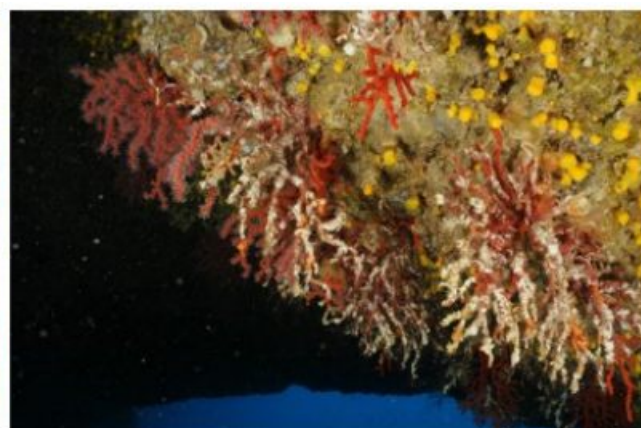




# Etude de l'Impact des changements climatiques sur les populations de corail et de cnidaires de la Réserve Naturelle de Scandola

## Rapport 2018-2020



**Joaquim Garrabou<sup>1</sup>, Cristina Linares<sup>2</sup>, Alba Medrano<sup>2</sup>,  
Àngel Lopez-Sanz<sup>1</sup>, Paula López-Sendino<sup>1</sup>**

1-Institut de Ciències del Mar CSIC, 2-Universitat de Barcelona,

## **Etude de l'Impact des changements climatiques sur les populations de corail et de cnidaires de la Réserve Naturelle de Scandola Rapport 2018-2020**

Contact : Joaquim Garrabou  
Institut de Ciències del Mar  
Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49  
08003 Barcelona, Espagne  
[garrabou@icm.csic.es](mailto:garrabou@icm.csic.es)

### **Table des Matières**

<a href="#">1. Introduction</a> .....	2
<a href="#">2. Matériel et méthodes</a> .....	6
<a href="#">2.1. Suivi des populations de corail rouge de la Réserve Naturelle de Scandola</a> .....	6
<a href="#">3. Résultats et discussion</a> .....	9
<a href="#">3.1. Analyse des paramètres démographiques de la population de la Grotte à corail de Palazzu</a> .....	9
<a href="#">3.2. Analyse des paramètres démographiques de la population de la Passe de Palazzu</a> .....	14
<a href="#">3.3. Caractérisation de la population de la Passe Gargallu</a> .....	18
<a href="#">Conclusions et perspectives</a> .....	21
<a href="#">Remerciements</a> .....	23
<a href="#">Références</a> .....	24

## 1. Introduction

Le corail rouge (*Corallium rubrum*, Linnaeus 1758) est une des espèces emblématiques de Méditerranée de par son utilisation dans la bijouterie depuis l'antiquité et plus récemment par l'attraction paysagère des sites à corail pour le tourisme sous-marin. L'exploitation continue des populations dans différentes régions de Méditerranée occidentale a provoqué une forte diminution de l'abondance et de la taille maximale des colonies dans les sites exploités par rapport au potentiel de l'espèce (Garrabou & Harmelin, 2002, Garrabou et al. 2017).

Le corail rouge est inclus dans l'annexe 3 de la Convention de Barcelone et sa pêche est soumise à plusieurs réglementations nationales. Récemment l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) a inclus le corail rouge comme espèce menacée (Otero et al. 2017). Sa grande valeur patrimoniale demande une gestion raisonnée des populations qui nécessite une connaissance approfondie du cycle de vie, et des informations précises sur la dynamique et la structure des populations.

Face au manque de données sur la dynamique et la structure des populations de corail rouge, des efforts de recherche ont été dédiés ces dernières années à l'étude de différents aspects. A l'heure actuelle, il est établi que ce cnidaire colonial vivant principalement dans la partie occidentale de la Méditerranée a une croissance lente, une très longue durée de vie (> 100 ans), ainsi qu'un cycle de reproduction complexe (Garrabou et Harmelin, 2002 ; Torrents et al. 2005 ; Marschal et al. 2004 ; Torrents, 2007). L'utilisation des suivis photographiques couplés à des techniques d'analyse photogrammétrique permet la quantification de paramètres démographiques. Les données ainsi acquises sont précieuses pour mieux comprendre la dynamique de population du corail rouge ainsi que les risques pour sa conservation (Drap et al. 2014, 2017).

La Réserve Naturelle de Scandola constitue un site exceptionnel pour l'étude des populations de corail rouge car son régime de protection strict a permis aux populations de

corail de se développer pendant plus de 40 ans à l'abri des pressions de la pêche, sans doute le risque majeur pour le corail rouge, mais aussi des effets de la plongée loisir qui a été démontrée comme négative pour la récupération des populations de corail rouge (Linares et al. 2010, Linares et al. 2012). En effet, sans ces pressions les colonies de corail rouge ont pu atteindre des tailles rarement observées dans d'autres sites protégés et non protégés à de profondeurs similaires aux sites de Scandola (Linares et al. 2010, Garrabou et al. 2017). En plus, la récente découverte d'une nouvelle population dans les eaux peu profondes de la réserve intégrale avec un état de conservation qui n'avait jamais été reporté, renforce la position de la Réserve Naturelle de Scandola comme le site de référence pour le corail rouge en Méditerranée (Garrabou et al. 2017).

Cependant, les populations ne sont pas à l'abri des effets du réchauffement de la Méditerranée (Garrabou et al. 2009). En effet, l'observation de taux de mortalité anormalement élevés de la population de la Grotte à Corail de Palazzu après la vague de chaleur de l'été 2003 a montré la vulnérabilité des populations au changement climatique. Suite à ces observations un projet de suivi des populations de la réserve a été mis en place en novembre 2003. Depuis, les suivis annuels ont permis d'acquérir de nombreuses données sur les populations de corail rouge de la réserve et sur l'évolution de la population phare qui peuple la Grotte à Corail de Palazzu. En 2006, nous avons également mis en place un nouveau site d'étude au niveau de la population de corail de la Passe de Palazzu. Finalement en 2010 le Dr. Jean-George Harmelin a découvert une population avec un état de conservation exceptionnel dans la zone de la passe de Gargallu. Cette population a fait l'objet de plusieurs échantillonnages depuis 2011 pour la caractériser et suivre son évolution. Ces activités font partie d'une étude plus générale portant sur l'état de conservation des populations de corail rouge en Méditerranée nord-occidentale menée par l'équipe en charge du suivi des populations de corail rouge de la Réserve Naturelle de Scandola.

Etant donné que l'épisode de mortalité de 2003 observé dans la Réserve Naturelle de Scandola a été relié à un contexte de températures anormalement élevées (Garrabou et

al. 2009, Bensoussan et al. 2010, Crisci et al. 2011), nous avons également démarré en 2003 le suivi des conditions thermiques dans la réserve. Le dispositif instrumental consiste en l'installation des thermographes tous les 5 m le long de la colonne d'eau jusqu'à 40 m de profondeur. Pour chaque profondeur, des relevés horaires ont été obtenus (2003-2020). Ces séries fournissent de données précieuses pour caractériser les contextes thermiques des périodes estivales et chercher les relations potentielles avec des impacts du réchauffement actuel sur les populations de la réserve. En effet, la installation de ce type de dispositifs dans d'autres zones de la Méditerranée ([www.t-mednet.org](http://www.t-mednet.org)).

