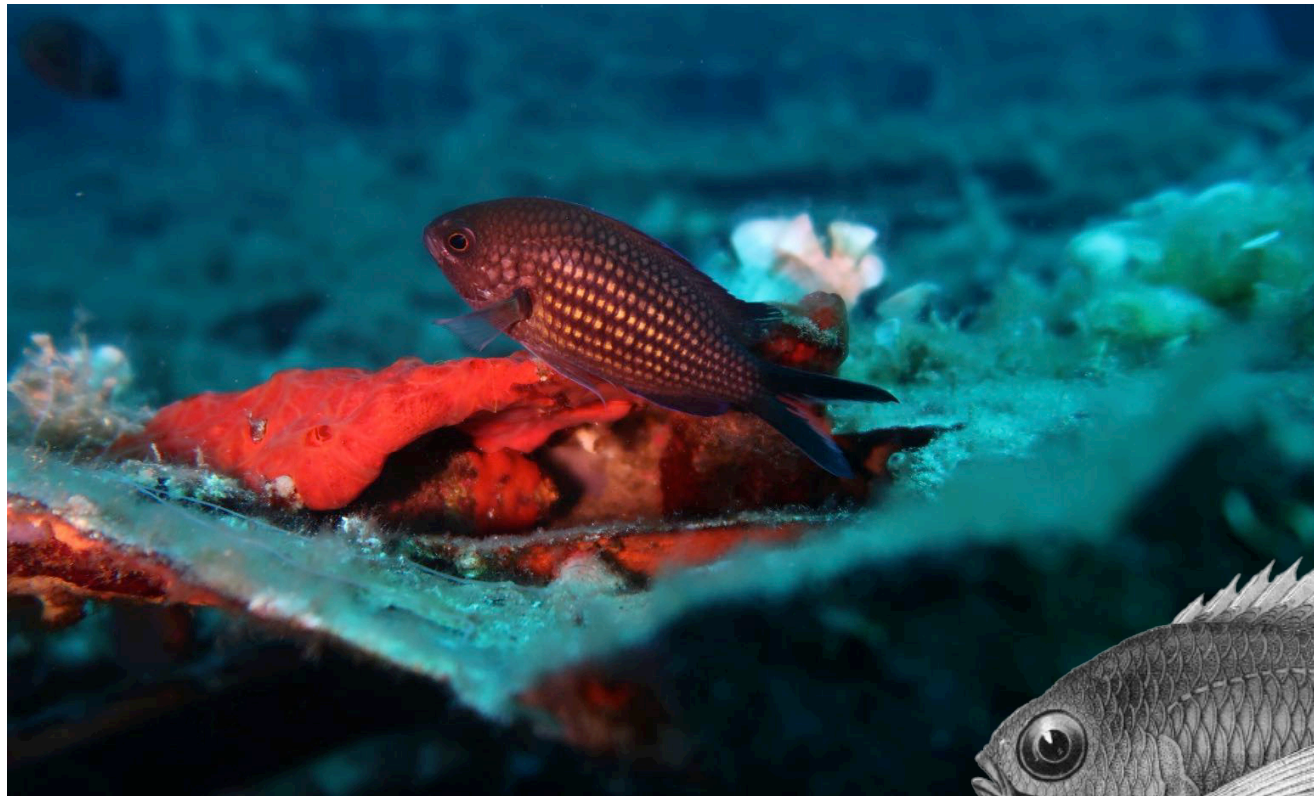


Zinc (Zn)

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

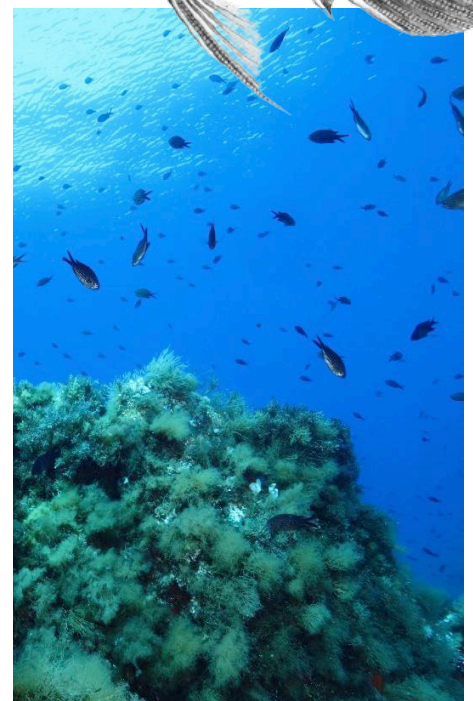
LA CASTAGNOLE *CHROMIS CHROMIS*



Etude écotoxicologique et écologique d'une espèce clé

La castagnole *Chormis 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 pêche commerciale mais que son abondance peut indiquer la pression de pêche existante

