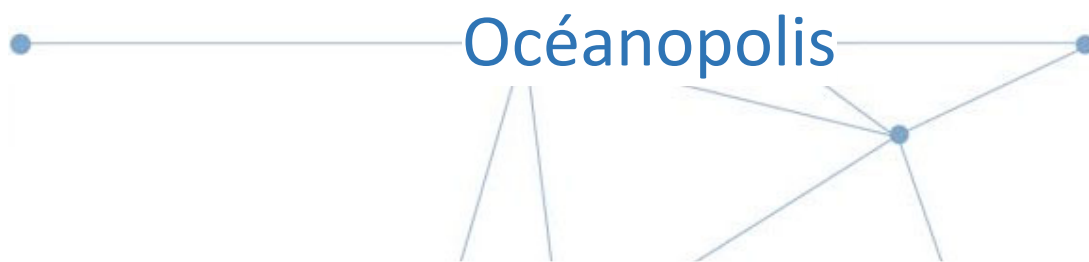
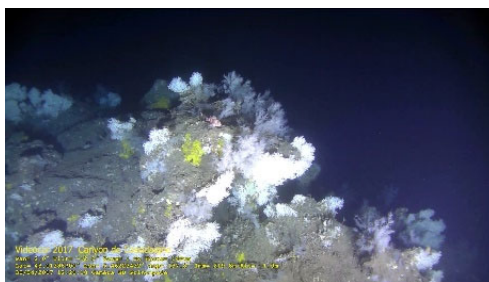


Séquences vidéo des coraux
des canyons méditerranéens
pour l'exposition grands fonds à



Pour

Océanopolis
Brest



Vidéo Canyon de Cassidaigne

VIDEOCOR-2017



Vidéo Canyon de Lacaze-Duthiers

CALADU-2021

Fiche documentaire

<p>Titre du rapport : Séquences vidéo des coraux des canyons méditerranéens pour l'exposition grands fonds à Océanopolis</p>	
<p>Référence interne : R.ODE/UL/LER-PAC 22-03</p> <p>Diffusion :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)</p> <p><input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d’embargo : AAA/MM/JJ</p> <p><input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ</p>	<p>Date de publication : 2022/04/01 Version : 1.0.0</p> <p>Référence de l’illustration de couverture H-ROV Ariane Campagnes Videocor-2017 et Caladu-2021</p> <p>Langue(s) : Français</p>
<p>Résumé/ Abstract :</p> <p>Océanopolis, centre de Culture Scientifique et Technique localisé à Brest, dédie un espace d’exposition aux environnements profonds (https://www.oceanopolis.com/). En particulier, il sera partie prenante de la thématique “mediation scientifique” du projet ANR ARDECO (Assessing Resilience of DEep COrals) du laboratoire Ifremer EP. A ce titre il prévoit de réaliser des activités autour des coraux d’eaux froides, dont la projection de séquences vidéos enregistrées par les robots sous-marins dans différents canyons, aussi bien atlantiques que méditerranéens. Pour répondre à ce besoin, des séquences vidéo des campagnes VIDEOCOR_2017 et CALADU_2021 sont mises à disposition.</p>	
<p>Mots-clés/ Key words :</p> <p>Coraux d’eaux froides, Canyons, Méditerranée, Vidéos, <i>Madrepora oculata</i>, <i>Lophelia pertusa</i> syn. <i>Desmophyllum pertusum</i>.</p>	
<p>Comment citer ce document :</p> <p>Fabri M-C., Tourolle J., Menot L., 2022. Séquences vidéo des coraux des canyons méditerranéens pour l’exposition grands fonds à Océanopolis. ODE / UL / LER-PAC 22-03</p>	
<p>Disponibilité des données de la recherche :</p> <p>/</p>	
<p>DOI : /</p>	

Commanditaire du rapport :	
Nom / référence du contrat : <input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input type="checkbox"/> Rapport définitif (réf. interne du rapport intermédiaire : R.ODE/UL/LER-PAC 22-03/ID ARCHIMER)	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) : ARDECO, Campagnes VIDEOCOR1-2017 et CALADU-2021.	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Marie-Claire Fabri	ODE / UL / LER-PAC
Julie Tourolle	REM / BEEP / LEP
Lenaick Menot	REM / BEEP / LEP
Encadrement(s) :	
Destinataire :	
Validé par : Lenaick Menot	

Séquences vidéo des coraux des canyons méditerranéens pour l'exposition grands fonds à Océanopolis