Les travaux concernant le contrat du Lot n° 4 pour la réalisation d'études scientifiques dans la réserve naturelle de Scandola « Etude de l'Impact des changements climatiques sur les populations de corail et de cnidaires de la Réserve Naturelle de Scandola » concernent les travaux réalisés pendant les missions de 2018 et 2020. Cependant, en 2019 en raison de problèmes dans l'obtention des autorisations, la réalisation de la mission n'a pas pu se faire et a été reportée à 2020. Comme est bien connu, la crise sanitaire du Covid19 à son tour, a été à l'origine de difficultés pour l'organisation de la mission, qui a finalement pu s'effectuer à la fin du mois d'Octobre de 2020.

Les travaux réalisés abordent l'analyse des suivis démographiques des populations de la Grotte Corail de Palazzu, de la Passe de Palazzu et de la population découverte en 2010 dans la réserve intégrale dans la zone de Gargallu. Egalement, nous reportons les données de température enregistrées dans la période d'étude concernée.

Le but final est de quantifier des taux démographiques pour connaître l'évolution et l'état de conservation des populations de corail rouge *Corallium rubrum* dans la Réserve naturelle de Scandola et signaler les risques potentiels pour garantir la conservation de ces populations. Les données démographiques obtenues sont d'une grande valeur pour aborder la modélisation fiable des trajectoires futures des populations de corail dans la réserve naturelle de Scandola mais aussi dans d'autres zones de Méditerranée.

Le **résultat principal de l'étude** est l'observation d'une **forte mortalité dans la population de Palazzu en 2018** qui a continué en 2020 avec la perte de colonies



affectées par de fortes nécroses dans les années précédentes. Les autres 2 populations n'ont pas souffert de fortes mortalités, cependant elles ne sont pas complètement épargnées de leurs effets.

## 2. Matériel et méthodes

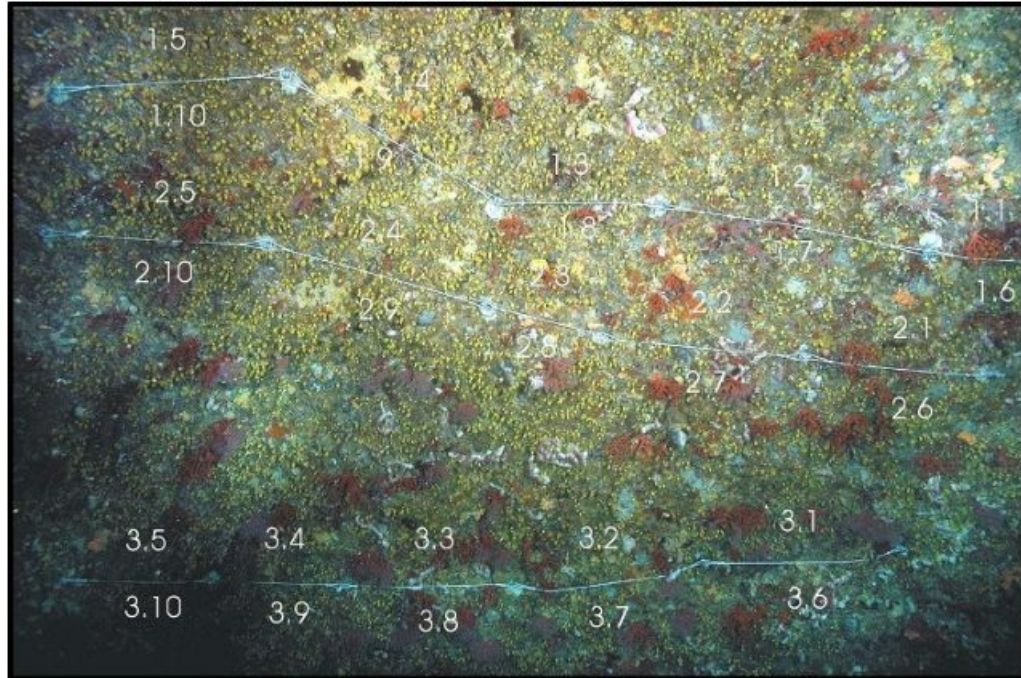
### 2.1. Suivi des populations de corail rouge de la Réserve Naturelle de Scandola

Suivi photographique. Trois transects permanents (environ 40 x 200 cm chacun) ont été installés en novembre 2003 dans la Grotte à Corail de Palazzu située à l'intérieur de la réserve intégrale à environ 20 m de profondeur. Les transects sont matérialisés par des crochets en PVC fixés dans la paroi à l'aide d'un mastic époxy. Lors des plongées pour la réalisation du suivi de la population, des élastiques sont tendus entre les différents crochets (Figure 1) servant de guide pour positionner des quadrats en PVC (20 × 20 cm) (Figure 2). Ces quadrats sont positionnés et photographiés le long des transects au dessus et en dessous des élastiques. On obtient ainsi plusieurs centaines de photos à analyser.

En mai 2006, un transect permanent (environ 40 x 500 cm) a été installé dans la Passe de Palazzu à 27 m de profondeur. Ce transect est matérialisé par des tiges filetées (d'environ 15 cm de long) fixées grâce à l'installation de spits d'escalade dans la roche. Pour le suivi, des élastiques sont tendus entre les tiges pour matérialiser le transect puis des photographies sont prises selon la méthode décrite précédemment.

En Octobre 2014, trois transects permanents (environ 40 x 100 cm chaque) ont été installés au sein de la population découverte dans la zone de Gargallu sur 23 m de profondeur. Les transects ont été matérialisés avec des vis et des colliers en plastique. Pour le suivi, des élastiques sont tendus entre les vis pour matérialiser les transects puis des photographies sont prises selon la méthode décrite précédemment.





**Figure 1.** Transects permanents installés dans la Grotte à Corail de Palazzu dans le cadre du suivi de la population de corail rouge. Les identifiants positionnés de part et d'autre des élastiques

### Taux de mortalité totale et partielle

La comparaison des photos obtenues annuellement et correspondant aux mêmes zones de suivi (transects permanents) nous a permis la quantification des cas de mortalité totale et partielle (Figure 2).

