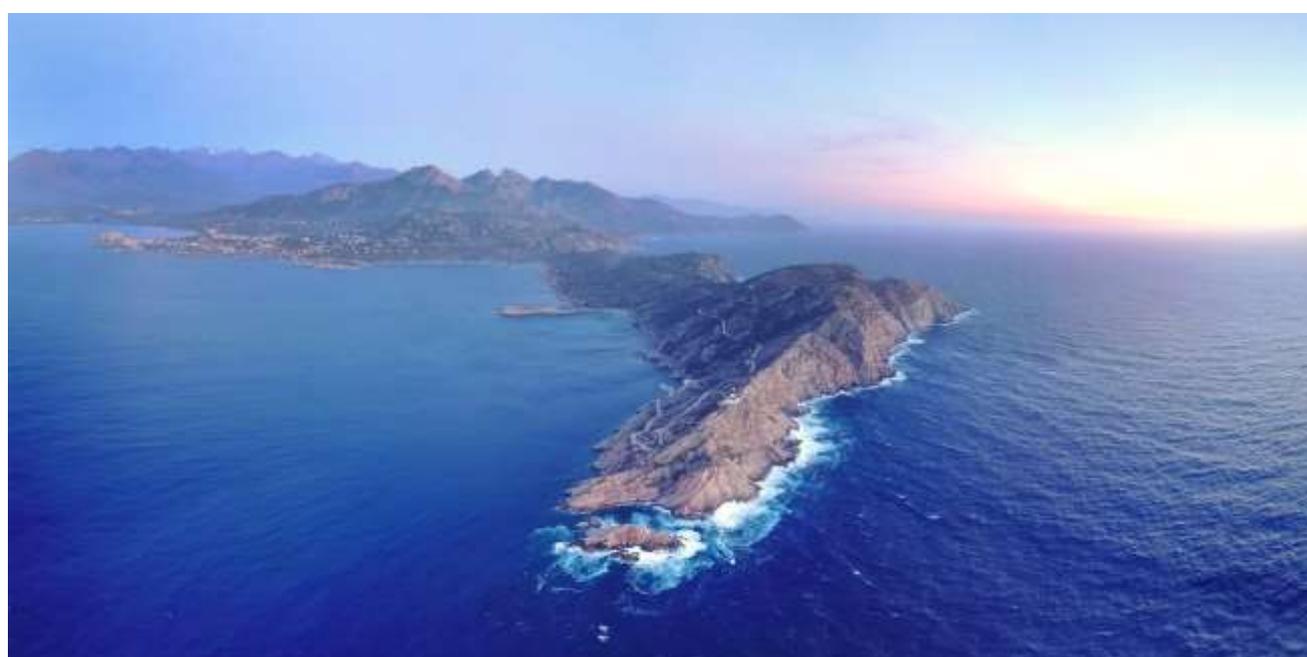


## WORKSHOP STARECAPMED

10 et 11 avril 2018



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



**En 2012, le programme STARECAPMED a été initié avec le soutien de l'Agence de l'Eau RMC et la CTC.**

**STARECAPMED est avant tout un site atelier dont la richesse provient des contributions de chacun, mais surtout d'une réflexion qui doit porter sur la globalité du site.**

**Comprendre les liens états/pressions (locales ou globales) et donc le fonctionnement des écosystèmes étudiés (et donc les perturbations) est la base du projet.**

**Après 5 années, le temps est au bilan pour présenter le travail réalisé et évaluer les évolutions à apporter au programme.**

**Les temps d'échange permettront de récolter les avis de chaque partenaire sur l'évolution du projet, ce qu'il accentuer, réduire ou débiter pour améliorer notre projet commun.**



Partenaire scientifique du programme :



Partenaire scientifique de l'atelier :



SEMANTIC TS



# Workshop STARECAPMED – 2018

## Programme

Jour 1		
09h00	P.Boissery	Présentation par l'Agence de l'eau
09h15	M.Benedetti	Présentation par la CTC
09h30	P.Lejeune	Présentation du programme STARECAPMED
09h45	M.Leduc	Objectifs du programme
<b>Session 1:</b>		<b>Paramètres météorologiques et physiques</b>
10h00	M.Binard	Météo et base de données
10h15	Pause café	
10h45	Sylvain Watelet (travaux de A.Alvera)	Approche courantologique tridimensionnel pour l'étude de l'influence d'un canyon sous- marin sur les écosystèmes côtiers: cas de la Baie de Calvi L'analyse des données environnementales et climatologiques :
11h15	J.Richir	exemple de la température de l'eau
12h00	Pause déjeuner	
<b>Session2:</b>		<b>Herbiers: puit de carbone</b>
14h00	S.Gobert	Contamination par les éléments traces en Méditerranée occidentale, focus sur la baie de Calvi et la Corse: bilan et perspectives
14h15	J.Richir (travaux de W.Champenois)	Inter-annual variations over a decade of primary production of the seagrass <i>Posidonia oceanica</i> Influences naturelles et anthropiques sur la structure paysagère des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> dans la baie de Calvi: bilan et perspectives
14h30	A.Abadie	
14h45	J.Richir	Etude de l'activité photosynthétique de <i>Posidonia oceanica</i>
15h00	Pause café	
15h30	<b>Atelier</b>	
Q1		
Q2	Proposition des intervenants du séminaire en relation avec les sessions du jour et	
Q3	pour l'avancée du programme STARECAPMED	
Q4		

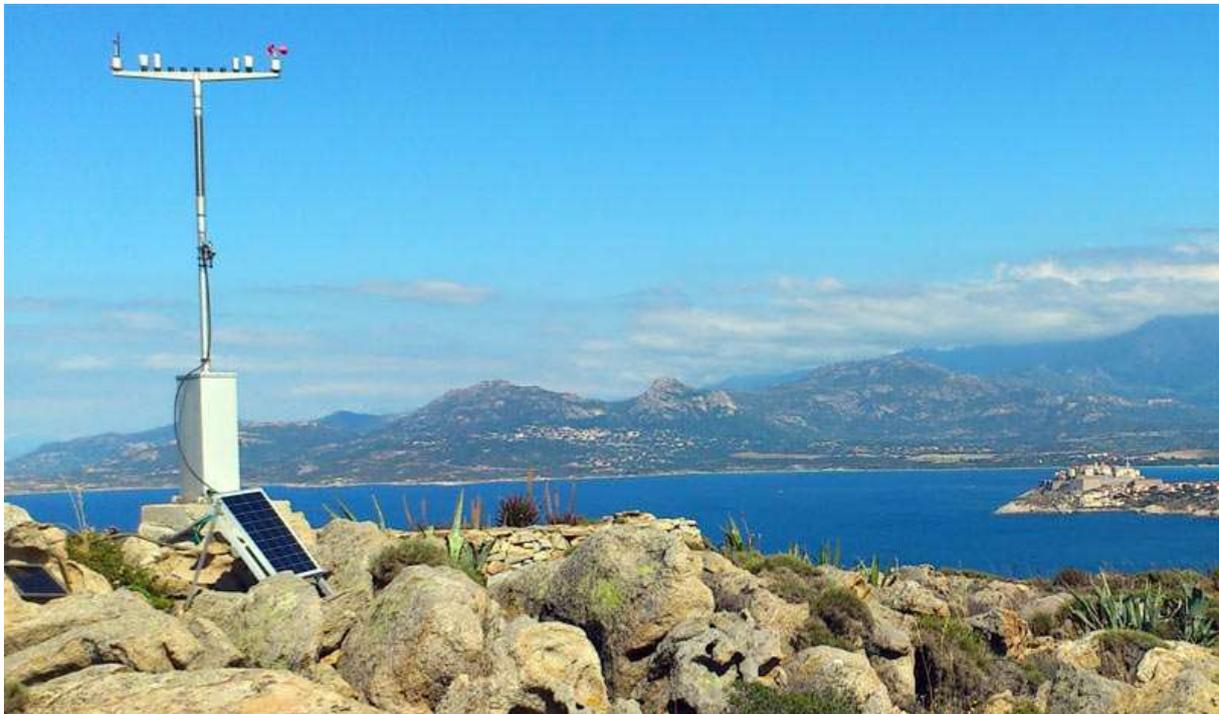
<b>Jour 2</b>		
<b>Session 3:</b>		<b>Différents acteurs</b>
09h00	Q.Fontaine	Interactions entre les compartiments climatiques, physico-chimiques et biologiques de la baie de Calvi dans un contexte de changement global et de pressions anthropiques locales
09h15	D.Sirjacobs	Etude des communautés de macroalgues en baie de Calvi
09h30	L.Fullgrabe	Evolution et variations à long terme du mésozooplancton de la Baie de Calvi
09h45	C.Pelaprat (travaux de A.Donnay)	Suivi du macrobenthos de substrats meubles en baie de Calvi dans le cadre du programme STARECAPMED
10h00	L.Iborra	Substrat dur et ichtyologie
10h15	C. Noel	Evaluation des ressources naturelles halieutiques par acoustique - Site STARECAPMED
10h30	Pause café	
<b>Session4:</b>		<b>Approche globale</b>
11h00	C.Gervaise	Ecoutez l'herbier de Posidonie de la baie de la Revelatta. Ecologie acoustique appliquée à l'herbier de <i>Posidonia oceanica</i> & STARECAPMED
11h15	M.Bolgan	Abondance et diversité acoustique des populations de poissons
11h30	S.Personnic	Une approche intégratrice pour le site Atelier STARECAPMED
11h45	G.Delaruelle	Cartographie et surveillance des habitats marins sensibles du site atelier de la baie de Calvi
12h00	Echanges- Discussions	
12h30	Pause déjeuner	
13h30	<b>Atelier</b>	
Q1	Proposition des intervenants du séminaire en relation avec les sessions du jour et pour l'avancée du programme STARECAPMED	
Q2		
Q3		
Q4		
<b>Jour 3</b>		
Matinée libre Echange et discussion		