sur les autres espèces commercialement plus appréciées (Pinnegar, 2018), qu'il est petit, facile à reconnaître, largement répandu et abondant (Bracciali, Piovano, Sarà, & Giacomina, 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* vidéoassistés à 3 sites différents dans la baie

- Estimation de l'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.



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

- 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) présentes dans 4 sur 24 estomacs analysés.



Analyses des concentrations de 20 éléments traces (ET)

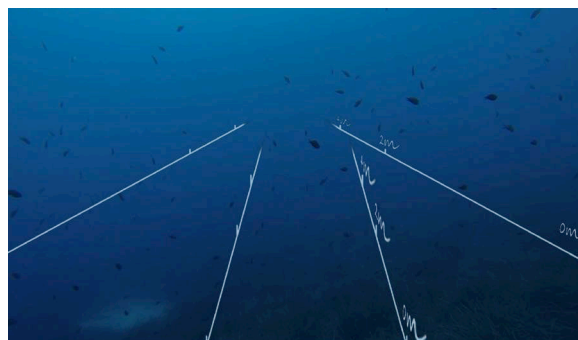
- **Pas de processus** significatifs de **bioaccumulation**;
- **Faibles risques liés à la consommation** de castagnole avec des concentrations inférieures aux valeurs de référence toxicologiques;
- **Concentrations en ET comparables** sur les 3 sites sauf pour celles en **Baryum**, plus élevées à Saint-François.

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 éléments traces au sein de la baie.

Les analyses n'ont pas révélé d'influences majeures des activités anthropiques sur les paramètres étudiés, 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.

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



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



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



28,8t de castagnoles en baie de Calvi

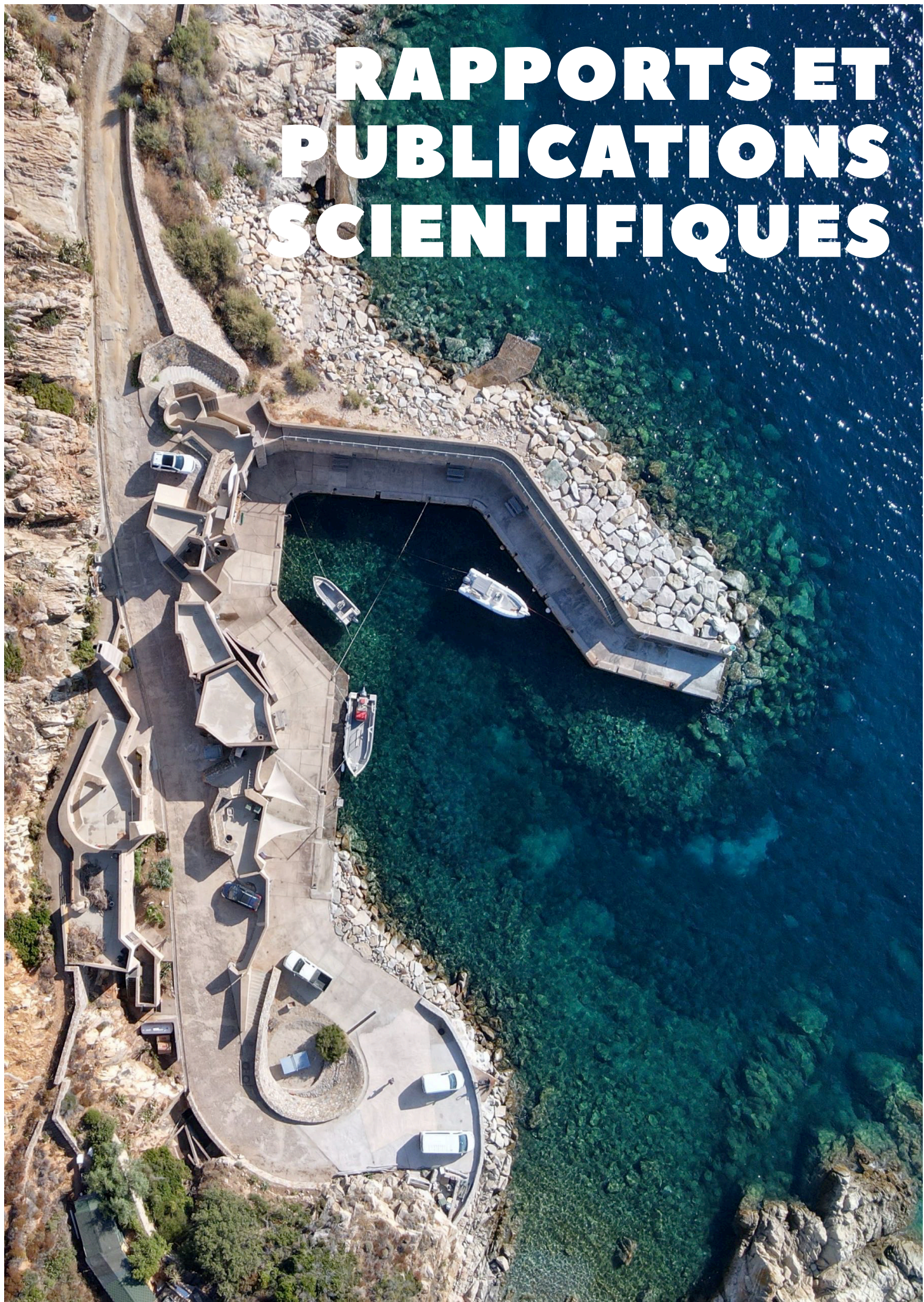
Caractérisation du régime alimentaire et du niveau trophique, avec 15% des individus contenant du plastique