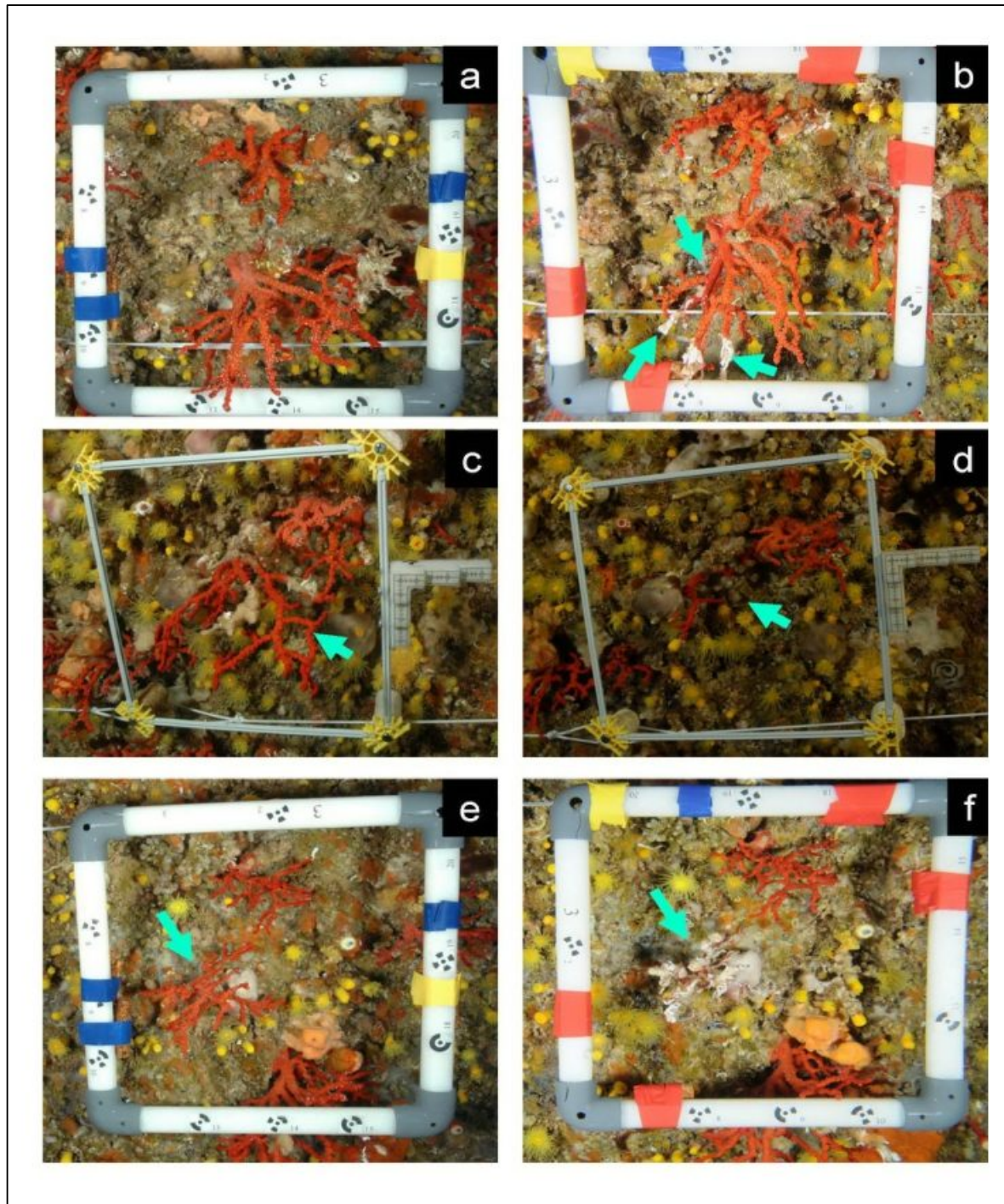
Dans le cas de l'observation de la mort totale des colonies deux sources ont été identifiées:

- (a) les cas de détachement de la base de la colonie du substrat,
- (b) la nécrose totale du coenenchyme des colonies facilement identifiable par la présence de colonies complètement dépourvues de tissus vivants.

Dans le cas de l'observation de mortalité partielle des colonies nous avons quantifié :

- (a) le taux de nécroses partielles en distinguant les nécroses récentes (i.e. axes complètement dénudés) et nécroses anciennes (i.e. axes couverts d'épibiontes)
- (b) l'occurrence de cassures sur les branches des colonies.





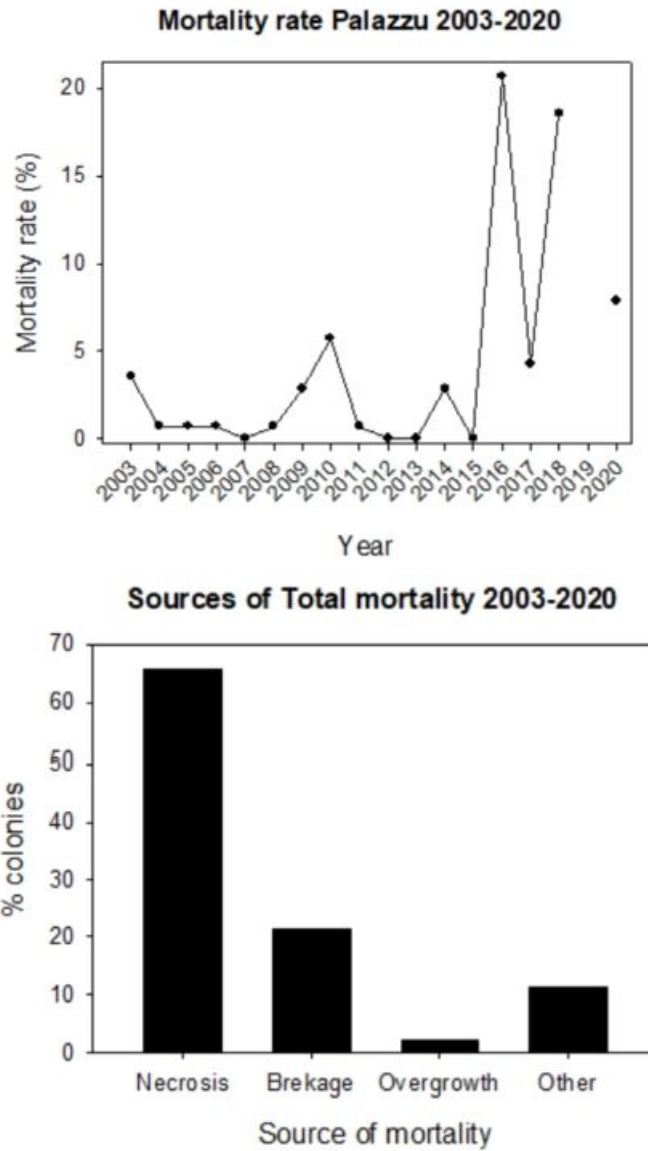
**Figure 2.** Exemples de mortalité totale et partielle sur les colonies de corail rouge de la Réserve Naturelle de Scandola. a, b) Mortalité partielle par nécrose avec colonisation des parties dénudées; c, d) mortalité partielle par cassure; e, f) mortalité totale par nécrose avec colonisation des parties dénudées