**Session 1 :**

**Paramètres météorologiques et physiques**



## Météo et bases de données

Marc Binard <sup>1</sup>

<sup>1</sup>plateforme GITAN, Unité de Géomatique de l'Université de Liège

---

Les données météorologiques pour la recherche à la station STARESO sont disponibles à trois échelles différentes : 1- à l'échelle locale, le mâât météo installé sur le toit de la station permet l'enregistrement toutes les heures depuis 2006 des mesures de vent ainsi que de pluviométrie. Ces données contextualisent les mesures réalisées à proximité du port, notamment dans l'eau; 2- à l'échelle de la baie, le mâât météo localisé à 169m d'altitude sur un petit sommet distant de moins de 500 m de la station permet l'enregistrement toutes les 20 minutes depuis 1997 des données de vents, de T° et humidité de l'air, de pression atmosphérique et de radiation solaire ; 3- à l'échelle historique, depuis 1960, les données standard de Météo-France sont collectées à l'aéroport Saint-Catherine distant d'un peu plus de 8 km. Bien que le site soit coincé entre deux crêtes soit peu représentatif du climat de la baie, il présente l'avantage de disposer d'une longue série de données. Plus de 3.500.000 de données météorologiques sont actuellement disponibles dans la BD RACE créée en 2005 pour non seulement préserver les mesures anciennes et actuelles mais aussi pour en favoriser la diffusion et l'exploitation. La présentation montre comment accéder à ces données depuis une simple connexion Internet et comment obtenir des résultats de traitement sous forme de tableau ou de graphiques interactifs. Des exemples d'intégration de requêtes vers la base de données depuis des différents logiciels Open Sources montrent la richesse d'exploitation de cette base de données. Un article de synthèse, consacré à cette thématique a été publié récemment dans le Bulletin de la Société Géographique de Liège, il est disponible en ligne à l'URL : <https://popups.uliege.be:443/0770-7576/index.php?id=4517> . Les perspectives de nouveaux développements seront présentées en derniers lieux.

# **Approche courantologique tridimensionnel pour l'étude de l'influence d'un canyon sous- marin sur les écosystèmes côtiers: cas de la Baie de Calvi**

Aida Alvera-Azcárate<sup>1</sup>, Alexander Barth<sup>1</sup>, Jean-Marie Beckers<sup>1</sup>, Sylvie Gobert<sup>2</sup> et Sylvain Watelet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département d'astrophysique, géophysique et océanographie (AGO) / GeoHydrodynamics and Environment Research (GHER), Université de Liège

<sup>2</sup>Département de Biologie, Ecologie et Evolution / Océanographie biologique, Université de Liège

---

Les canyons sous-marins facilitent les échanges entre le milieu côtier et l'océan ouvert à travers des remontées d'eau profonde, et des descentes d'eau de surface qui entraînent des nutriments et des sédiments entre la plateforme continentale et l'océan ouvert. Ces flux sont très importants car ils influencent l'écologie des écosystèmes côtiers (température, salinité, production primaire, efflorescences). Des mesures de courants dans la baie de Calvi sont faites de manière mensuelle depuis un an pour établir le régime des courants dominants dans la baie. De plus, une série de courantomètres et profileurs ADCP vont être installés dans la baie. Le canyon sous-marin qui borde la Baie de Calvi et son impact sur l'écosystème côtier sera étudié par une série de senseurs de courants, température, salinité et oxygène dissous. Le but principal est de comprendre l'influence des processus hydrodynamiques, comme les fronts, tourbillons et intrusions des eaux profondes, sur la Baie de Calvi (efflorescences du phytoplancton et d'autres producteurs primaires), et ce à différentes échelles spatiales (sous-mésoéchelle à mésoéchelle) et temporelles (horaire à inter annuel).

# L'analyse des données environnementales et climatologiques : exemple de la température de l'eau

Jonathan Richir<sup>1</sup>, Alberto Borges<sup>1</sup>, Willy Champenois<sup>1</sup>, Michèle Leduc<sup>2</sup>, Marc Binard<sup>3</sup>, Xavier Fettweis<sup>4</sup>, Pierre Lejeune<sup>2</sup>, Pierre Boissery<sup>5</sup> et Sylvie Gobert<sup>6</sup>

1 Chemical Oceanography Unit, University of Liège, Liège, Belgium

2 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

3 plateforme GITAN, Unité de Géomatique de l'Université de Liège

4 Laboratoire de Climatologie, Département de Géographie, Université de Liège, 4000 Liège, Belgique

5 Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, 13001 MARSEILLE

6 Université de Liège, MARE, Focus, Océanologie Biologique, B6c, 4000 Liège, Belgique

\* contact : jonathan.richir@uliege.be

---

De nombreux paramètres biologiques, environnementaux, climatologiques sont mesurés à et par STARESO depuis des décennies. Les données récoltées sont accessibles via la base de données partagée RACE de l'Université de Liège. Dans le cas de séries temporelles, les paramètres suivis sont mesurés de manière séquentielle au cours du temps. La plus représentative est sans aucun doute la série des données de température de l'eau acquise depuis près de 40 ans. La température est un paramètre important qui permet de mettre en évidence sur le long-terme des changements notamment liés au réchauffement climatique, changements qui affectent le fonctionnement des océans tant dans la physique que dans la biologie.

L'analyse des séries temporelles de données nécessitent souvent un important travail préparatoire de standardisation (intervalles de mesure irréguliers, trous dans la série, évolution des méthodes d'acquisition des données ...). Une fois standardisées, les séries de données peuvent être analysées avec les outils et approches statistiques propres aux séries temporelles : décomposition de la série pour en extraire la tendance générale, statistiques glissantes, calcul des anomalies, analyse des quantiles, mise en évidence d'événements extrêmes tels les vagues de chaleurs ... Tout ce travail, conséquent, doit pouvoir être partagé, vérifié, validé et permettre la mise à jour ultérieure de l'analyse. C'est le concept même de science reproductible. Cette reproductibilité est rendue notamment possible par l'utilisation du langage de programmation R. Cette communication illustre, à travers l'exemple clef de l'évolution de la température de l'eau, l'analyse des séries temporelles de données dans le cadre de STARECAPMED.



**Session 2 :**

**Herbiers de Posidonie**



# Contamination par les éléments traces en Méditerranée occidentale, focus sur la baie de Calvi et la Corse: bilan et perspectives

Sylvie Gobert<sup>1,2</sup>, Eric Durieux<sup>3,4</sup>, Ouafa El Idrissi<sup>3</sup>, Laurence Lefebvre<sup>1</sup>, Pierre Lejeune<sup>2</sup>, Vanina Pasqualini<sup>3,4</sup>, Jonathan Richir<sup>1,5</sup>, Sonia Ternengo<sup>3,4</sup>, Michel Marengo<sup>1,2,3,4</sup>

1 Université de Liège, MARE, Focus, Océanologie Biologique, B6c, 4000 Liège, Belgique  
(sylvie.gobert@uliege.be)

2 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

3 Université de Corse Pasquale Paoli, UMR 6134 CNRS-UCPP Sciences pour l'Environnement, 20250 Corte France

4 Université de Corse Pasquale Paoli, UMS 3514 CNRS-UCPP Plateforme marine Stella Mare, 20620 Biguglia France

5 Université de Liège, MARE, Focus, Océanographie Chimique, B5a, 4000 Liège, Belgique

---

1. Dans le cadre du programme STARECAPMED, des mesures sur une vingtaine d'éléments traces ont été réalisées soit 10 années de monitoring intense. Les éléments traces considérés peuvent être essentiels (e.g. Cu, Zn, Fe, Se, Co, Ni, Mo) ou non (e.g. Ag, Cd, Sn, Bi, Pb, V, Hg). Les prélèvements concernent notamment la Baie de Calvi, mais également des secteurs en Corse peu ou moyennement impactés par les activités humaines et d'autres secteurs sur le littoral français continental et en Méditerranée. Plusieurs compartiments sont pris en compte : l'eau, les matières en suspension, le sédiment et de nombreux biotes comme les posidonies, les moules, les oursins, les poissons, considérés à différentes saisons et profondeurs. Sur la base des milliers de données analysées, les résultats obtenus sur ces espèces, à différentes échelles spatiales, temporelles, bathymétriques ont permis :

- \*de définir la Baie de Calvi comme zone de référence en Méditerranée nord-occidentale ;
- \*de comparer les différents biotes et leurs propriétés pour une interprétation performante des résultats pour chaque contaminant considéré;
- \*d'estimer les stocks et flux de ces éléments traces ;
- \*de démontrer les relations entre la contamination et l'activité humaine ;
- \*de définir des indices de pollution : TEPI (Trace Element Pollution Index) et TESVI (Trace Element Spatial Variation Index) ;
- \*de montrer que la Corse est largement préservée, par rapport au littoral français et à la Méditerranée nord-occidentale, de la contamination par les éléments traces.