Pas de bioaccumulation en ET et une faible influence des pressions anthropiques

ANNEXE 10

Rapports et publications scientifiques Des exemples

RAPPORTS ET PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES



PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Marine Environmental Research 159 (2020) 104962



Contents lists available at ScienceDirect

Marine Environmental Research

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/marenvrev>

Zooplankton dynamics in a changing environment: A 13-year survey in the northwestern Mediterranean Sea

Lovina Fullgrabe^{a,b,c,*}, Philippe Grosjean^c, Sylvie Gobert^{a,b}, Pierre Lejeune^a, Michèle Leduc^a, Guyliann Engels^c, Patrick Dauby^d, Pierre Boissery^c, Jonathan Richir^{b,f}^a Station de Recherches Sous-marines et Océanographiques STARESO, Calvi, 20260, France^b Laboratory of Oceanology, POCUS, University of Liège, Belgium^c Numerical Ecology of Aquatic Systems, Complexys Institute, University of Mons, 7000, Mons, Belgium^d Laboratory of Systematics and Animal Diversity, POCUS, University of Liège, Belgium^e Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Délégation de Marseille, 13001, Marseille, France^f Chemical Oceanography Unit, POCUS, University of Liège, Belgium

ARTICLE INFO

Keywords:

Image analysis
Mediterranean Sea

Time series

"Typical" year

North Atlantic Oscillation

Climate change

ABSTRACT

Dynamics of the subsurface (2–3 m) mesozooplankton (i.e., > 200 µm) in the Bay of Calvi (Corsica, France) were explored, combining time series (2004–2016) of 14 zooplankton groups, wind gusts, water temperature, nitrate and chlorophyll-*a*. Zooplankton data was obtained through image analysis. While contrasted group-specific seasonal patterns were observed, the most productive zooplankton annual event occurred in April (spring peak), concentrating on average 25% of the total annual abundance. A "typical" year was defined based on the annual succession of different community states, highlighting particular years (2007, 2015 and 2012) mainly characterized by weak spring peak. Environmental influences on the interannual variability of zooplankton were explored and while relationship between chlorophyll-*a* and zooplankton abundance was unclear, the availability of nutrients (December–March), potentially mediated via the wind regime (October–January) seemed to be essential to the occurrence of the spring peak. Additionally, we observed an influence of temperature, with winter thermal thresholds (between 12.1 °C and 13.4 °C) conditioning the spring peak. Also, the occurrence of lower annual abundances after 2010 was synchronous with the sharp increase of seawater warming trend, especially regarding winter temperature (0.30 °C year⁻¹). Finally, winter North Atlantic Oscillation (NAO) was found to be correlated to both winter water temperature and spring peak abundance, which suggests large-scale processes to impact regional zooplankton community.