### 3. Resultats i discussió

#### 3.1. Anàlisi dels paràmetres demogràfics de la població de la Cova de Palazzu

##### Taux de mortalitat total

Entre 2003 i 2020 la població de la Cova de Palazzu ha perdut més del 70% de colònies dels efectius seguits des de 2003. El taux de mortalitat anual per al corall vermell és d'aproximadament 0-1 % / any. Tanmateix, en la sèrie temporal de 8 anys es mostren taxes 3 i 15 vegades més grans que les taxes de mortalitat normals (Figura 3). És especialment destacable la mortalitat de 2016, 2018 i 2020 que assolix les taxes de mortalitat més altes mai observades per a poblacions de corall (fora de les poblacions sotmeses a la pesca professional). La causa principal de mortalitat total ha estat la necrosi amb més del 70 % de colònies mortes (Figura 3). El 2018, la necrosi ha estat la causa principal de mortalitat total com a parcial (veure més baix). El 2020, les colònies afectades el 2018 s'han desprimit de la roca i la seva pèrdua pot ser atribuïda a la necrosi. És important destacar que taxes de mortalitat superiors al 1% no semblen compatibles amb la dinàmica de poblacions d'aquesta espècie longeva. Gràcies als seguiments podem observar l'extensió d'aquesta mortalitat (Figura 4). També tenim disponibles vídeos. L'impacte de la mortalitat per necrosi tant en mortalitats totals com en parcials observades el 2016 i 2018 és dramàtic per a la població de Palazzu.



**Figure 3.** Population de la Grotte corail de Palazzu. Taux de mortalité entre 2003 et 2020 (haut) ; sources de mortalité totale entre 2003 et 2020 (bas)

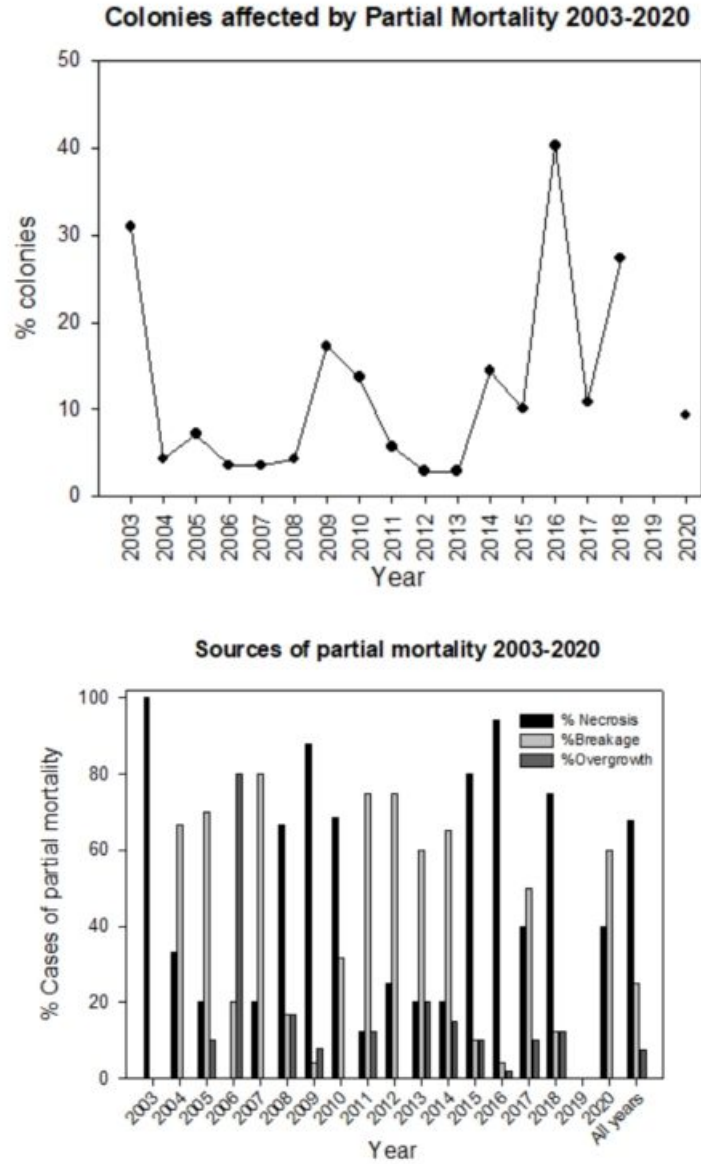




**Figure 4.** Population de la Grotte corail de Palazzu. Colonies affectées par nécrose dans les transects permanents entre 2015 et 2016

### Mortalité partielle

Le pourcentage de colonies affectées par mortalité partielle est normalement faible (moins du 10 % de colonies suivies). Cependant dans les années 2003, 2009, 2010, 2014, 2016, 2018 ont montré une augmentation significative de l'affectation et les valeurs ont atteint entre 15 et 35 %. Il est remarquable que en 2018 la mortalité par nécrose a atteint une des valeurs maximales de toute la série avec presque 30 % des effectifs affectés par nécrose (Figure 5 et 6). Ces valeurs ont été supérieures aux valeurs de 2003 quand la population de corail de Palazzu, ainsi que d'autres espèces de macro-invertébrées ont été affectés par un événement de mortalité massive.



**Figure 5.** Population de la Grotte corail de Palazzu. Taux de mortalité partielle entre 2003 et 2016 (haut) ; sources de mortalité partielle entre 2003 et 2016 (bas)

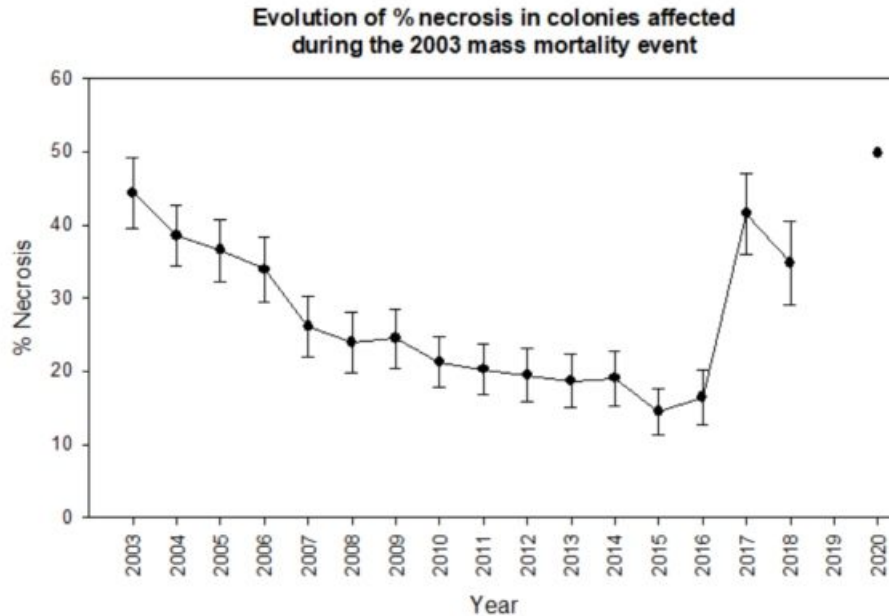


**Figure 6.** Population de la Grotte corail de Palazzu. Colonie affectée par mortalité partielle par nécrose dans les transects permanents en 2018

Les suivis des colonies affectées par nécrose en 2003 montre que les colonies affectées ne peuvent lutter de façon efficace contre les épibiontes qui ont colonisé les axes dénudés pendant la nécrose. La réduction des pourcentages de nécrose observées entre 2003 et 2016 sont dues à la perte de branches colonisées plus que par la croissance de nouvelles branches ou la recolonisation de branches dénudées pendant les épisodes de mortalité.