2. Récemment, nous avons intégré

- \* la problématique du Hg. Cet élément connu pour s'accumuler le long des chaînes trophiques est largement étudié depuis des dizaines d'années et sa problématique était considérée comme connue. Mais des publications récentes montrent que, contrairement aux attentes d'une mesure de la diminution de ses concentrations dans les milieux marins due aux interdictions de son utilisation (comme ce qui est observé pour le plomb), le Hg continue d'augmenter même dans des zones reculées comme l'Antarctique;
- \*la comparaison des teneurs en éléments traces entre des espèces pêchées et/ou issues de l'aquaculture (oursin, bar, dorade) ;
- \*la mesure des teneurs en éléments traces dans des espèces emblématiques (mérrou, denti, espadon).

Par des démonstrations et propositions, cette communication dresse un rapide bilan de nos recherches et l'implication de leurs résultats dans la gestion des milieux marins méditerranéens. Elle donne également les perspectives de nos nouvelles approches.

## Inter-annual variations over a decade of primary production of the seagrass

### *Posidonia oceanica*

Champenois Willy<sup>1</sup> and Alberto V. Borges<sup>1</sup>

Présenté par Jonathan Richir

<sup>1</sup> Chemical Oceanography Unit, University of Liège, Liège, Belgium

---

We acquired quasi-continuous measurements of community gross primary production (GPP) by mass balance of O<sub>2</sub> measured on a mooring, from August 2006 to October 2016 over a *Posidonia oceanica* meadow (10 m depth) in the Bay of Revellata (Corsica). Over the 2006-2016 period, annual GPP averaged 88 molO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup> and ranged from 61 to 108 molO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>. Two years (2007 and 2013) were characterized by the lowest annual GPP, due to accumulation of leaf litter in fall and early winter due to the low occurrence of storms (absence of litter export), leading to occultation of benthic macro-algae. Among the other years, the inter-annual variability of GPP was related to changes during the February-August period, as GPP was repeatable among years during the September-January period. For the February-August period, inter-annual variations of GPP were related to Chlorophyll-a (Chl-*a*), solar radiation and water temperature. Phytoplankton GPP corresponded to a small fraction of community GPP, so the relation between GPP and Chl-*a* probably reflected inter-annual variations of nutrient inputs that favored both phytoplanktonic and benthic GPP. The correlation of GPP with solar radiation show that light availability contributes to inter-annual variations of the development of *P. oceanica*, in line with previous studies that showed the control of light availability on primary production seasonal and depth variations. The positive relation between GPP and temperature was consistent with the fact that the observed temperatures in the Bay of Revellata were within the comfort range for the growth of *P. oceanica*.

# Influences naturelles et anthropiques sur la structure paysagère des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la baie de Calvi: bilan et perspectives.

Arnaud Abadie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Seaviews – 8 avenue des Belugues – 13600 La Ciotat, France

---

La structure des herbiers à *Posidonia oceanica* en baie de Calvi est influencée par des facteurs naturels (courants, houle, nature du substrat, arrivée d'eau douce) et anthropiques (ancrage, fermes aquacoles, émissaire). L'évolution de la structure paysagère des herbiers modifie les services économiques et écosystémiques fournis par cet habitat primordial (distribution des espèces, protection du littoral contre l'érosion, séquestration du carbone dans la matre). Les travaux menés sur la structure paysagère des herbiers entre 2012 et 2016 ont fourni d'importantes informations sur sa dynamique d'évolution :

- évolution au cours du temps de la surface couverte par cartographie
- définition structurale des paysages sous-marins à *Posidonia oceanica*
- dynamique des intermattes naturelles avec une analyse multidisciplinaire
- caractérisation de l'impact de l'ancrage sur les herbiers

La poursuite de l'étude de la structure des herbiers à *Posidonia oceanica* à grande échelle dans la baie de Calvi passe par la mise au point de nouvelles techniques de détection et de cartographie des herbiers (méthode acoustique, photogrammétrie géoréférencée) et par la réalisation d'une nouvelle carte des biocénoses marine. Cette nouvelle cartographie permettra de mettre en relation les herbiers à *Posidonia oceanica* avec les autres compartiments du modèle fonctionnel de la baie (plancton, benthos de substrat meuble, algues, ichtyofaune) et les influences naturelles et anthropiques.

## Etude de la photosynthèse de *Posidonia oceanica* par fluorimétrie modulée

Richir Jonathan<sup>1,\*</sup>, Abadie Arnaud<sup>2</sup>, Borges Alberto<sup>1</sup>, Champenois Willy<sup>1</sup>, Lepoint Gilles<sup>3</sup>, Santos Rui<sup>4</sup>, Silva João<sup>4</sup>, Walz Steffen<sup>5</sup>, Lejeune Pierre<sup>6</sup>, Engels Guyliann<sup>7</sup> & Gobert Sylvie<sup>3,6</sup>

1 Unité d'Océanographie Chimique, Université de Liège, Institut de Physique (B5a), B-4000 Liège, Belgique

2 Seaviews, 8 avenue des Belugues, La Ciotat, France

3 Université de Liège, MARE, Focus, Océanologie Biologique, B6c, 4000 Liège, Belgique

4 Center of Marine Sciences of Algavare (CCMar), University of Algarve, Faro, Portugal

5 Heinz Walz GmbH, 91090 Effeltrich, Germany

6 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

7 Ecologie Numérique des Milieux Aquatiques, Institut Complexys, Université de Mons, Pentagone 3D08, 7000 Mons, Belgique

\* contact : jonathan.richir@uliege.be

---

De nombreuses méthodes de mesure de productivité et de croissance sont appliquées aux magnoliophytes marines: évolution de l'O<sub>2</sub> ou du CO<sub>2</sub> (cloches d'incubation, optodes), biomasse, élongation des faisceaux, dosage des contenus élémentaires ... Une autre méthode possible repose sur la mesure par fluorimétrie avec modulation d'impulsions en amplitude (PAM, Pulse Amplitude Modulated fluorometry). Cette technique permet de déterminer le rendement de la photosynthèse (Yield) à partir des mesures de fluorescence émise par la chlorophylle a avant et après application d'un flash de lumière saturante. Ce rendement, déterminé le long d'un gradient d'irradiance, permet de tracer une courbe de lumière (RLC, Rapid Light Curve) similaire aux courbes photosynthèse-irradiance.

Depuis le printemps 2015, de nombreuses mesures de l'activité photosynthétique de *Posidonia oceanica* sont réalisées à STARESO à l'aide de fluorimètres diving-PAM, à des fins multiples. Les résultats de ces travaux montrent que : (i) l'absorbance de la lumière par les feuilles de *P. oceanica* est inférieure à la valeur moyenne des plantes terrestres, (ii) le rendement de la photosynthèse reste constant, n'étant influencé ni par la saison, ni par la profondeur et seules les fortes intensités lumineuses à faible profondeur provoquent sa diminution (photoinhibition), (iii) les RLCs mettent en évidence la grande plasticité photochimique de la plante aux conditions environnementales, (iv) le taux de transfert maximal des électrons modélisé à partir de ces RLCs semble être un bon indicateur de l'élongation moyenne des faisceaux de feuilles, et donc de la croissance des pousses, et (v) la photosynthèse comme biomarqueur répond à des expositions à court terme au Cu à des niveaux environnementalement pertinents. L'activité photosynthétique de *P. oceanica*, qui sera également suivie lors d'une expérience d'ombrage menée in situ, est étudiée en parallèle au développement d'un nouveau biomarqueur de stress générique, le rapport des concentrations de molécules organosoufrées dans la plante (diméthylsulfoniopropionate, DMSP et diméthylsulfoxyde, DMSO). Que la question scientifique soit écophysiological, environnementale, écotoxicologique, la fluorimétrie PAM est une approche technique à considérer.



**Session 3 :**  
**Différents acteurs**



# Interactions entre les compartiments climatiques, physico-chimiques et biologiques de la baie de Calvi dans un contexte de changement global et de pressions anthropiques locales

Quentin Fontaine<sup>1</sup>, Corinne Pelaprat<sup>1</sup>, Michèle Leduc<sup>1</sup>, Pierre Lejeune<sup>1</sup>

1 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

---

Le projet STARECAPMED, à travers ses 10 grands axes de recherches, nécessite la collecte, sur terre et en mer, de nombreux paramètres et informations. Pour cela, des campagnes en mer et des plongées sont réalisées au niveau de sites stratégiques à différentes fréquences depuis le début du projet en 2012. Le fait de disposer de longues séries de données est nécessaire et utile à l'analyse de l'évolution de chacun de ces paramètres. Néanmoins, il est non moins important d'étudier les interactions entre tous ceux-ci afin de comprendre l'évolution des écosystèmes dans leur intégralité.

De manière générale, les facteurs atmosphériques et météorologiques (**paramètres climatiques**) associés à la convection océanique hivernale, influencent la température de l'eau de la baie et la profondeur de la thermocline (**paramètres physico-chimiques**), contrôlent et régissent la distribution des nutriments dans la colonne d'eau, et facilitent ou limitent indirectement les développements phytoplanctoniques et zooplanctoniques (**paramètres biologiques**) dans la couche euphotique. La **morphologie** de la baie largement ouverte vers le Nord, l'**hydrodynamisme** local marqué par la présence des deux gyres contraires, et sa **bathymétrie** relativement importante du fait de l'absence de plateau continental, influencent, eux aussi, le renouvellement perpétuel des eaux et les concentrations en éléments nutritifs, organiques ou polluants, notamment liés aux **apports humains** excédentaires. Une éventuelle évolution d'un quelconque paramètre (augmentation de la température de l'eau, diminution de la biomasse ou changement de composition des peuplements planctoniques...) pourrait avoir des répercussions sur l'ensemble du réseau trophique (recrutement des juvéniles de langoustes, abondance et diversité ichtyologique...).