Research Open

Nanotechnology and Advanced Material Science

Volume 3 Issue 1

Research Article

Abundance, Composition and Spatial Distribution of Marine Plastic Litter in Sea Surface Waters Around Cap Corse

Marengo M^{1,2*}, Fullgrabe L^{1,2}, Fontaine Q¹, Mazzotti N³, Lejeune P¹, Boissery P⁴ and Gobert S^{1,2}¹Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France.²Université de Liège, Centre MARE, Laboratoire d'Océanologie, Sart-Tilman, B6c, 4000 Liège, Belgique³Corsican Blue Project, Brando, 20220, France.⁴Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse - Direction Connaissance et Planification, Immeuble Le Noailles, 62 La Canebière, 13001 Marseille, France.^{*}Corresponding author: Marengo M. Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi; E-mail: michel.marengo@stareso.com

Received: March 31, 2020; Accepted: April 02, 2020; Published: April 14, 2020

Abstract

Marine litter is a widespread problem affecting all the oceans of the world. Plastics represent around 90% of marine litter, and it is estimated that there are between 15 and 51 trillion plastic particles floating on the surface of the oceans. The objectives of this study are to: (i) identify and characterize the main categories of floating items sampled in surface waters off the Cap Corse peninsula, (ii) provide estimates of the occurrence of floating items in this area, and (iii) get an overview of the potential areas of litter accumulation. We highlighted a heterogeneous distribution of floating litter as the plastic density characterizing the area between Bastia and Macinaggio (27 027 items/km²) was, on average, 2.07 times higher than the density estimated between Macinaggio and Pino (11 688 items/km²). Several studies highlighted that spatio-temporal variability of plastic densities and sizes of plastics (micro, meso, macroplastics) could be tightly linked with hydrodynamics and wind regime, distance to land, coastal human population and maritime traffic. Beyond the need to further raise awareness, providing more evidences and information regarding such marine pollution may hopefully foster urgent management strategies, whereby the most effective mitigation strategy implies reducing the input at its source.

Keywords: Plastic, marine litter, manta-net, Mediterranean Sea.

Un exemple d'encouragement des sciences participatives avec la valorisation en publication scientifique des prélèvements de déchets marins effectués par l'association environnementale Corsican Blue Project, faisant valoir notre expertise déchets plastiques marins.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES



Article

Assessing Spatial and Temporal Trends in a Mediterranean Fish Assemblage Structure

Michel Marengo ^{1,2,*}, Laura Iborra ^{1,2,3}, Michèle Leduc ¹, Pierre Lejeune ¹, Pierre Boissery ⁴ and Sylvie Gobert ^{1,2}

¹ Station de Recherches Sous-marines et Océanographiques (STARESO), Punta Revellata, BP33, 20260 Calvi, France; laura.iborra@stareso.com (L.I.); m.leduc@stareso.com (M.L.); p.lejeune@stareso.com (P.L.); sylvie.gobert@uliege.be (S.G.)

² Laboratoire d'Océanologie, Centre MARE, Université de Liège, Sart-Tilman, B6c, 4000 Liège, Belgium

³ Institut Méditerranéen d'Océanologie (M.I.O.), Campus de Luminy, 163 Avenue de Luminy—OCEANOMED, CEDEX 09, 13288 Marseille, France

⁴ Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse—Délégation Paca Corse, Immeuble Le Noailles, 62 La Carabière, 13001 Marseille, France; Pierre.BOISSERY@eau-rmc.fr

* Correspondence: michel.marengo@stareso.com

Abstract Coastal fishes are not only valuable elements of marine biodiversity, but they also play an important ecological role in the functioning of coastal ecosystems: food resource, transfer of nutrients, predators. Therefore, data on the compositions of fish assemblages are of great importance. The objectives of the present study were to (i) define the faunistic characteristics of a typical fish community on the Mediterranean coast; (ii) investigate spatiotemporal changes in fish assemblages. Based on a set of indices (Fast protocol) and a long-term data set (6 years, 612 visual counts, 154 h of diving), changes in coastal fish communities were analyzed. Our results indicated that there was a significant shift in fish community structure, with a general decline of the calculated indices. In our study, part of the observed variability in fish assemblage structure could be due to different factors as site location and sampled year. The changes in the fish assemblages associated with inter-annual fluctuations observed in this study also provide important insights into how fish communities may change under environmental and anthropogenic influences.