La mortalité observée en 2018 et 2020 l'incidence de la mortalité a affecté à environ 50% des colonies encore vivantes (Figure 7) et a montré les valeurs maximales tant pour la mortalité totale comme pour la mortalité partielle de la série de données. Ce phénomène est très préoccupant pour la persistance de la population de Palazzu étant donné de la perte d'effectifs et des taux de colonies affectées ainsi que la faible capacité de récupération des colonies affectées par nécrose.





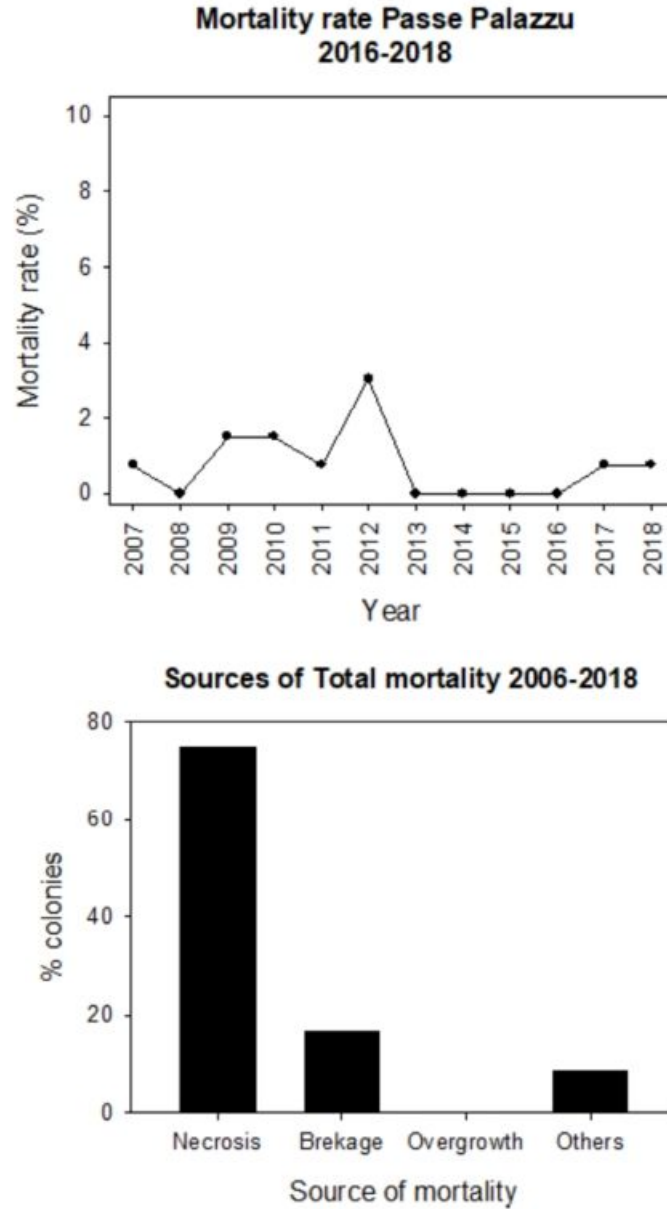
**Figure 7.** Population de la Grotte corail de Palazzu. Évolution % des colonies affectées par nécrose (2003-2016).

### 3.2. Analyse des paramètres démographiques de la population de la Passe de Palazzu

A cause des conditions météo et la situation de la pandémie du Covid19 qui a posé des difficultés pour l'organisation de la mission en 2020, nous n'avons pu faire les séries correspondantes de la population de la Passe Palazzu en 2020.

#### Taux de mortalité totale

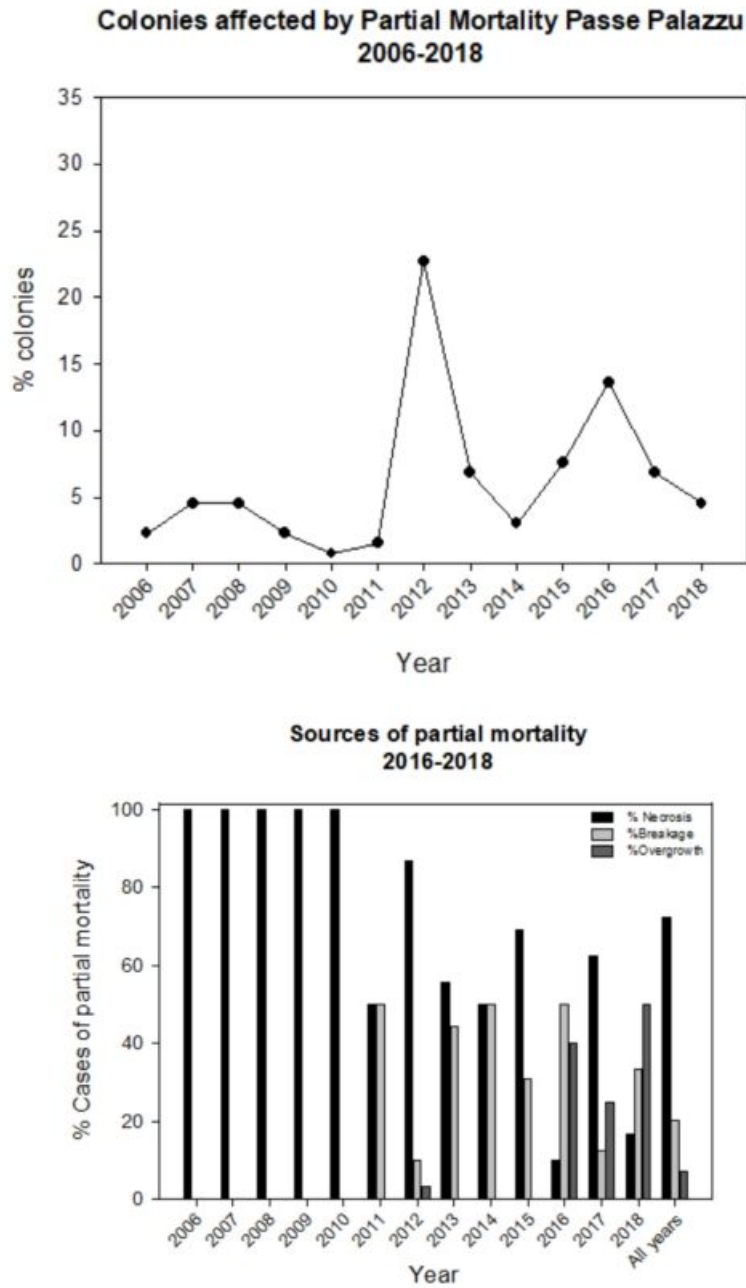
Entre 2006 et 2018, le taux de mortalité totale de la population de la Passe Palazzu a été très faible avec des valeurs inférieures à 1% sauf en 2012 quand les valeurs sont trois fois supérieures (Figure 8). La cause principale de mort des colonies a été la nécrose totale du tissu. En effet en 2012, 4 colonies sont mortes par la dénudation totale de leurs squelettes. Cet événement de mortalité a été aussi accompagné par une augmentation très claire des pourcentages de colonies affectées par une mortalité partielle (voir plus bas). Entre 2014 et 2016 aucune colonie de la population de la Passe Palazzu est morte, et en 2017 et 2018 la mortalité a atteint des valeurs d'environ 1% normales pour l'espèce.