Table des matières

1	Contexte	7
2	Projet ANR ARDECO (Assessing Resilience of DEep COrals) 2021-2025	8
2.1	Introduction.....	8
2.2	Objectif du projet	8
2.3	Médiation scientifique.....	9
3	Les séquences vidéos méditerranéennes	10
3.1	Le canyon de Cassidaigne et la campagne VIDEOCOR-2017	10
3.1.1	Le canyon de Cassidaigne	10
3.1.2	Objectif de la campagne	11
3.1.3	Choix de la séquence vidéo	12
3.2	Le canyon de Lacaze-Duthiers et la campagne CALADU-2021	13
3.2.1	Le canyon de Lacaze-Duthiers	13
3.2.2	Objectif de la campagne	14
3.2.3	Choix de la séquence vidéo	14
4	Références	16

1 Contexte

Océanopolis, centre de Culture Scientifique et Technique localisé à Brest, dédie un espace d'exposition aux environnements profonds (<https://www.oceanopolis.com/>).

Océanopolis sera partie prenante de la thématique "Mediation scientifique" du projet ANR ARDECO (Assessing Resilience of DEep COrals) piloté par le laboratoire Ifremer Environnement Profond. A ce titre il prévoit de réaliser des activités autour des coraux d'eaux froides, dont la projection de séquences vidéos enregistrées par les robots sous-marins dans différents canyons, aussi bien atlantiques que méditerranéens.

Pour répondre à ce besoin, des séquences vidéos des campagnes VIDEOCOR_2017 et CALADU_2021 seront mises à disposition.

2 Projet ANR ARDECO (Assessing Resilience of DEep COrals) 2021-2025

Ce projet ANR (<https://anr.fr/Projet-ANR-20-CE02-0006>) est porté par l'Ifremer (Lénaïck Menot/BEEP), en partenariat avec Sorbonne Université (Franck Lartaud/LECOB, Bruce Shillito/BOREA) et bénéficie d'une collaboration avec Océanopolis (Dominique Barthélémy).

2.1 Introduction

A l'instar des récifs de coraux tropicaux, les récifs de coraux d'eau froide forment des habitats complexes qui favorisent localement la biodiversité et la biomasse tout en fixant le dioxyde de carbone dans leur squelette. Ces coraux fournissent ainsi d'importants services écosystémiques. Ils offrent des fonctions de soutien, par exemple des frayères et des nurseries pour des poissons, et donc une fonction d'approvisionnement en poissons pour l'alimentation humaine. Ils ont également une fonction de régulation en tamponnant l'acidification des océans. Cependant, parce qu'ils se développent à plusieurs centaines voire plusieurs milliers mètres sous la surface, les récifs de coraux d'eau froide n'ont pas les mêmes valeurs culturelles et récréatives que leurs homologues tropicaux. Cet éloignement, dans les profondeurs des océans, ne les préserve pourtant pas des pressions humaines. Le chalutage profond, les contaminations chimiques ou l'accumulation des déchets plastiques sont autant de menaces pour l'état de santé des coraux d'eau froide, auxquelles viennent s'ajouter le réchauffement et l'acidification des océans. Le réchauffement aura pour conséquence de pousser les coraux vers des eaux toujours plus profondes et plus froides, alors que l'acidification tendra à les faire remonter vers des eaux moins profondes et plus riches en carbonates. Les deux phénomènes conjugués pourraient réduire significativement la niche fondamentale des coraux d'eau froide si ceux-ci ne sont pas en mesure de s'adapter.