Keywords: fisheries; fish assemblage; marine protected area; visual census



Citation: Marengo, M.; Iborra, L.; Leduc, M.; Lejeune, P.; Boissery, P.; Gobert, S. Assessing Spatial and Temporal Trends in a Mediterranean Fish Assemblage Structure. *Diversity* 2021, 13, 368. <https://doi.org/10.3390/d13080368>

Research Open

Aquaculture and Fisheries Studies

Volume 2 Issue 1

Case Study

Climate Change and Fisheries: The Case Study of Corsica, an Ideal Reference Station in the Mediterranean Sea

Gobert S^{1,2}, Fullgrabe L^{1,2}, Lejeune P¹ and Marengo M^{1,2}

¹Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques, France

²Université de Liège, Centre MARE, Laboratoire d'Océanologie, Sart-Tilman, B6c, 4000 Liège, (Belgique)

*Corresponding Author: Gobert S, STation de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, E-mail: sylvie.gobert@uliege.be

Received: February 24, 2020; Accepted: March 08, 2020; Published: March 13, 2020;

NMDS method, to be completed..

PUBLICATIONS 2020-2021

Année 2020-2021 :

Articles « peer reviewed » publiés dans des journaux indexés

- Delacuvellerie, A., Benali, S., Cyriaque, V., Moins, S., Raquez, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Katz, L., Sirjacobs, D., Gobert, S., Lejeune, P., & Danis, B. (2021). Distribution of macroalgae in the area of Calvi (Corsica). *Biodiversity Data Journal*, 9.
- Lefebvre, L., Compère, P., Léonard, A., Plougouven, 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.
- 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

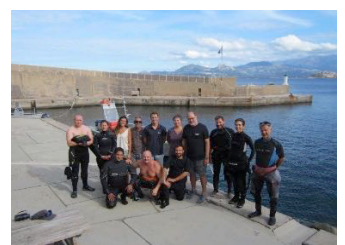
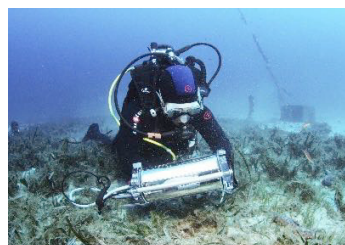
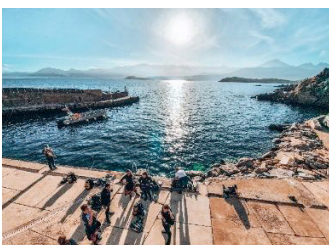
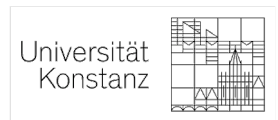
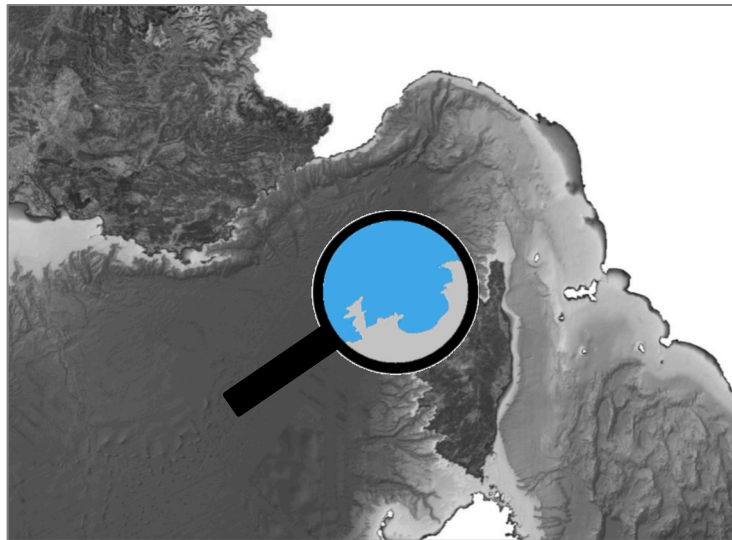
ANNEXE 11

Site atelier

UN SITE ATELIER AU RAYONNEMENT INTERNATIONAL



Depuis 50 ans maintenant, la baie de Calvi via STARESO constitue un site d'étude privilégié accueillant les recherches, les travaux 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.