**Figure 8** Population de la Passe de Palazzu. Taux de mortalité totale entre 2006 et 2016 (haut); sources de mortalité totale des colonies entre 2006 et 2016 (bas)

### Mortalité partielle

Entre 2006 et 2018 de suivi de cette population, le taux d'incidence de mortalité partielle a été toujours faible, dépassant rarement 10 % de colonies affectées par année sauf en 2012 et 2016 (Figure 9). Il est remarquable que l'incidence en 2012 de la mortalité partielle est comparable aux valeurs observées pendant certains des événements de mortalité massive à la grotte à corail de Palazzu (Figure 5). Comme dans le cas de la population de la grotte de Palazzu, la nécrose a été la cause principal de mortalité partielle et en moindre proportion par cassure (Figure 10). En 2018, le taux de mortalité partielle est d'environ 5% et les sources de mortalité ont été la nécrose, les cassures et la croissance des epibionts (Figure 9).

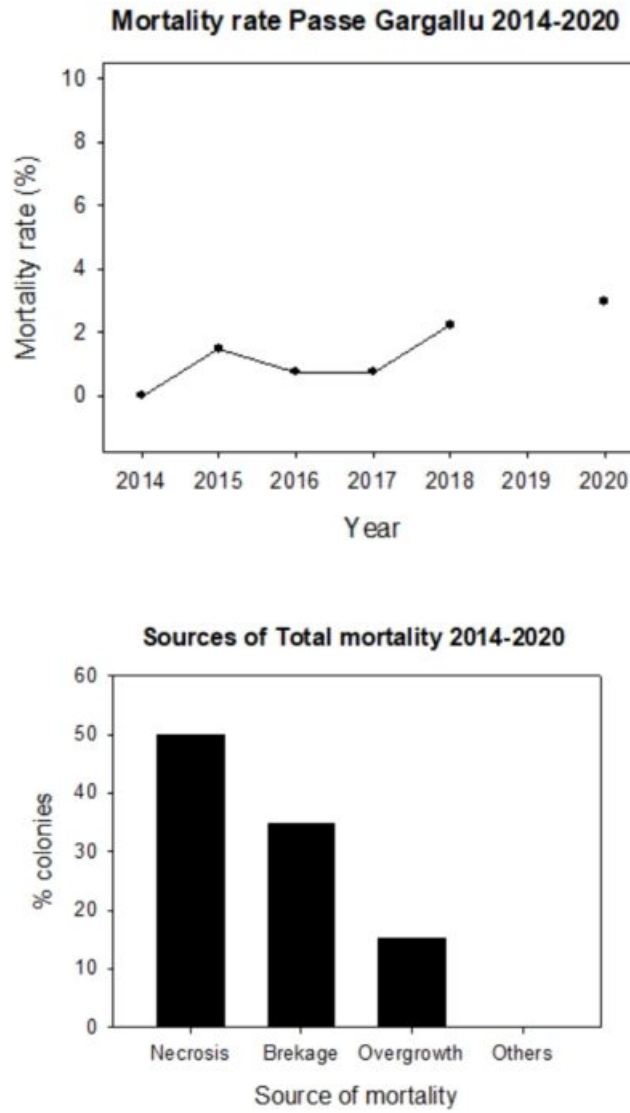


**Figure 9.** Population de la Passe de Palazzu. Taux de mortalité partielle entre 2006 et 2014 (haut) ; sources de mortalité totale entre 2006 et 2014 (bas)

### **3.3. Caractérisation de la population de la Passe Gargallu**

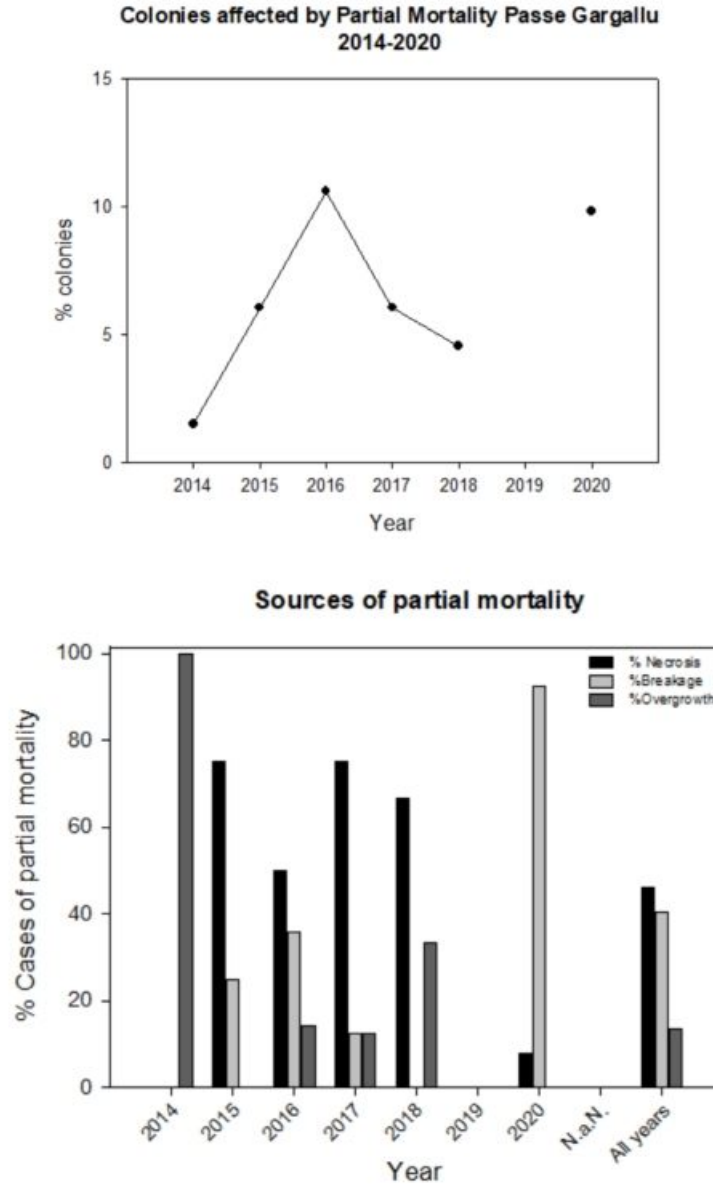
#### Taux de mortalité totale et partielle

Les taux de mortalité totale et partielle entre 2014-2020 : nous avons recensé moins du 10% de colonies affectées par ces événements, sauf en 2016 quand le taux de mortalité partielle a dépassé le 10% de colonies suivies dans la population de la Passe Gargallu (Figures 10 et 11). La cause d'affectation majeure était les nécroses mais la mortalité soit totale ou partielle par cassures est assez important dans cette population. Les signes de nécrose visibles grâce à la croissance des epibiontes sur les branches dénudées (Figures 10 et 11).. La plupart de ces colonies présentait de nécroses anciennes. Nous avons observé une seule colonie complètement morte. Le reste des colonies affectées présentait des signes de recouvrement par d'autres espèces. Le pourcentage moyen de nécrose de la population de la Passe de Gargallu est d'environ 2%, qui représente une valeur très bas.