L'ensemble de ces compartiments naturels sont étroitement liés et interagissent. Il apparaît donc évident et important de mettre en relation l'ensemble de ces données, traitements, analyses et interprétations afin :

- de comprendre le plus précisément possible les processus régissant le fonctionnement des écosystèmes de la baie,
- d'élargir ces connaissances établies sur un site atelier de référence à l'ensemble de la Méditerranée occidentale,
- d'anticiper l'évolution de ces paramètres dans un contexte de changement global et d'anthropisation croissante,
- fournir les outils et les moyens permettant de connaître et de fournir de l'information aux acteurs en charge de la préservation des écosystèmes marins et à ceux potentiellement impactant.

## Etude des communautés de macroalgues en baie de Calvi

Damien Sirjacobs<sup>1\*</sup>, Corinne Pelapat<sup>2</sup>, Michèle Leduc<sup>2</sup>, Antonio Aguera Garcia<sup>3</sup>, Alexandre Volpon<sup>2</sup>, Aurélia Chery<sup>2</sup>, Bruno Danis<sup>3</sup>, Sylvie Gobert<sup>4</sup>, Pierre Lejeune<sup>2</sup>

1 Laboratories of Eukaryotic Phylogenomics and of System Biology, Université de Liège, Belgique.

\*d.sirjacobs@uliege.be

2 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

3 Laboratoire de Biologie Marine, Université Libre de Bruxelles, 50 Avenue F.D. Roosevelt, Brussels B-1050, Belgique

4 Laboratory of Oceanology, Université de Liège, Belgique.

---

Les macroalgues ont un rôle important et multiple dans l'écosystème côtier (habitat, contribution à la production primaire et à l'épuration des masses d'eau côtières). Vivant fixées à la roche de la surface jusqu'à des profondeurs dépassant les 80 m, ces algues intègrent les variations de conditions environnementales subies au cours du temps et en témoignent sous forme de leur composition spécifique et état de développement. Elles fournissent des informations en tant qu'espèce (indice ICAR), en tant que communautés à part entière (taux de couverture, structure de population, indice CARLIT) ou comme éléments constitutifs des communautés globales (i.e. LIMA indice paysager et richesse patrimoniale du benthos méditerranéen). STARESO et L'Université de Liège contribuent à leur étude depuis de nombreuses années. Particulièrement, durant les périodes 1978-1979 et 1991-1992, une surveillance a été initiée le long de 24 transects verticaux (0-15 m) en Baie de Calvi (Corse). Ceci constitue une des bases historiques enrichissant l'étude de ce site de référence côtier en Méditerranée occidentale.

Durant la période 2013-2016, de nouvelles observations des compositions spécifiques et taux de couverture de macroalgues ont été effectuées : le long de transects verticaux réalisés en plongée dans les sites historiques et sites additionnels (0-40 m. max); le long de transects horizontaux de subsurface (0-3 m.) afin d'évaluer un indice de type CARLIT reflétant la qualité des masses d'eau à travers la quantification d'un statut climacique relatif des communautés; le long de transects d'imagerie verticaux et horizontaux enregistrés (0-80 m.) par un robot sous-marin (ROV) léger afin d'évaluer le potentiel de ce type d'approche en support de campagnes de surveillance des communautés benthiques. Des efforts de surveillance de la diversité phycologique ont également été développés.

Les prairies de *Cystoseira brachycarpa* constituent un habitat riche en biodiversité, productif et indicateur de grande qualité environnementale en Méditerranée. Après une période de régression dans certains sites de la baie dans les années 80-90, leur réapparition y confirme une amélioration des conditions environnementales locales. Dans la zone au sud de STARESO, cette algue était mentionnée comme présente entre 0.5 et 10 m en 1979-80, puis absente en 1993. Les relevés y démontrent son retour entre 1 et 9 m dès 2014 (taux de couverture parfois > 70%, 240 individus/m<sup>2</sup>; 5 kg/m<sup>2</sup> de biomasse fraîche). Elle n'a cependant pas encore récupéré toute sa gamme de distribution dans la baie, notamment dans la bande de surface (entre 0.5 et 3.5 m).

Depuis le port de Calvi jusqu'à la Revellatta, l'indice CARLIT traditionnel adapté aux données historiques montre qu'un déclassement de la masse d'eau a eu lieu entre 1979 et 1991, avec un statut écologique moyen passant de « très bon » (0.75) à « bon » (0.65). Entre 1991 et 2014, le statut écologique moyen témoigne d'une amélioration de la qualité générale de la masse d'eau avec un indice atteignant la catégorie « très bon » (0.81). A l'exception d'une dégradation ponctuelle dans le port de Calvi, l'amélioration générale est en partie consécutive à l'effort dans le traitement des eaux usées qui a permis à *Cystoseira amnentacea* var. *stricta* de recoloniser le linéaire rocheux. L'indice CARLIT déduit de 18 relevés haute résolution au sud de STARESO montre une valeur globale de 0.78, soit globalement « très bon ». Certains de ces relevés aboutissent à des valeurs d'index supérieures à 1, indiquant que la manière de considérer les premiers mètres de l'infralittoral pourrait être clarifiée, ou que les indices de qualité écologique de référence Méditerranéens pourraient être revus à la hausse par l'intégration de certaines associations observées en Baie de Calvi.

La comparaison des données acquises en plongée lors de l'évaluation de l'indice LIMA avec celles dérivées des profils photos et vidéo ROV démontre une forte sous-estimation de l'indice biologique principalement pour les espèces remarquables; une bonne visualisation des algues filamenteuses et de la caulerpe (*C. cylindracea*) sur les images ROV; un indice topographique similaire à condition qu'un suivi de la radiale soit systématiquement filmée en plan frontal suffisamment large. Une amélioration du positionnement, de la navigation et de l'éclairage du ROV pourrait améliorer la cohérence des approches. Concernant le support à la surveillance des profils historiques de distribution de macroalgues, un listing des espèces identifiables sur les images ROV a été établi. L'interface graphique du logiciel d'annotation Cover a été adaptée pour faciliter le relevé des populations à partir des transects d'images. En matière de caractérisation supplémentaire des communautés benthiques en d'autres sites, plusieurs long transects (100 à 700 m) ont été réalisés, soit dans des sites riches en macroalgues mais non historiquement surveillés, soit dans des sites dont l'habitat a priori considéré comme "sédiments" ou "autres". L'utilisation du ROV a permis d'y mettre en évidence la présence de larges étendues de prairies d'algues (principalement *Caulerpa cylindraceae* et *Osmundaria volubilis*, 25-40 m). D'autres transects ont illustré la présence d'algues vertes du genre *Codium* (de type adhérent) par 75 m. de fond au sein des communautés d'algues rouges de plateaux coralligènes, au nord de la Pointe Revellatta.

L'information acquise par l'imagerie (ROV ou autre) pourrait constituer, en complément aux données collectées en plongée, un apport majeur à l'amélioration des cartes d'habitats, à la modélisation et compréhension de la dynamique de développement et évolution d'organismes benthiques dont certaines phases, très transitoires et variables spatialement, nécessitent une couverture étendue et synoptique. Particulièrement, les développements de protocoles de surveillance et d'analyse d'images pourraient être utiles pour le suivi à long terme de la colonisation d'algues envahissantes. Les données de distribution des macroalgues en baie de Calvi sont en cours de compilation sous un format adapté pour le logiciel R. Un outil statistique y est développé pour faciliter la visualisation ou traitement des profils de distribution globaux ou locaux, et leur interprétation en regard des conditions environnementales et pressions anthropiques. Il servira également de base pour répondre plus facilement aux questions à venir concernant la localisation, l'évolution et les profils

d'abondances des nombreuses algues recensées. L'étude des macroalgues permet de confirmer la richesse générale de la baie de Calvi, d'identifier des espèces encore non répertoriées, mais aussi d'y surveiller les évolutions témoignant d'impacts naturels ou anthropiques. Notamment, à proximité de la pointe Saint-François, la présence massive d'algues filamenteuses (jusqu'à 95%) peut induire localement un étouffement des communautés natives et une dégradation du paysage sous-marin, ce qui souligne les efforts à soutenir dans le domaine des émissions d'eaux usées avoisinantes, sources ponctuelles mais aussi diffuses.

## **Evolution et variations à long terme du mésozooplancton de la Baie de Calvi**

Lovina Fullgrabe<sup>1</sup>, Philippe Grosjean<sup>2</sup>, Jonathan Richir<sup>3</sup>

1 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

2 Unité Ecologie numérique des milieux aquatiques, Université de Mons, Pentagone 3D08, 6, Avenue du Champ de Mars, 7000 Mons

3 Laboratoire d'Océanologie, Université de Liège B6C, 4000 Liège

---

Une série temporelle de 13 ans (2004-2016) du mésozooplancton de la baie de Calvi a été générée en adoptant une approche d'apprentissage supervisée (machine learning). A partir de méthodes d'analyse d'image et de classification (semi-) automatique, l'abondance mais également le spectre de taille de 14 groupes taxonomiques différents ont pu être déterminés avec un taux de réussite de classification de plus de 90%. L'abondance respective de chacun des groupes est caractérisée par une variation annuelle et/ou interannuelle et différentes corrélations avec des paramètres environnementaux sont soulignées. La caractérisation d'une variation annuelle moyenne par la succession d'ensemble de groupes a permis de décrire une variation interannuelle à l'échelle de communautés. Concernant la variation interannuelle des blooms printaniers, il est mis en évidence que bien que l'intensité du bloom soit corrélée à la température de l'eau, son présence/absence dépend de la concentration en nitrate. Aussi, les périodes et laps de temps caractérisant ces corrélations entre paramètres environnementaux et bloom ont été déterminés. De manière générale, le potentiel contenu dans ces données abondance mais aussi spectre de taille et la biomasse est suggéré.