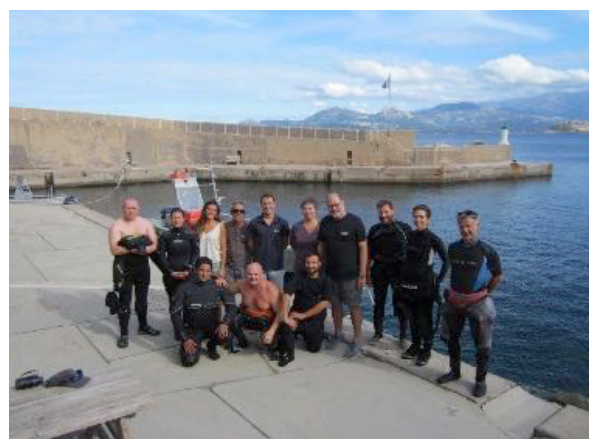
Un site atelier permettant des synergies vertueuses

STARESO constitue un vaisseau et laboratoire ouverts sur la mer offrant un accès direct **à une diversité de sites d'études sous-marins** répartis dans la baie de Calvi. De plus, la richesse des suivis réalisés dans le cadre de **STARECAPMED permet aux chercheurs d'évoluer dans un contexte environnemental (physico-chimique et biologique) et anthropique (pressions localisées) connu**. Par ailleurs, la baie de Calvi, s'inscrivant **comme site de référence à l'échelle du bassin nord-méditerranée**, offre la possibilité d'étudier dans un milieu faiblement influencée par les pressions humaines.

La notion de site atelier réfère en somme 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 et leur fonctionnement ainsi que leur interactions avec les facteurs extérieurs dont les pressions anthropiques** et, par conséquent **contribuant indirectement au projet STARECAPMED**.

Les thématiques de recherches océanographiques réalisées à STARESO par les chercheurs et équipes extérieures à la station sont très diversifiées avec notamment :

- Le comportement des poissons;
- Le rôle de la vision dans les interactions entre poissons et dans les déplacements chez les invertébrés mobiles;
- Le recensement exhaustif des mérous et corbs sur la façade méditerranéenne française;
- Le fonctionnement et recensement des zones de frayères;
- La dégradation microbiologique de composés plastiques;
- La cartographie à haute résolution de la biocénose avec vérifications terrain;
- La restauration écologique;
- Les suivis acoustiques et l'étude des biophonies;
- Etc.



ANNEXE 12

Paramètres STARECAPMED mesurés Détails

[illegible]

Budget prévisionnel STARECAPMED 2022-2026 (48 mois)

Postes de dépenses	Dépenses prévisionnelles annuelles	Financement annuel Agence de l'eau RMC (50%)	Financement annuel Collectivité de Corse (30%)	Financement annuel STARESO (20%)
Services et achats extérieurs	124 448,28€	62 224,14€	37 334,48€	24 889,65€
Charges de personnel	253 187,88€	126 593,94€	75 956,37€	50 637,58€
Autres charges en internes	51 495,84€	25 747,92€	15 448,75€	10 299,17€
Total annuel	429 132,00€	214 566,00€	128 739,60€	85 826,40€
Total sur 4 ans	1 716 528,00€	858 264,00€	514 958,40€	343 305,60€

« Le réchauffement de la mer impacte toutes les espèces »



Les scientifiques de la Stareso évoquent le changement climatique sous-marin et ses effets sur de nombreuses espèces commerciales comme les oursins, la langouste, le mérou, le denté et l'espadon.