**Figure 10** Population de la Passe de Gargallu. Taux de mortalité totale entre 2014 et 2020 (haut); sources de mortalité totale des colonies entre 2014 et 2020 (bas)





**Figure 11** Population de la Passe de Gargallu. Taux de mortalité totale entre 2014 et 2020 (haut); sources de mortalité totale des colonies entre 2014 et 2020 (bas)

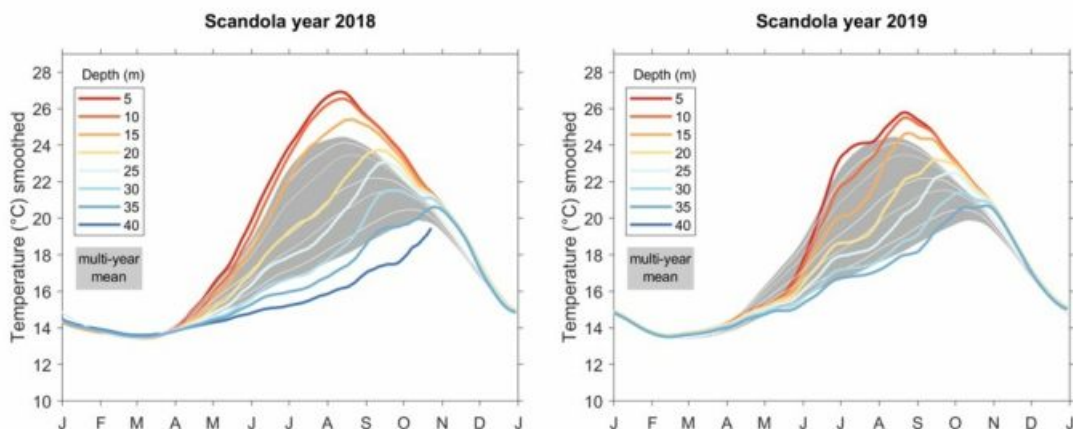
## Conclusions et perspectives

Pour les trois populations, en l'absence de perturbations, les taux de mortalité totale ou partielle sont très faibles, environ  $<5\%$ . Cependant, dans la population de la grotte corail de Palazzu nous avons observé une claire augmentation des taux de mortalité par nécrose, spécialement dans l'année 2016 et 2018 avec plus 80% de colonies affectées. Pour tant, cette population montre un état de conservation très dégradé et leur persistance est en péril. Des actions de restauration pourraient être envisagées afin de favoriser le repeuplement de la population. Les populations de la Passe de Palazzu et la Passe Gargallu montrent de valeurs d'affectation de mortalité faibles et compatibles avec la dynamique de l'espèce. Pour tant ces 2 populations sont en un bon état de conservation. Cependant, des signes d'incidence spécialement de mortalité partielle par la nécrose, par exemple en 2012 et 2016 doivent être pris comme de signaux de stress pour ces populations. Les suivis des colonies affectées par des nécroses montrent une capacité restreinte de récupération et souvent la réduction du pourcentage de nécrose est liée à l'occurrence de cassures de branches des colonies et non pas à une vraie récupération du tissu perdu. Pourtant la seule voie de récupération effective pour la population de Palazzu est le recrutement de nouvelles colonies. Cependant, cette voie ne semble pas très efficace car pendant les plus de 15 années de suivi le nombre de recrues observées est extrêmement faible et en aucun cas suffisant pour assurer la persistance de la population (Garrabou et al. 2014).

Grâce aux suivis de placettes permanentes nous avons pu développer des modèles de projection démographiques. Ces modèles intègrent les taux démographiques (la croissance, la survie, la reproduction et la mortalité en partie) observées afin d'explorer les trajectoires des populations. Ainsi, à partir des informations de la structure de taille, nous pouvons calculer la structure de tailles attendue pour différentes périodes dans le futur. Nous avons appliqué ces modèles à la population de Palazzu. Les résultats obtenus sont très dramatiques et montrent un claire tendance à la disparition de la population dans les prochaines années (Garrabou et al. 2016). Comme les colonies sont très longévives, la population sera présente encore des années mais fonctionnellement nous pouvons considérer la population comme proche de l'extinction. Seulement des mesures de

actions de restauration semblent capables de renverser cette tendance négative dans la population de Palazzu.

Les événements de fortes mortalités reportés dans la population de la grotte de Palazzu ont affecté aussi d'autres espèces (Garrabou et al. 2009). Ces événements se sont répétés au moins 7 fois depuis le début des suivis (Figures 3-5) et ont été associés aux contextes thermiques avec des températures élevées aussi pour les années 2018 et 2019, les données de 2020 sont en cours de traitement (Figure 12). Ces résultats sont en accord avec les analyses des conditions thermiques pendant les événements de mortalité dans différentes parties de la Méditerranée ainsi que les résultats des expérimentations de thermotolérance semblent indiquer clairement la température comme facteur déterminant pour expliquer le développement des nécroses sur les populations (Previati et al. 2010, Cebrian et al. 2011, Crisci et al. 2011, Torrents et al. 2008, Garrabou et al. 2013). Cette relation entre conditions de température et taux de nécroses a été aussi montrée avec les données collectées dans la Réserve Naturelle de Scandola (Garrabou et al. 2013).



**Figure 12.** Conditions de température sur le site de Palazzu entre 2018 et 2019. La figure montre le cycle moyen (en gris) pour les différentes profondeurs et la température enregistrée dans les années 2018 et 2019.

Cependant dans certains cas la température ne semble pas avoir joué un rôle déterminant. Par exemple l'augmentation de l'incidence de la mortalité partielle en 2012 dans la population

de la Passe Palazzu n'a pas de relation avec les conditions de température observées pendant l'été de 2012 qui ne'ont jamais ont le 25 °C à 25 m de profondeur.