## Substrat dur et ichtyologie

Laura Iborra<sup>1</sup>, Corinne Pelaprat<sup>1</sup>, Michèle Leduc<sup>1</sup>, Michela Patrissi<sup>1</sup>, Michel Marengo<sup>1</sup>, Pierre Lejeune<sup>1</sup>

1 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

---

### 1. Evolution de l'effet réserve du cantonnement de pêche de Calvi

Une première étude de l'effet réserve a été menée entre 1994 – 1999 (Pelaprat, 2000). Des comptages visuels de téléostéens ont été effectués le long de transects fixes. L'évolution de l'effet réserve a été ensuite étudiée durant la période 2012 -2015 en comparant les données précédemment obtenues lors de la première étude. Les espèces prises en compte lors des comptages par transects sont principalement des espèces dites 'cibles', c'est-à-dire qui sont préférentiellement pêchées par les professionnels de la pêche ou bien qui présentent un statut patrimonial ou remarquable. A partir de ces comptages, les densités et les biomasses de chaque espèce ont été déterminées.

### 2. Suivi ichtyologique de la baie de Calvi

Le but ici est de suivre l'évolution de l'état des peuplements ichtyologiques dans les écosystèmes de substrats durs, sur des sites exposés ou non à l'activité humaine. L'indice FAST (Seytre et Francour, 2008) est donc utilisé ici comme méthode de suivi des peuplements ichtyologiques. Cette méthodologie présente l'avantage d'être facile d'application dans sa mise en pratique par les plongeurs et de prendre en compte les principales espèces de prédateurs de haut niveau trophique. Cette méthode est basée sur la présence/absence de plusieurs espèces de poissons qui présentent un intérêt d'un point de vue de la pêche professionnelle ou de loisir.

Trois stations sont échantillonnées dans le cadre du suivi : la pointe de la Revellata, la pointe Spano et la Pointe Saint-François. Ces trois sites subissent une pression anthropique importante, surtout en été, avec la pratique de la plongée sous-marine ou de la pêche récréative ou professionnelle (Pointe de la Revellata et Saint François notamment). La station Spano est en revanche moins fréquentée par les plongeurs.

Sur l'ensemble de la baie, l'indice FAST a montré des différences entre les peuplements des trois stations échantillonnées, ce qui s'explique par une dynamique paysagère et des caractéristiques propres à chaque site. L'évolution au cours du temps des classes écologiques des indices FAST permettra un suivi en routine de l'évolution temporelle des peuplements ichtyologiques, faisant apparaître les variations les plus flagrantes.

### 3. Données pêche (Michel Marengo)

Présentation de l'effort de pêche professionnelle et des CPUE de 2004 à 2014 sur le Denti et le homard, dans la baie de Calvi.

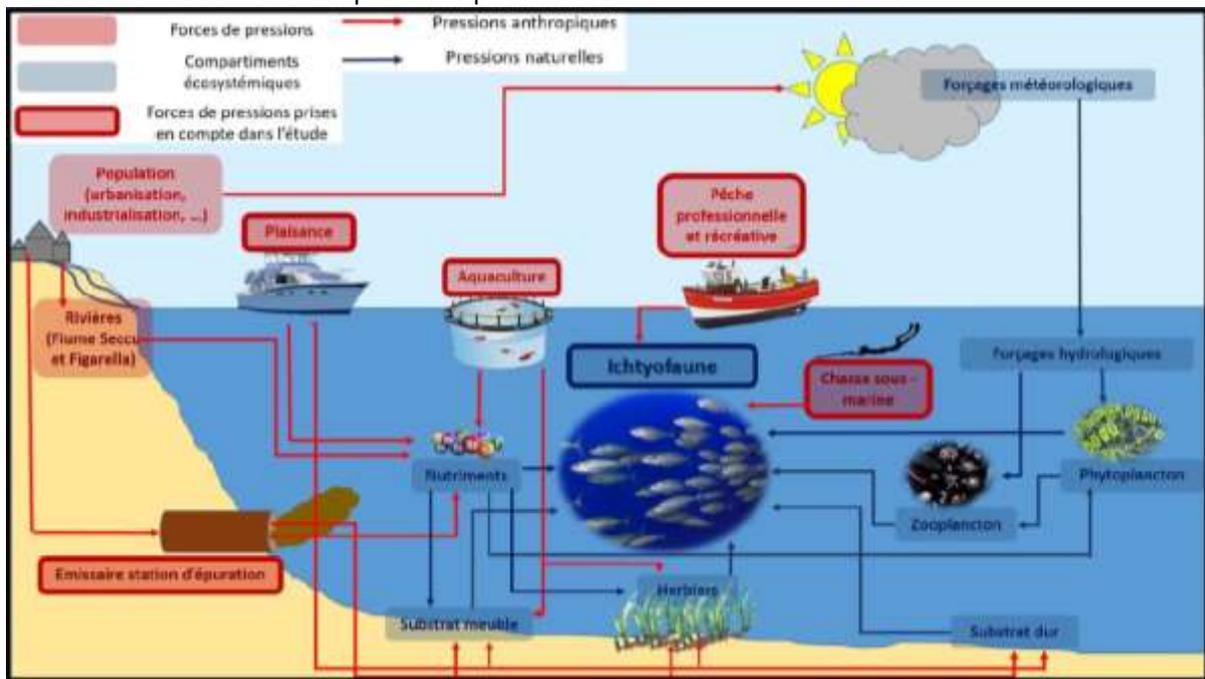
La base de données de pêche, professionnelle et récréative, sera complétée lors du travail de doctorat qui devrait être initié cette année.

### 4. Perspectives : sujet de thèse

L'objectif principal de cette thèse est de quantifier et de hiérarchiser les pressions directes et indirectes sur les communautés ichtyologiques dans le but de décrire le lien état/pression. Cela

conduira à la production d'un indicateur multi-métrique basé sur la composante ichthyologique (indicateur poisson), visant à suivre et évaluer l'état écologique des peuplements.

Présentation des différentes pressions prises en considération dans l'étude :



La stratégie d'échantillonnage est basée sur la comparaison de données obtenues durant des périodes où l'impact anthropique est faible (d'Octobre à Avril) avec celles obtenues durant des périodes de pressions intenses (de Mai à Septembre). La comparaison des recensements de poissons issus du site STARESO, peu impacté, avec ceux provenant des sites où l'impact anthropique est supposé, permettra ainsi de visualiser comment et par quelles pressions sont impactés les peuplements ichthyologiques de la baie.

L'association des pêcheurs de Balagne a la volonté de travailler avec les scientifiques de la STARESO afin de pratiquer une pêche raisonnée. Cette démarche émanant des pêcheurs, est suffisamment rare pour être soulignée. Cette initiative s'inscrit dans une démarche de prise de conscience et de volonté d'être acteurs d'une meilleure politique de concertation et de gestion des stocks. Les pêcheurs professionnels sont eux aussi ouverts à la collaboration grâce à la relation de confiance établie depuis plusieurs années avec les scientifiques de la STARESO.

C'est dans ce contexte local, riche en partenariats et possibilités que s'inscrit la volonté de penser, gérer autrement les stocks halieutiques afin que l'économie locale et les services écosystémiques puissent s'épanouir de manière conjointe.

## **Evaluation des ressources naturelles halieutiques par acoustique Site STARECAPMED**

Claire Noël<sup>1</sup> - Pierre Boissery<sup>2</sup> - Marc Bouchoucha<sup>3</sup>

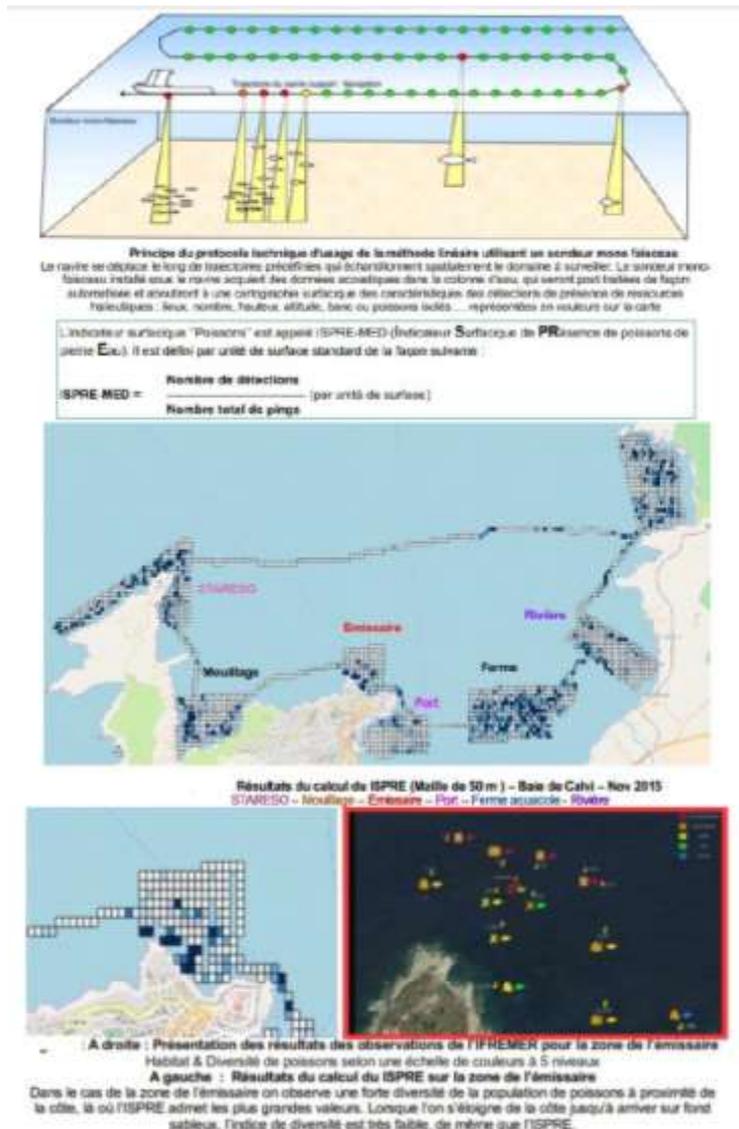
1SEMANTIC TS. 1142 Chemin de St Roch, 83110 SANARY s/Mer. France. Email : noel@semantic-ts.fr

2Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, 13001 MARSEILLE

3Laboratoire Environnement Ressources Provence-Azur-Corse IFREMER - 83500 LA SEYNE

---

SEMANTIC TS a réalisé, avec le concours financier de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse RMC, une étude de faisabilité relative à la définition d'un réseau de Suivi des Ressources Naturelles Halieutiques par Acoustique Réseau SIRENHA) basé sur l'usage du SACLAF innovant que SEMANTIC TS a mis au point. Le schéma suivant en expose le principe. Un indicateur surfacique "poissons" a été défini, et appliqué aux mesures réalisées dans la Baie de Calvi, pour laquelle l'IFREMER disposait d'observations sous-marines.



## Suivi du macrobenthos de substrats meubles en baie de Calvi dans le cadre du programme STARECAPMED

Annick Donnay<sup>1</sup> – Corinne Pelapat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

Le macrobenthos de substrats meubles regroupe l'ensemble des animaux d'une taille supérieure à 1 mm vivants dans les substrats meubles. Ce sont des indicateurs de qualité du milieu.

Dans le cadre de cette étude, un nouvel indice de qualité des peuplements macrobenthiques, spécifique aux eaux oligotrophes de Corse a été créé à partir du jeu de données de Stareso (Donnay, 2016). Cet indice donne pour les 8 types d'habitats identifiés sur le pourtour insulaire (granulométrie, profondeur), des valeurs de références fixes pour les différents paramètres intervenant dans le calcul de l'indice. La valeur de l'indice obtenue par comparaison à ces valeurs de référence, est ensuite, comme pour la DCE, classée en 5 classes de qualité grâce à une échelle adaptée.

Cet indice a été réalisé, non seulement au niveau de l'espèce, mais également au niveau du genre et de la famille (BEMSI : BEnthic Methodology Simplification). Son application aux niveaux taxonomiques supérieurs dans le cadre des suivis à long terme, comme STARECAPMED, permettra un gain de temps dans l'analyse des données futures.

Dans le cadre du programme STARECAPMED un suivi des peuplements macrobenthiques des substrats meubles a été lancé depuis 2011 en baie de Calvi, afin d'évaluer :

- le lien Etat/Pression
- et l'influence des changements climatiques sur les peuplements.

Le suivi mis en place porte sur 12 stations situées à distances variables de sources anthropiques potentielles et 2 stations de référence situées à 20 m et 40 m de profondeur. En 2011, ces 14 stations ont été échantillonnées en avant saison pour constituer l'état zéro de ce suivi, tandis qu'en 2012 l'échantillonnage a été réalisé après saison, afin d'observer l'influence anthropique maximale.

L'analyse de ces deux premières années en fonction du type d'habitat de chaque station (granulométrie, profondeur) a permis de :

- mettre en évidence l'absence d'influence marquée de la majorité des sources anthropiques sur les peuplements macrobenthiques de substrats meubles, avec des statuts écologiques excellents à bons,
- montrer que seuls les peuplements situés au niveau des zones de mouillage montraient une dégradation entre l'avant et l'après saison,
- de calculer une première estimation de la production secondaire du macrobenthos sur l'ensemble de la baie. Basée sur les données d'abondance et de biomasse des peuplements pour les types d'habitats identifiés en baie de Calvi et la cartographie sédimentaire du LIMA2, la production secondaire a pu être estimée selon la formule de Brey (1994, 2001) à 12,07 T de C (5,51x10<sup>8</sup> KJ) pour une surface totale considérée de 8.37 km<sup>2</sup> (hors zones d'herbier et zones sableuses situées à proximité immédiate des zones rocheuses).

En 2013 et 2014, les 14 stations ont été échantillonnées en avant et après saison, mais les échantillons sont encore en cours de traitement. L'application du BEMSI devrait permettre d'accélérer l'analyse de ces données et de confirmer et/ou infirmer ces premières observations.

Le suivi sur le long terme de ces peuplements devrait également permettre d'observer d'éventuels changements liés aux changements climatiques.

Un des changements important dans la baie de Calvi ces dernières années, est la colonisation par l'algue envahissante *Caulerpa cylindracea* (Sonder, 1845). Aussi, parallèlement à l'échantillonnage précédent, des prélèvements ont été réalisés en mars puis octobre 2013, en zone colonisée ainsi que sur un habitat similaire, encore intacte.

L'analyse de ces données a montré (Frèjefond, 2013, Humbert 2016) :

- un changement de composition du peuplement (augmentation de la diversité, de la richesse spécifique et de l'abondance) avec l'apparition d'espèces inféodées à la présence de végétaux (syllidae) et d'algues calcaires (augmentation de la complexité de l'habitat)

- que ce changement s'accroît avec la densité de caulerpe,
- une absence de changement de statut écologique des peuplements,
- que pour effectuer des contrôles très réguliers de l'influence de la caulerpe sur les peuplements de substrats meubles sur le long terme, l'application du BEMSI au niveau du genre pouvait être suffisante,
- que l'estimation de production secondaire faite sur les données de 2011/2012 étaient largement sous-estimées, dans la mesure où elles ne tenaient pas compte du recouvrement de la caulerpe et des augmentations de biomasses qui y sont liées.

Dans les années à venir, une estimation plus précise de la production secondaire du benthos de substrats meubles de la baie de Calvi passera par :

- la prise en compte des changements de peuplements induits par la présence de la caulerpe,
- le développement en parallèle d'un indice surfacique de recouvrement de cette algue sur les substrats meubles de la baie.

En outre, une comparaison entre le statut écologique déterminé à l'aide du macrobenthos de substrats meubles et celui déterminé à partir des foraminifères a également été réalisée en collaboration avec le BIAF de l'Université d'Angers, le long d'un gradient partant de l'embouchure de l'émissaire de Calvi. Seuls les premiers échantillons ont été analysés. L'analyse des foraminifères met en avant sur l'ensemble des stations, et contrairement aux analyses de benthos, une dégradation de la qualité des peuplements entre 2013 et 2014 (Mercier, 2014 ; Gerin, 2015). Toutefois ces observations devront être confirmées après un traitement complet des échantillons. En effet pour 2014 seuls, un échantillon sur 3 a pu être analysé.

Malgré le retard pris dans l'analyse du macrobenthos, les résultats actuels montrent l'intérêt et les apports potentiels de ce genre de suivi dans la compréhension du fonctionnement de l'écosystème de la baie.

Brey T. (2001). Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual handbook. <http://thomas-brey.de/science/virtualhandbook>

Brey T. (1999). A collection of empirical relations for use in ecological modelling. NAGA The ICLARM Quarterly 22(3): 24-28.

Donnay Annick (2016). Le macrobenthos de substrats meubles en zones infralittorales corses. Indice et méthodologie adaptée pour un diagnostic écologique facilité. Thèse de doctorat, Université de Liège

Fréjefond Charlène (2013). Première approche de l'impact de la chlorobionte invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* sur les peuplements macrobenthiques des substrats meubles. Master GILE2, Université de Corse

Gerin Laurianne (2015). Comparaison d'indices biologiques basés sur les foraminifères et la macrofaune benthique. Etude de cas de l'impact de la station d'épuration de Calvi. Master Océanographie et Environnement marin, Université Pierre et Marie Curie Paris, 76pp.

Humbert Suzie (2016). Application d'une méthodologie simplifiée de caractérisation des communautés benthiques des substrats meubles : cas de l'influence de *Caulerpa cylindracea* Sonder, 1845 en baie de Calvi (Corse) – Stage de M2 Océanographie Côtière à finalité de recherche. Université de Bordeaux, 50p.

Mercier Leslie (2014). Analyse des faunes à foraminifères benthiques et interprétation en thème de qualité des milieux marins le long d'un gradient de pollution au large de la Corse (Baie de Calvi). Master 2 Bioproduits et bioproduction des écosystèmes marins, Université de Nantes.