2.2 Objectif du projet

L'objectif du projet ARDECO sera d'évaluer les capacités d'adaptation et de prédire la dynamique des trois principales espèces de scléactiniaires constructeurs de récifs profonds (*Desmophylum pertusum*, *Madrepora oculata* et *Solenosmilia variabilis*) face aux changements climatiques globaux. Deux stratégies expérimentales seront mises en œuvre, in situ et ex situ. In situ, des coraux seront transplantés, pour une période d'un an, d'une profondeur de 1000 mètres vers des zones moins profondes, de l'ordre de 400 mètres, où ne se trouvent plus que des débris de coraux. Des pièges à larves et des dispositifs de colonisation seront déployés en parallèle. L'objectif de ces expérimentations est de déterminer la niche fondamentale des coraux récifaux dans l'Atlantique Nord Est, et d'évaluer dans quelle mesure leur niche réalisée a été contrainte par l'intensification de la pêche profonde au cours des dernières décennies. Ex situ, des coraux seront soumis à une augmentation de température et/ou une réduction de pH pendant une période de 6 mois afin de tester leur réponse à des scénarios de changements globaux à l'horizon 2100. La grande originalité de ces expériences sera de les réaliser en simulant la profondeur où vivent naturellement ces espèces, grâce à des aquariums sous pression développés spécifiquement dans le cadre de ARDECO. Simuler la pression hydrostatique est en effet fondamental pour évaluer la réponse des coraux profonds aux changements globaux et ce pour deux raisons : i) parce que la dissolution des carbonates augmente avec la pression hydrostatique, aggravant ainsi les effets de l'acidification, et ii) parce que la pression influence l'état physiologique des organismes vivants et la négliger peut induire un biais expérimental. La réponse

des coraux aux modifications de leur environnement in situ et ex situ sera évaluée en mesurant leur nutrition, leur croissance, leur reproduction, leur comportement ainsi que la nature et la fonction des interactions entre les polypes de coraux et leur microbiome. Le second aspect novateur d'ARDECO sera ainsi d'appréhender la réponse de l'holobionte corail à des modifications de son environnement. Un dernier volet fort du projet sera de sensibiliser le grand public et d'informer les organismes de gestion de l'environnement français et européen en appui à leurs stratégies de préservation des récifs de coraux profonds.

2.3 Médiation scientifique

Océanopolis, centre de Culture Scientifique et Technique, intégrera le projet ARDECO dans ses programmes de médiation scientifique pour sensibiliser et éduquer le public (MOT 3) aux réponses des coraux profonds aux changements environnementaux. Ce sera l'occasion de leur donner les outils appropriés pour comprendre les relations entre science, technologie et société. L'enjeu du programme ARDECO est de taille : mettre la science au cœur de notre culture commune, partager les connaissances avec le public.

Le projet ARDECO participera au programme éducatif d'Océanopolis en collaborant avec des éducateurs scientifiques et des enseignants. En accord avec les programmes scolaires français, un atelier pédagogique interdisciplinaire sera conçu pour les élèves du secondaire. Les élèves seront également impliqués dans le programme "Jeunes reporters des arts, des sciences et de l'environnement", un événement de culture scientifique qui rassemble 3600 élèves chaque année. Les relations d'Océanopolis avec le ministère français de l'éducation nationale permettront à Océanopolis de proposer des formations pour les enseignants dans le cadre du Programme Académique de Formation (PAF).

Ces activités seront complétées tout au long du projet par l'apport de connaissances scientifiques. Dans le pavillon Bretagne d'Océanopolis, un espace est dédié aux environnements profonds. La nouvelle thématique de cet espace d'exposition sera le programme ARDECO. Les visiteurs d'Océanopolis (430 000 personnes/an) découvriront le projet ARDECO en observant les expériences en direct, en prenant connaissance des objectifs et des résultats d'ARDECO (panneaux - borne scientifique). La réalisation d'un documentaire de 6 minutes (projeté dans l'amphithéâtre) mettra en avant le projet ARDECO. Il participera à l'actualité du programme Culture Scientifique d'Océanopolis en plus des conférences grand public qui seront données par les scientifiques d'ARDECO. Le matériel développé à Océanopolis pourra également être partagé avec le Biodiversarium, l'Aquarium public de Banyuls."

3 Les séquences vidéos méditerranéennes

Les séquences vidéo des coraux de Méditerranée mises à disposition d'Océanopolis proviennent de deux canyons localisés dans les eaux françaises, dans lesquels les coraux d'eaux froides sont présents. Ceux-ci ont été explorés en 2017, 2019 et 2021 à l'aide du H-ROV Ariane de l'Ifremer.

3.1 Le canyon de Cassidaigne et la campagne VIDEOCOR-2017

3.1.1 Le canyon de Cassidaigne

Le canyon de Cassidaigne est situé à 8 km au sud de la côte de la région Provence entre Marseille et Toulon (France) et se trouve entre le Golfe du Lion et la Mer Ligure (Fig.1). Ce canyon consiste en une incision de 20 km de long et d'une profondeur atteignant 1700 m (Fig. 1). Ses flancs abrupts sont asymétriques et principalement caractérisés par la nature des roches qui les forment (Tassy et al., 2014).