OLIVIER SANCHEZ / CRYSTAL PICTURES

Un phénomène appelé à s'amplifier

D'autres espèces habituelles, dont la valeur commerciale a fait travailler des générations de pêcheurs, sont en déclin. « Nous constatons dans la baie de Calvi une nette diminution de la qualité et de la quantité de zooplancton, qui est la base de la chaîne alimentaire », poursuivent les scientifiques. La hausse de la température de l'eau a des conséquences sur toute la chaîne alimentaire : les oursins, la langouste, le mérou, l'espadon. L'augmentation de la température signifie également acidification. Celle-ci peut avoir des conséquences sur la calcification, c'est-à-dire tout ce qui est coquille et corail. La pêche corse, à la lumière de données scientifiques robustes, peut et doit s'adapter à ce changement climatique. »

Dans son dernier rapport, le Giec explique que le changement climatique que l'on connaît aujourd'hui est dû « sans équivoque aux activités humaines ». Un changement qui semble être responsable de nombreux maux comme les 15 000 morts de la canicule de 2003, les inondations des Alpes-Maritimes en 2020 ou, plus récemment, les incendies en Gironde et la tempête du 18 août 2022 qui a fait cinq morts sur l'île, dont un pêcheur de Ginola.

JEAN-FRANÇOIS PACELLI

Ce phénomène de méridionalisation décrit par les scienti-

prelèvent aujourd'hui plus que 71 tonnes.

Leur nombre, leur état de santé : rien n'échappe à la scientifique. « L'augmentation de la température de l'eau a un impact sur les cycles de reproduction des espèces mais aussi sur les migrations, estime Michel Marengo et Lucie Borrossi. Pour la langouste rouge, on a vu qu'il y a de plus en plus de femelles gravées en mars. Normalement, la ponte a lieu en janvier. Mais avec l'augmentation de la température de l'eau, elles ont décalé leur cycle de ponte. Nous avons fait remonter ces informations et nous avons préconisé de décaler les dates de pêche. La prudence de la baie de Calvi pionnière sur cette thématique et a décidé que le temps de pêche serait réduit en ouvrant un mois plus tard et en fermant quinze jours plus tôt. »

La langouste rouge compte parmi ces espèces emblématiques en fort déclin. De 300 tonnes annuelles dans les années 1970, les pêcheurs de Corse n'en

Les pêcheurs, témoins et aussi victimes du changement climatique sous-marin



Dominique Bartoli estime que les techniques de pêche sont responsables de la raréfaction de la langouste.

OLIVIER SANCHEZ/CRYSTAL PICTURES

le pagre, le rouget. Tous ces poissons-là sont plus rares chaque année. Alors, pour continuer à vivre du métier, on met plus de filets.

Mais il y a le problème des mar-sous et des dauphins qui dro-ligent et viennent se nourrir dans nos filets. Ils rentrent manger dans les filets et ne laissent presque rien. Du mérou, on en prend très peu. Parfois, on en trouve qui flottent

sur l'eau à cause de la maladie. J'en ai récupéré deux l'an dernier. » Dominique Bartoli, malgré un âge avancé, continue à pêcher comme il l'a toujours fait. Pour lui, les techniques de pêche sont responsables de la raréfaction de la ressource. « Avant, nous étions 40 pêcheurs à Calvi et il y avait du poisson. Maintenant, il y a 10 fois moins de pêcheurs et presque plus

sur l'eau à cause de la maladie. J'en ai récupéré deux l'an dernier. » Dominique Bartoli, malgré un âge avancé, continue à pêcher comme il l'a toujours fait. Pour lui, les techniques de pêche sont responsables de la raréfaction de la ressource. « Avant, nous étions 40 pêcheurs à Calvi et il y avait du poisson. Maintenant, il y a 10 fois moins de pêcheurs et presque plus

sur l'eau à cause de la maladie. J'en ai récupéré deux l'an dernier. » Dominique Bartoli, malgré un âge avancé, continue à pêcher comme il l'a toujours fait. Pour lui, les techniques de pêche sont responsables de la raréfaction de la ressource. « Avant, nous étions 40 pêcheurs à Calvi et il y avait du poisson. Maintenant, il y a 10 fois moins de pêcheurs et presque plus

J.-F.P.