**Session 3 :**  
**Approche globale**



**Écoutons l'herbier de Posidonie de la baie de la Revelatta  
Écologie acoustique appliquée à l'herbier de *Posidonia oceanica* &  
STARECAPMED**

Cédric Gervaise<sup>1</sup> - Lucia Di Iorio<sup>1</sup> - Julie Lossent<sup>1</sup> – Michèle Leduc<sup>2</sup> - Pierre Boissery<sup>3</sup>

1Institut de Recherche CHORUS, Grenoble

2 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

3Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, 13001 MARSEILLE

---

Grâce au progrès des enregistreurs acoustiques autonomes, les sons sous-marins émis au sein et/ou à proximité de l'herbier de la Revelatta révèlent une richesse insoupçonnée, ils intègrent :

- la biophonie : les sons d'origine biologique émis par les invertébrés benthiques (~30 sons par seconde, la nuit), les poissons (~ 10 000 sons les deux heures suivant le crépuscule) et les mammifères marins,
- la géophonie : les sons créés par les causes météorologiques, bruit des vagues créés par le vent, bruit des précipitations,

- l'anthropophonie : les sons d'origine humaine, principalement les embarcations motorisées (plus de 180 passages de bateaux audibles en 12 heures pour les pics estivaux).

Biophonie, géophonie et anthropophonie s'additionnent pour former un paysage acoustique qui témoigne indirectement par les sons du fonctionnement global de l'écosystème de l'herbier de *Posidonia oceanica*.

Dans la présentation :

- nous ferons le bilan de 3 années de mesures acoustiques réalisées sur l'herbier de *Posidonia oceanica* de la baie de la Revelatta dans le cadre d'un partenariat entre le réseau CALME et le programme STARECAPMED,
- nous décrirons ce que nous disent les analyses de ces mesures sur les invertébrés benthiques, les poissons, les mammifères marins et les usages,
- nous identifierons les besoins de vérité terrain non acoustique pour permettre une interprétation avancée des analyses acoustiques,
- nous montrerons comment ces mesures nous permettent de construire une référence acoustique d'un herbier en bon état et comment cette référence est utilisée pour évaluer l'état éco-acoustique des herbiers de la sous-région marine 'Méditerranée Occidentale'.

## **Abondance et diversité acoustique des populations de poissons**

Marta Bolgan<sup>1</sup>, Lucia Di Iorio<sup>2</sup>, Pierre Lejeune<sup>3</sup> and Eric Parmentier<sup>1</sup>

1 MORFONCT Laboratoire de Morphologie Fonctionnelle et Evolutive, Institut de Chimie—B6C, Université de Liège, Liège, Belgium.

2 CHORUS Institute, INP Phelma Minatec, 3 Parvis Louis Néel 38016, Grenoble, France

3 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

---

Passive acoustic monitoring (PAM) involves the use of hydrophones to record all the components of underwater soundscapes, including fish calls. This completely non-invasive monitoring technique has proven to be a powerful tool for both conservation and fishery science. Worldwide, several studies have used PAM to investigate different aspects of vocal fish populations, such as presence, distribution, relative abundance, diel, lunar and seasonal cycle of activity as well as for delimitating spawning areas and for studying wild fish spawning behaviour. Despite this, most studies to date have considered fish species in isolation, and there is a general paucity of data addressing acoustic communication of fishes living in natural communities. In particular, little is known about how

different fish species share the same acoustic space and how con-specific fish are able to communicate without misinterpreting the message. In the last few years, MORFONCT has realized several studies on fish acoustic communication in different shallow epipelagic environments of the Calvi Bay, where sounds of different fish species (Gobiidae, Carapidae, Serranidae, Sciaenidae, Ophidiidae) have been recorded and described. Furthermore, for some of those species, the vocal activity pattern has been here characterized over a year-long trend. However, no study to date has investigated the depth variation of calls composition and of acoustic space partition of the vocal fish community. Here we present a preliminary characterization of fish vocal communities over a depth and environmental gradient in the Calvi Bay. In particular, we present a preliminary comparison of the abundance and diversity of fish sounds recorded during summer months (i.e. July, when vocal fish are mostly active) in *Posidonia oceanica* meadows (20 m depth) and on the inferior margin of the meadow (40 m depth). These results are discussed in a framework that highlights the investment of different vocal fish species in partitioning their active acoustic space (in terms of both frequency and time) over small and large scale gradients. Finally, these results are complemented by recordings collected during summer 2017 in deep epipelagic environments of the Calvi Bay (ca. 120 m depth). Although sampling effort was restricted (i.e. 48 h) the presence of fish sounds, likely emitted by *Ophidion* sp., was recorded already during the first night of deployment. This preliminary investigation represents the first reported description of fish sounds in deep epipelagic environments of the Calvi Bay and re-enforces the hypothesis that sounds are an important mean of communication for fish species living at depths where light penetration is reduced or absent. Our study supports the use of PAM for monitoring fish populations over large spatial and temporal scales and at depths in which traditional techniques commonly used for monitoring the biodiversity of the fish fauna (e.g. visual census) cannot be used.

## **Une proposition d'approche intégratrice pour le site Atelier STARECAPMED**

Personnic S.<sup>1</sup>, Abadie A.<sup>2</sup>, Boissery P.<sup>3</sup>, Boudouresque C.F.<sup>4</sup>, Delaruelle G.<sup>5</sup>, Donnay A.<sup>6</sup>, Leduc M.<sup>6</sup>, Patrissi M.<sup>6</sup>

1 Freelance

2 Seaviews – 8 avenue des Belugues – 13600 La Ciotat, France

3 Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, 13001 Marseille, France

4 Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), Aix-Marseille University, campus universitaire de Luminy, case 901, 13288 Marseille cedex 9, France.

5 Andromède Oceanologie – 7 Place Cassan, 34280 Carnon-Plage, France

6 Station de Recherche Sous-marines et Océanographiques (STARESO), 20260 Calvi, France

---

Les indicateurs biologiques sont utilisés dans les habitats terrestres, d'eaux douces et marins, car ils permettent de caractériser la qualité de l'environnement (Karr, 1981 ; Blandin, 1986 ; Pergent-Martini et al., 2005). Cependant les indicateurs utilisés sont, de manière erronée, considérés comme indicateurs de l'état des écosystèmes alors qu'ils ne reflètent que l'état de l'espèce ou de la communauté et pas celui de l'état de conservation et/ou de l'état d'un écosystème entier. Les travaux réalisés, en sous-région méditerranéenne depuis 5 ans, avec la collaboration de plus de 40 scientifiques ont permis de proposer des bases méthodologiques de réponses à cette nouvelle approche (Personnic et al., 2014 ; Ruitton et al., 2014 ; Rastorguef et al., 2015 ; Thibaut et al., 2017). L'approche écosystémique développée (EBQI), analyse la structure et le fonctionnement de l'ensemble des compartiments biologiques constituant l'écosystème. L'évaluation est donnée par des paramètres descriptifs tels que l'abondance des organismes, la biomasse, la biodiversité et le fonctionnement (décrit, entre autres, par la prise en compte des relations trophiques). Afin de réaliser une approche écosystémique par habitat la méthodologie utilise les modèles conceptuels. Cette méthodologie a été développée sur 4 habitats (herbier à *Posidonia oceanica*, coralligène, roche infralittorale à algues photophiles et grottes sous-marines).

En partenariat avec la Stareso, Andromède Océanologie et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, une étude préliminaire (EBQI) a été réalisée sur 3 sites d'herbier à *Posidonia oceanica* et 2 sites roche infralittorale à algues photophiles dans la zone du programme STARECAPMED. Ces premiers résultats ont permis de qualifier l'état des écosystèmes étudié.

La caractéristique du programme STARECAPMED est de regrouper différentes expertises. A l'échelle d'un site atelier la pluridisciplinarité nécessite des outils de liaison entre les différentes données obtenues. L'approche écosystémique développée pourrait être un de ces outils de liaison, comme cela a été réalisé, par exemple, au site d'étude de Cap Béart (Fig.1).

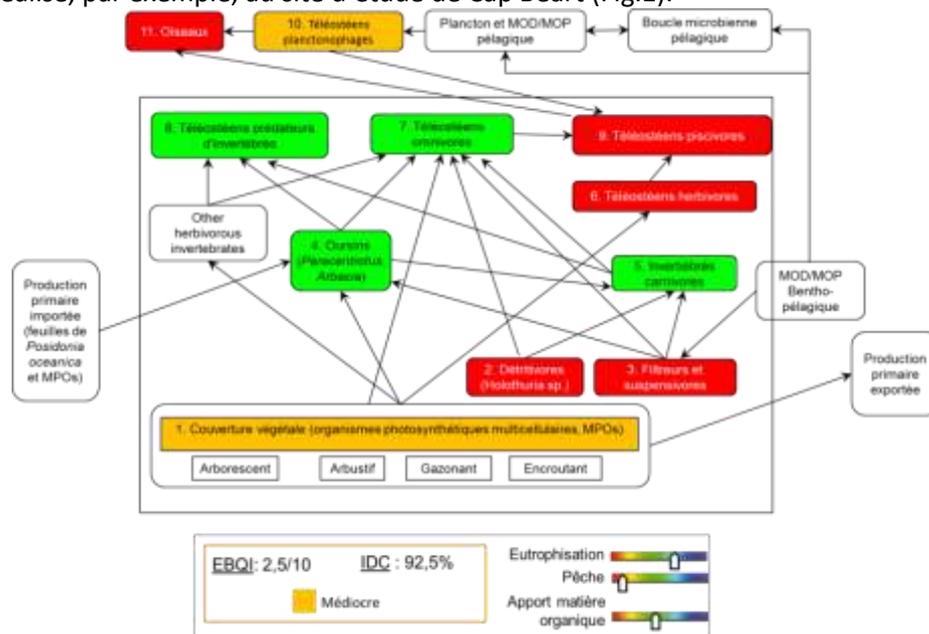


Figure 1 : Exemple de résultats d'un site de suivi (Cap Béart, Banyuls sur mer, Thibaut et al., 2017), associant différents types de données récoltées dans le programme GECO-Med pour l'état écosystémique avec les données de pressions anthropiques.