La circulation des eaux se fait généralement vers l'ouest le long du talus continental et est contrainte par deux vents dominants : les vents de nord-nord-ouest (vents favorables à l'upwelling) et les vents de sud-est (vents favorables au downwelling). Les vents dominants du nord-ouest à l'ouest (Mistral) provoquent le déplacement des eaux chaudes de surface vers la haute mer, générant six sites d'upwelling dans le Golfe du Lion (Millot, 1990). En combinaison avec la morphologie de la ligne de côte, le mistral conduit à l'upwelling le plus intense du Golfe du Lion, qui prend sa source dans le canyon de Cassidaigne au large de Marseille (Alberola and Millot, 2003).

Les zones de présence de coraux sont situées sur le flanc ouest du canyon de Cassidaigne (43°100N, 5°300E). Plusieurs endroits sur ce flanc sont couverts de *M. oculata* (Fig. 1).

Depuis 1967, le canyon a subi l'impact des rejets directs de résidus de bauxite (boue rouge) provenant de deux usines d'aluminium différentes. Après 1988, les rejets de résidus de bauxite ont été réduits car une usine a arrêté sa production. Ces rejets sont connus pour avoir des impacts sur la faune locale du canyon (Dauvin, 2010; Fontanier et al., 2012; Fabri et al., 2014; Fontanier et al., 2015; Fabri et al., 2017; Fabri et al., 2019). Néanmoins, dans une tentative d'appliquer les protocoles de la Convention de Barcelone (1976), le gouvernement français a décidé de mettre fin à l'élimination des boues rouges en janvier 2016, en accordant une licence de six ans pour l'élimination d'un fluide sans matières en suspension et uniquement chimique, à la place.

Le canyon de Cassidaigne est inclus dans l'aire marine protégée (AMP) du " Parc national des Calanques " (www.calanques-parcnational.fr - décret 2012-507). Ainsi, deux zones ont été créées sur le flanc ouest du canyon : une (1) " zone de protection renforcée ", c'est-à-dire une zone sans prélèvement à l'exception de la pêche artisanale locale, et une (2) " zone sans prélèvement ", où aucune activité de pêche n'est autorisée (Fabri et al., 2014).