La quasi-absence de signes de récupération des colonies affectées par les événements de mortalité ainsi que la faible quantité de recrues observée (sauf dans la population de la Passe de Gargallu) montrent la fragilité de ces populations face aux perturbations. En effet, sur la période 2003-2020 environ 100% des colonies de la grotte corail de Palazzu ont été déjà affectées par la nécrose. Dans le contexte actuel de réchauffement des eaux de la Méditerranée NO (Somot et al. 2008), l'occurrence des nouveaux cas de mortalité est très probable (Garrabou et al. 2009). L'impact du réchauffement climatique sur les populations reste la menace, en absence de cas de braconnage, la plus préoccupant pour la persistance des populations de corail rouge dans la Réserve Naturelle de Scandola. Cependant la population de la Passe de Gargallu qui se développe dans des profondeurs similaires à celle de Palazzu semble montrer une meilleure résistances au stress thermique. Les données des capteurs de température installés à 18 et 25 m de profondeur montrent des températures similaires à celles de Palazzu. Probablement d'autres facteurs environnementaux et/ou génétiques pourraient expliquer les différences observées. Déceler les facteurs de résistance sera un atout pour la conservation des populations de corail rouge dans le contexte actuel.

## Remerciements

Nous remercions l'aide financière de l'Office de L'Environnement Corse et le Parc Régional de Corse pour la réalisation de cette étude, ainsi que l'accueil et le support logistique des agents de la Réserve Naturelle de Scandola lors de nos missions de terrain.

## Références

- Bensoussan, N., Romano, J.C., Harmelin, J.G., Garrabou, J. (2010) High resolution characterization of northwest Mediterranean coastal waters thermal regimes: to better understand responses of benthic communities to climate change. *Estuarine, coastal and Shelf Science*. 87:431-441
- Bianchimani O (2005) Évaluation des effets des aires marines protégées sur les populations de Corail rouge (*Corallium rubrum*) : le cas des réserves marines françaises. DU d'Environnement et Pollution. Université de la méditerranée, France, p28
- Cebrian, E., Uriz, M.J., Garrabou, J., Ballesteros E. (2011) Sponge mass mortalities in a warming Mediterranean Sea: Are cyanobacteria-harboring species worse off? *PLoS ONE* 6(6): e20211. doi:10.1371/journal.pone.0020211
- Crisci, C., Bensoussan, N., Romano, J.C., Garrabou, J. (2011) Temperature anomalies and mortality events in marine communities: insights on factors behind differential mortality impacts in the NW Mediterranean. *PLoS ONE* 6(9): e23814. doi:10.1371/journal.pone.0023814
- Drap P, Merad D, Mahiddine A, Seinturier J, Gerenton P, Peloso D, Boï JM, Bianchimani O, & Garrabou J (2014). In situ underwater measurements of red coral: Non-intrusive approach based on coded targets and photogrammetry. *International Journal of Heritage in the Digital Era*.
- Drap P, Royer JP, Nawaf MM, Saccone M, Merad M, Lopez-Sanz A, Ledoux JB, Garrabou J (2017) Underwater photogrammetry, coded target and plenoptic technology: a set of tools for monitoring red coral in Mediterranean sea in the framework of the "Perfect" project. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*
- Garrabou J, Linares C, Teixidó N, Cebrian E, Bianchimani O, Drap P (2009) Etude des populations de *Corallium rubrum* dans la Réserve Naturelle de Scandola. Rapport 2009.
- Garrabou J, Linares C, Ledoux JB, Bensoussan N, Bianchimani O, Drap P (2016) Etude des populations de *Corallium rubrum* dans la Réserve Naturelle de Scandola. Rapport 2016.
- Garrabou J, , Teixidó N, Cebrian E, Bianchimani O, Bensoussan N, Drap P, Kersting DK, Kipson S, Ledoux JB, Linares C, Pancaldi F, Frleta – Valiç M (2013) Etude des populations de *Corallium rubrum* dans la Réserve Naturelle de Scandola. Rapport 2013
- Garrabou J, Coma R, Bensoussan N, Chevaldonné P, Cigliano M, Diaz D, Harmelin JG, Gambi MC, Kersting DK, Lejeune C, Linares C, Marschal C, Pérez T, Ribes M, Romano JC, Teixidó N, Serrano E, Torrents O, Zabala M, Zuberer F, Cerrano CA (2009) Mass mortality in NW Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biol* 15 : 1090-1103.
- Garrabou J, Harmelin JG (2002) A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *J Anim Ecol* 71: 966-978.
- Garrabou J, Sala E, Linares C, Ledoux JB, Montero-Serra I, Dominici JM, Kipson S, Teixidó N, Cebrian E, Kersting DK, Harmelin JG (2017) Re-shifting the ecological baseline for the overexploited Mediterranean red coral. *Scientific Reports* 7, 42404; doi: 10.1038/srep42404
- Linares, C., Bianchimani, O., Torrents, O., Marschal, C., Drap P., Garrabou, J. (2010) Marine Protected Areas and the conservation of long-lived marine invertebrates: the Mediterranean red coral. *Marine Ecology Progress Series* 402: 69–79.

Linares, C., Garrabou, J., Hereu, B., Diaz, D., Marschal, C., Sala, E., Zabala, M. (2012) Assessing the effectiveness of marine reserves on unsustainably harvested long-lived sessile invertebrates. *Conservation Biology* 26: 88-96

Marschal C, Garrabou J, Harmelin JG (2004) A new method for measuring growth and age in the precious red coral *Corallium rubrum*(L.). *Coral reefs* 23: 423-432.

Otero MM, Numa C, Bo M, Orejas C, Garrabou J, Cerrano C, Kružić P, Antoniadou C, Aguilar R, Kipson S, Linares C, Terrón-Sigler A, Brossard J, Kersting D, Casado-Amezúa P, García S, Goffredo S, Ocaña O, Caroselli E, Maldonado M, Bavestrello G, Cattaneo-Vietti R, Özalp B. (2017). Overview of the conservation status of Mediterranean anthozoans. IUCN, Malaga, Spain. x + 73 pp

Previati M, Scinto A, Cerrano C, Osinga R (2010) Oxygen consumption in Mediterranean octocorals under different temperatures. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 390: 39–48.

Somot S, Sevault F, Déqué M, Crépon M (2008) 21st century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled atmosphere-ocean regional climate model. *Global and Planetary Change* 63: 112–126.

Teixidó N, Garrabou J, Harmelin JG (2009) Demographic dynamics over long-term period of the coralligenous communities in the NW Mediterranean Sea. Oral communication. First Symposium on Coralligenous conservation and other calcareous bio-concretions. United Nations Environment Programme. Mediterranean Action Plan. Tabarka, Tunisia.

Torrents O (2007) Biologie des populations du corail rouge de Méditerranée. Ph.D. thesis, Université de la Méditerranée, Marseille, p221.

Torrents O, Tambutté E, Caminiti N, Garrabou J (2008) Upper thermal thresholds of shallow vs. deep populations of the precious Mediterranean red coral *Corallium rubrum* (L.): Assessing the potential effects of warming in the NW Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 357: 7–19.

Torrents O, Garrabou J, Harmelin JG & Marschal C (2005) Age and size at first reproduction in the precious red coral *Corallium rubrum*. *Biol.Conservation* 121:391-397