Blandin P., 1986. Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bull. Ecol., 17(4): 211-307.

Karr J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries, 6: 21-27.

Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M., Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnel E., Cinelli F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Lepoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazzoli L., Pirrotta M., Relini G., Ro-mero J., Sanchez-Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., To-masello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. Ecological Indicators, 5: 213-230.

Personnic S., Boudouresque C.F., Astruch P., Ballesteros E., Bellan-Santini D., Bonhomme P., Botha D., Feunteun E., Harmelin-Vivien M., Pergent G., Pergent-Martini C., Pastor J., Poggiale J.C., Renaud F., Thibaut T., Ruitton S., 2014. An ecosystem-based approach to evaluate the status of a Mediterranean ecosystem, the *Posidonia oceanica* seagrass meadow. PLoS ONE 9(6): e98994. doi:10.1371/journal.pone.0098994.

Rastorgueff P.A., Bellan-Santini D., Bianchi C.N., Busotti S., Chevaldone P., Guidetti P., Harmelin J.G., Montefalcone M., Morri C., Perez T., Ruitton S., Vacelet J., Personnic S., 2015. An ecosystem-based approach to evaluate the status of submerged Mediterranean marine caves. Ecological Indicators 54:137-152.

Ruitton S., Personnic S., Ballesteros E., Bellan Santini D., Boudouresque C.F., Chevaldone P., Bianchi C.N., David R., Ferral J.P., Guidetti P., Harmelin J.G., Montefalcone, Morri C., Pergent G., Pergent-Martini C., Sartoretto S., Tanoue H., Thibaut T., Vacelet J., Verlaque M., 2014. An ecosystem-based approach to evaluate the status of the mediterranean coralligenous habitat. 2nd Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous and other calcareous bio-concretions. Symposia on the Conservation of Mediterranean Marine Key Habitats, Portorož, Slovenia, 27-31 October 2014.

Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C. F., Personnic, S., Ruitton, S., Ballesteros, E., ... & Verlaque, M. 2017. An ecosystem-based approach to assess the status of Medierranean algae-dominated shallow rocky reefs. Marine pollution bulletin, 117(1-2), 311-329.

## **Cartographie et surveillance des habitats marins sensibles du site atelier de la baie de Calvi**

Gwenaëlle Delaruelle<sup>1,3</sup>, Florian Holon<sup>1</sup>, Pierre Boissery<sup>2</sup>

1 Andromède Océanologie, 34280 Carnon

2 Agence de l'eau RMC, 13001 Marseille

3 L'œil d'Andromède, 34280 Carnon

---

Andromède Océanologie, depuis sept ans, actualise la cartographie des habitats, teste des méthodes de suivi et étudie des indicateurs biotiques de l'état de santé de deux écosystèmes sensibles : les herbiers de posidonie (réseau de suivi des herbiers de posidonie, TEMPO) et les récifs coralligènes (réseau de surveillance des assemblages coralligènes, RECOR).

En 2016, l'association de levés sonar latéral, levés au sondeur interférométrique et points de vérités-terrain (transects plongeur audio et plongées ponctuelles) a permis une actualisation de la cartographie de la limite inférieure de l'herbier et des récifs coralligènes jusqu'à -80 m dans l'ensemble de la baie. Des campagnes scientifiques de surveillance des herbiers de posidonie et des récifs coralligènes sont réalisées tous les trois ans, en partenariat avec l'Agence de l'eau RMC. Sur un site d'herbier localisé à -15m face à Calvi, les protocoles du PREI (Gobert et al., 2009), de l'EBQI (Ecosystem-Based Quality Index) (Personnic et al., 2014) et du Bipo2 (Lopez y Royo et al., 2010) sont appliqués afin de tester et comparer les différents indices. L'évolution précise de la limite inférieure d'un autre site d'herbier de posidonie est suivie par télémétrie acoustique depuis 2011. En complément de la télémétrie, la méthode innovante de photogrammétrie a été testée afin de reconstituer le site d'herbier en limite inférieure en images trois dimensions à partir de photographies prises par les plongeurs. Pour préciser la méthode d'acquisition et définir des indicateurs de qualité biologique à partir de cette nouvelle technique, plusieurs sites de la baie de Calvi ont été modélisés en 2017 : les deux « bananes » de la baie de Revellata face à la STARESO, l'épave du bombardier type B-17, et le site de coralligène situé à la pointe de la Revellata. Sur ce

dernier site, le protocole RECOR est appliqué pour suivre depuis 2011 une trentaine de paramètres issus de l'analyse de quadrats photographiques tels que le Coralligenous Assemblages Index (CAI) (Deter et al., 2012a), les pourcentages d'envasement, de vivant, de bioconstructeurs principaux, un indicateur de perturbation, etc.

Toutes ces données cartographiques, données de surveillance des herbiers (présence/absence, vitalité, régressions historiques, indicateurs surfaciques, indices biotiques), des assemblages coralligènes (présence/absence, diversité) ainsi que les modèles photogrammétriques sont mis en ligne sur la plateforme cartographique Medtrix (<http://www.medtrix.fr>) dans les projets DONIA EXPERT, TEMPO et RECOR. Au sein de ces projets, l'utilisateur accède à différentes fonctionnalités : l'édition de cartes avec légende dynamique, le téléchargement de fiches de suivi sur les sites de surveillance (photographies, carte de télémétrie acoustique, analyse de l'évolution temporelle, données sur les gorgones et les poissons), la comparaison de stations via un outil statistique selon différents paramètres (indice de qualité écologique EQR, EBQI, PREI, etc..) et à diverses échelles (Méditerranée, Région, Masse d'eau), et le téléchargement gratuit de données SIG. Un projet Stare-Capmed a été créé sur la plateforme afin d'avoir une vision d'ensemble des données du site atelier, il est en cours d'actualisation.

## Poster

### **Structures macroscopique et microscopique et formation des aegagropiles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813)**

Lefebvre Laurence<sup>1</sup>, Philippe Compère<sup>2</sup>, Angélique Léonard<sup>3</sup>, Erwan Plougonven<sup>3</sup>, Sylvie Gobert<sup>1</sup>

1 Oceanology, MARE, FOCUS, ULiège, Sart Tilman, B6, B-4000 Liège, Belgium

2 Ultrastructural morphology, University of Liège, Sart Tilman, B6, B-4000 Liège, Belgium

3 Chemical Engineering - Processes and Sustainable Development, University of Liège, Sart Tilman, B5, B-4000 Liège, Belgium

---

Il est courant de retrouver le long de plages de Méditerranée des agglomérations de débris végétaux originaire de l'herbier à Posidonies. Ces agglomérats portent le nom d'aegagropiles de *P. oceanica*, ceux-ci arborent des formes sphériques et ellipsoïdes.

Les objectifs principaux de ce travail étaient d'identifier les différents composants des aegagropiles de *P. oceanica* et de déterminer la formation de ceux-ci. Pour ce faire, différentes analyses microscopiques (MET, MEB et MO) ont été effectuées ainsi que l'usage d'un mécanisme simulant la houle. Les observations en microscopie électronique à balayage ont été réalisées à l'aide de différents détecteurs (SSD et ETD) de SE et BSE, ce qui additionnés à diverses techniques de colorations et de contrastants ont permis de répondre à de nombreux objectifs.

Les aegagropiles se forment par l'hydrodynamisme qu'engendre la houle et se composent d'un assemblage de débris végétaux provenant de *P. oceanica* ainsi que de grains de sable. Au fil des différentes étapes du cycle de la plante et de l'hydrodynamisme, les organes de la plante se

rompent, s'accumulent au sein de la litière et subissent une combinaison de dégradations biotique et abiotique. Ces organes sont majoritairement des feuilles et des morceaux de rhizomes.

La dégradation biotique est notamment engendrée par des champignons noirs septés nommés « Dark Septate Endophyte - DSE » qui, en s'attaquant spécifiquement à la lamelle mitoyenne des cellules permet des scissions longitudinales. La dégradation abiotique est quant à elle engendrée par les forces hydrodynamiques. Cette combinaison entraîne dès lors un lessivage important des différents organes végétaux qui se scindent et se courbent formant finalement de fines « fibres » qui s'accumuleront et s'entremêleront ensemble des ripples-marks afin d'élaborer des aegagropiles de *P. oceanica*.

Les aegagropiles de *P. oceanica* se formeront initialement avec des débris intacts de rhizomes ou bien avec des faisceaux de fibres lignifiés ronds provenant également de ces rhizomes où de nombreux grains de nature minérale s'enchevêtreront à ces débris végétaux afin de constituer une structure initiale consolidée et résistante. Ensuite, d'autres débris végétaux, majoritairement de formes plates et provenant des feuilles et de gaines foliaires de *P. oceanica*, s'entremêleront à cette structure afin d'obtenir une agrégation allongée. Enfin, via une fragmentation aléatoire et des mouvements suivant préférentiellement une direction, des aegagropiles de *P. oceanica* de formes majoritairement ellipsoïdales s'échoueront le long des plages.