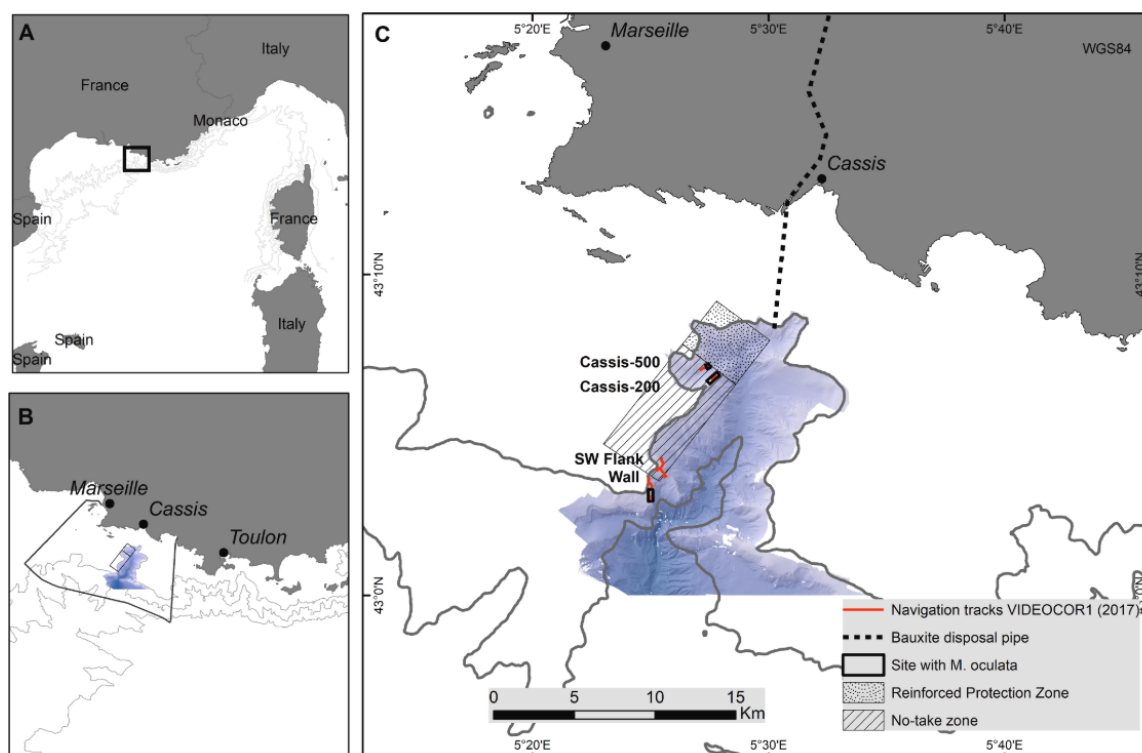


Figure 1. Carte de localisation du canyon de Cassidaigne. A : la localisation globale est la partie orientale du golfe du Lion ; B : l'aire marine protégée (AMP) du " Parc National des Calanques " ; C : le canyon de Cassidaigne, la conduite de rejet de bauxite, la zone de protection renforcée et la zone de non prélèvement, et les quatre emplacements prospectés par le ROV Ariane lors de la campagne VIDEOCOR1 (2017).

3.1.2 Objectif de la campagne

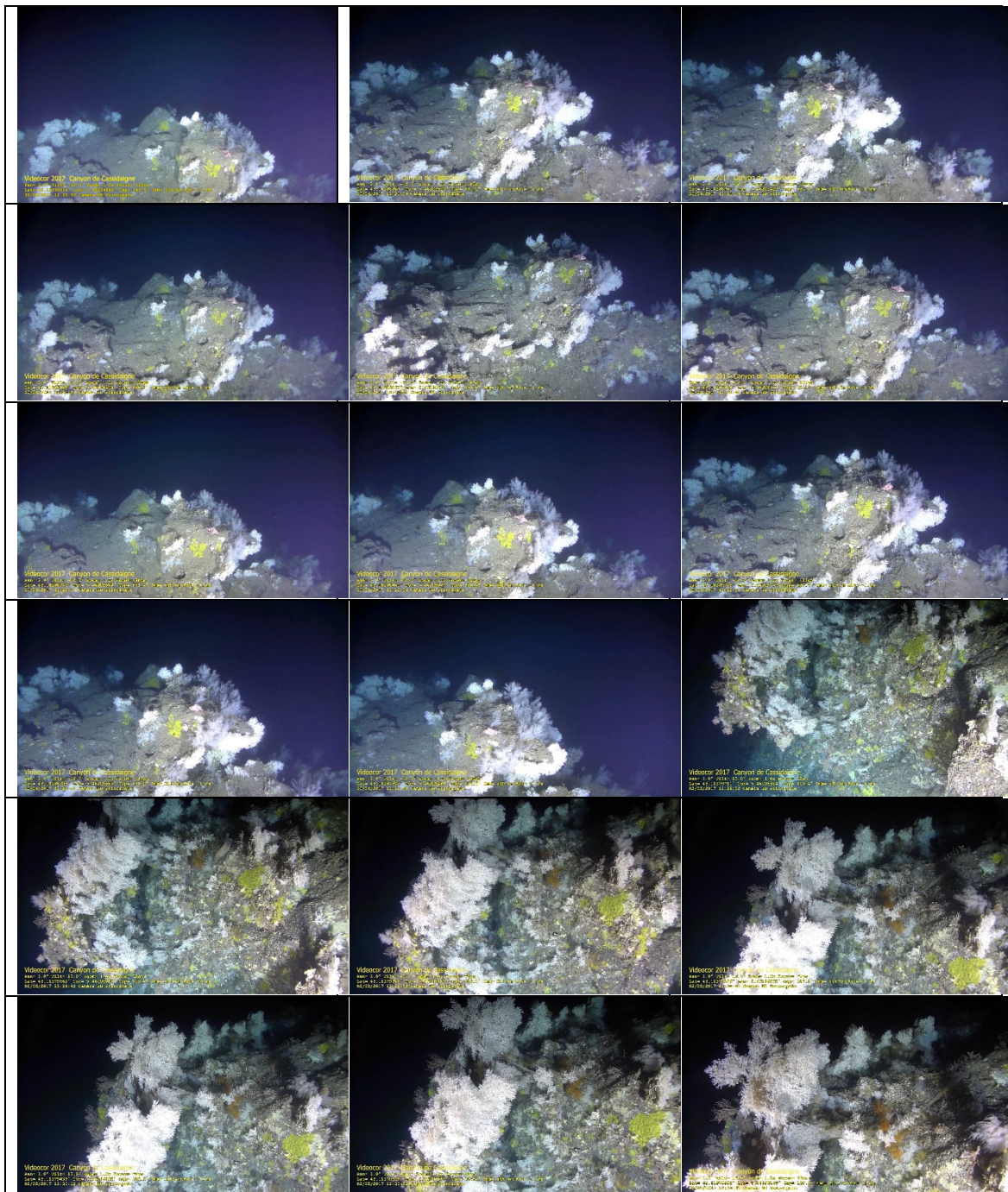
L'objectif principal de la campagne VIDEOCOR 1-2017 (<https://doi.org/10.17600/17005400>) était de réaliser des acquisitions de données optiques (photos et vidéos) pour le géo-référencement précis des colonies de coraux d'eaux froides dans le canyon de Cassidaigne. Il s'agissait d'acquérir, à l'aide du HROV Ariane, une couverture optique totale de la distribution des coraux d'eau froide sur les flancs de ce canyon. La couverture optique sera utilisée à plusieurs fins :