PRATIQUE/TRANSPORTS

UTILE

Nous joindre : calvi@corsematin.com
Pompiers : 18. Gendarmerie : 17. Samu : 15.
Centre hospitalier de Calvi-Balagne : 04.95.65.11.22.
Mairie de Calvi : 04.95.65.82.00.
Mairie de l'Île-Rousse : 04.95.63.01.80.
Interco' Calvi-Balagne : 04.95.62.88.41.
Interco' l'Île-Rousse-Balagne : 04.95.46.31.34.
Sous-préfecture de Calvi : 04.95.34.40.50.

LIAISONS AÉRIENNES

Arrivées : De Paris Orly à 11 h 05. De Marseille à 18 h 45. De Nice à 14 h 05.
Départs : Pour Marseille à 7 heures. Pour Paris Orly à 11 h 50. Pour Nice à 14 h 50.

LIAISONS MARITIMES

Port de l'Île-Rousse: Le Monte d'Oru arrive de Marseille à 7 h 15 et repart pour Marseille à 19 heures.

CHEMINS DE FER

Navettes Calvi-Lisula : du lundi au vendredi à 6h55, 7h50, 9h50, 12h50, 14h50, 16h05 et 17h50. Week-end et fêtes : 7 heures, 7h50, 9h50, 12h50, 14h50, 16h05 et 17h50.

Navettes Lisula-Calvi : Tous les jours à 8h50, 10h50, 11h40, 13h50, 16h50, 18h50 et 19h45. Week-end et fêtes : 11h40, 13h50 et 19h45.
Départ de Calvi pour Bastia et Ajaccio : du lundi au vendredi à 6h35 et 16h05. Le week-end à 7 heures et 16h05.

Départ de Lisula pour Bastia et Ajaccio : du lundi au vendredi à 7h21 et 16h41. Le week-end à 7h46 et 16h41.

Ces horaires sont valables jusqu'au 25 juin 2023.

LIAISONS ROUTIÈRES

Les Beaux Voyages : Tél. 04.95.65.11.35.
Guidicelli transports : Tél. 04.95.60.26.79.

EN BREF

CALVI Conférence et signature d'Antoine Orsini

L'hydrobiologiste Antoine Orsini est invité du Sveglio Calvese pour une conférence sur les eaux douces de Corse, le vendredi 21 avril à 18 heures, à la poudrière de la citadelle de Calvi. L'universitaire dédicacera son premier ouvrage *Les eaux douces de Corse*, entrée libre, réservation au 04 95 65 23 57 ou par e-mail à l'adresse svegliu@gmail.com

Autonomie des séniors

La CPTS de Balagne organise une journée d'action de prévention sur le repérage des fragilités des séniors, jeudi 9 h 30 à 12 h 30 sur le parking

MUNTICELLU

Cérémonie de la Schjūdazione

La cérémonie de la Schjūdazione, la descente de croix, aura lieu ce vendredi 7 avril à 15 heures à la confrérie San Carlu de Munticellu. Entrée gratuite.

en face du Super U de Calvi. Cette journée s'adresse aux plus de 60 ans qui souhaitent rester autonomes le plus longtemps possible. Ils pourront faire le point avec un professionnel de santé et vérifier les six principales fonctions du corps : l'audition, la vue, la mobilité, l'humeur, la nutrition et la mémoire. Cette évaluation est gratuite. Pour plus d'informations, contactez le CPTS de Balagne au 07 56 36 35 44.

Les adresses fûtées

SUZZONI
CUISINES & MEUBLES
KARTELL • VITRA • MAGIS
KETTAL • HOU • ALESSI
PODEVACHE • PAPELINA
Les 3C - Route de Calvi
L'ÎLE ROUSSE - 04 95 55 86 41

Si vous désirez
paraître dans
cette rubrique,
Contactez CORSE
MATIN PUBLICITE
au 06.34.08.00.58
ou 04.95.32.83.67

SARL EUROFORAGE
Spécialiste du forage - Réhabilitation d'eau
Foration dans tout
terrain et diamètre
Installation de pompes
Dépannage
DEVIS SUR DEMANDE SUR TOUTE LA CORSE
Tél 06 11 16 09 23 - Fax 04 95 73 20 91
www.foragecorse.com

CORSE ALARM
Alarme intrusion
Alarme incendie
Vidéosurveillance
04 95 33 14 34
www.corsicalarm.fr

[illegible]