- (1) caractériser l'état écologique des colonies en utilisant plusieurs métriques (Pedel and Fabri, 2012; Pedel et al., 2013);
- (2) valider ou invalider la présence de coraux d'eaux froides aux endroits prédits par les modèles d'habitat (Fabri et al., 2017; Bargain et al., 2018);
- (3) réaliser une reconstitution en 3 dimensions des massifs de coraux à l'aide du logiciel Matisse (Arnaubec and Opderbecke, 2014; Arnaubec et al., 2015; Istenič et al., 2019);

L'objectif secondaire de la campagne VIDEOCOR 1 était de réaliser des prélèvements de coraux afin d'analyser la connectivité de cette population et celle du canyon de Lacaze-Duthiers, et celles de l'Atlantique, ceci dans le cadre du projet européen H2020-ATLAS (<https://www.eu-atlas.org/>).

3.1.3 Choix de la séquence vidéo

La séquence vidéo mise à disposition d'Océanopolis est composée de deux extraits vidéo de la zone Cassis-200 (vers 230 m de profondeur) qui est la zone sur laquelle les colonies sont les plus exubérantes, et sur laquelle on a observé la faune associée la plus diversifiée (Fabri et al., 2019).



3.2 Le canyon de Lacaze-Duthiers et la campagne CALADU-2021

3.2.1 Le canyon de Lacaze-Duthiers

En Méditerranée occidentale, le Golfe du Lion et son système de canyons ont été intensivement étudiés et cartographiés (Loubrieu and Satra, 2010) afin de mieux comprendre la morphodynamique de la marge continentale (Berné et al., 1999; Baztan et al., 2005; Berné and Gorini, 2005; Sultan et al., 2007; Dennielou et al., 2009; Dennielou et al., 2019). Le Golfe du Lion draine les alluvions et les particules du Rhône, le 2ème plus grand fleuve se jetant dans la mer Méditerranée après le Nil (Durrieu de Madron et al., 1999; Durrieu de Madron et al., 2000; Palanques et al., 2006). C'est également l'endroit où se forment les eaux denses pendant l'hiver et où se produisent les débordements en cascade de ces eaux denses du plateau dans les canyons (Durrieu de Madron et al., 2005; Canals et al., 2006; Palanques et al., 2012).

Les parties les plus abruptes des flancs des canyons sont souvent exposées à ces intenses courants en cascade, cela constitue un habitat idéal pour la faune sessile qui dépend des courants pour son alimentation.

Ainsi, sur les flancs du canyon de Lacaze-Duthiers les deux espèces de coraux d'eaux froides ont été observées (Fig. 2).

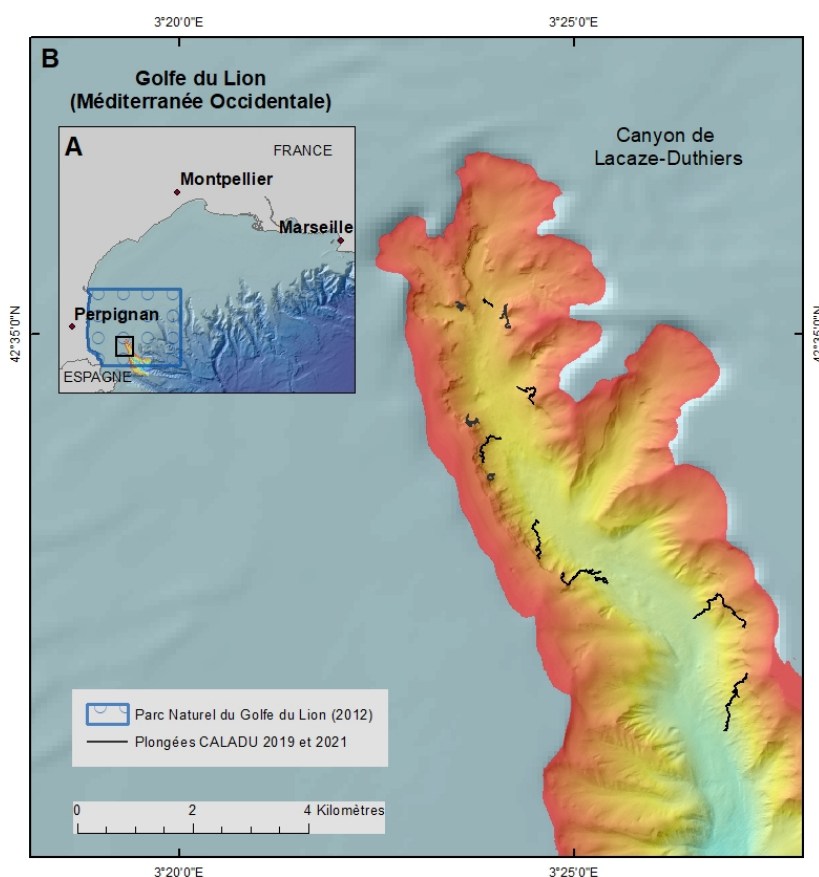


Figure 2 . Carte de localisation du canyon de Lacaze-Duthiers. A : la localisation globale est la partie ouest du golfe du Lion, dans le Parc Naturel du Golfe du Lion ; B: la tête du canyon de Lacaze-Duthiers et les zones d'explorations prospectées par le ROV Ariane lors des campagnes CALADU (2019 et 2021).

3.2.2 Objectif de la campagne

La campagne CALADU-2021 (<http://dx.doi.org/10.17600/18001575>) était dédiée à l'étude de la distribution des coraux d'eaux froides à différentes échelles. Ces coraux sont connus pour leur statut d'Ecosystèmes Marins Vulnérables -EMV- du fait de leurs traits d'histoire de vie (croissance très lentes) et de leur vulnérabilité face aux impacts anthropiques (notamment face à la pêche). Deux échelles de travail indépendantes seront considérées, premièrement la distribution à l'échelle du canyon de Lacaze-Duthiers pour réaliser la cartographie des populations, mais aussi à une échelle plus large qui est celle de la compréhension de l'évolution de la distribution au cours des temps géologiques et des différentes périodes glaciaires, entre la Méditerranée et l'Atlantique.

L'objectif à long terme de cette campagne est donc double :

(1) L'objectif principal est de réaliser la cartographie fine de l'ensemble des populations d'EMV avec pour objectif de quantifier leur état. Pour cela une acquisition méthodique et exhaustive a été nécessaire. En plus de la cartographie des espèces structurantes (deux espèces de coraux *Madrepora oculata* et *Lophelia pertusa* (syn. *Desmophyllum pertusum*) qui forment des colonies en trois dimensions qui servent d'abri et de lieu de reproduction à d'autres espèces) et du recensement des impacts anthropiques (engins de pêches perdus), un recensement de la diversité associée sera effectué à l'aide des photos afin de mesurer l'état de l'écosystème. Cet objectif vient en appui aux Politiques Publiques (notamment dans le cadre de la Directive Cadre pour la Stratégie sur le Milieu Marin - DCSMM).

(2) Le second objectif de cette campagne était de réaliser des prélèvements de coraux afin d'enrichir les données disponibles sur la distribution de leur diversité clonale et génomique le long de leur aire de distribution de la Méditerranée à la Norvège et l'Islande (Arnaud-Haond et al., 2017; Boavida et al., 2019).

Une première campagne CALADU avait eu lieu en 2019, avec le HROV Ariane sur L'Europe, mais les mauvaises conditions météorologiques n'avait pas permis la réalisation du programme escompté : pas suffisamment de prélèvement pour la partie génétique des populations, et pas suffisamment de données pour la partie étude de la distribution à l'échelle du canyon, mais la technique a pu être validée. L'opportunité d'utiliser un navire hauturier a permis de compléter et terminer le programme d'échantillonnage.

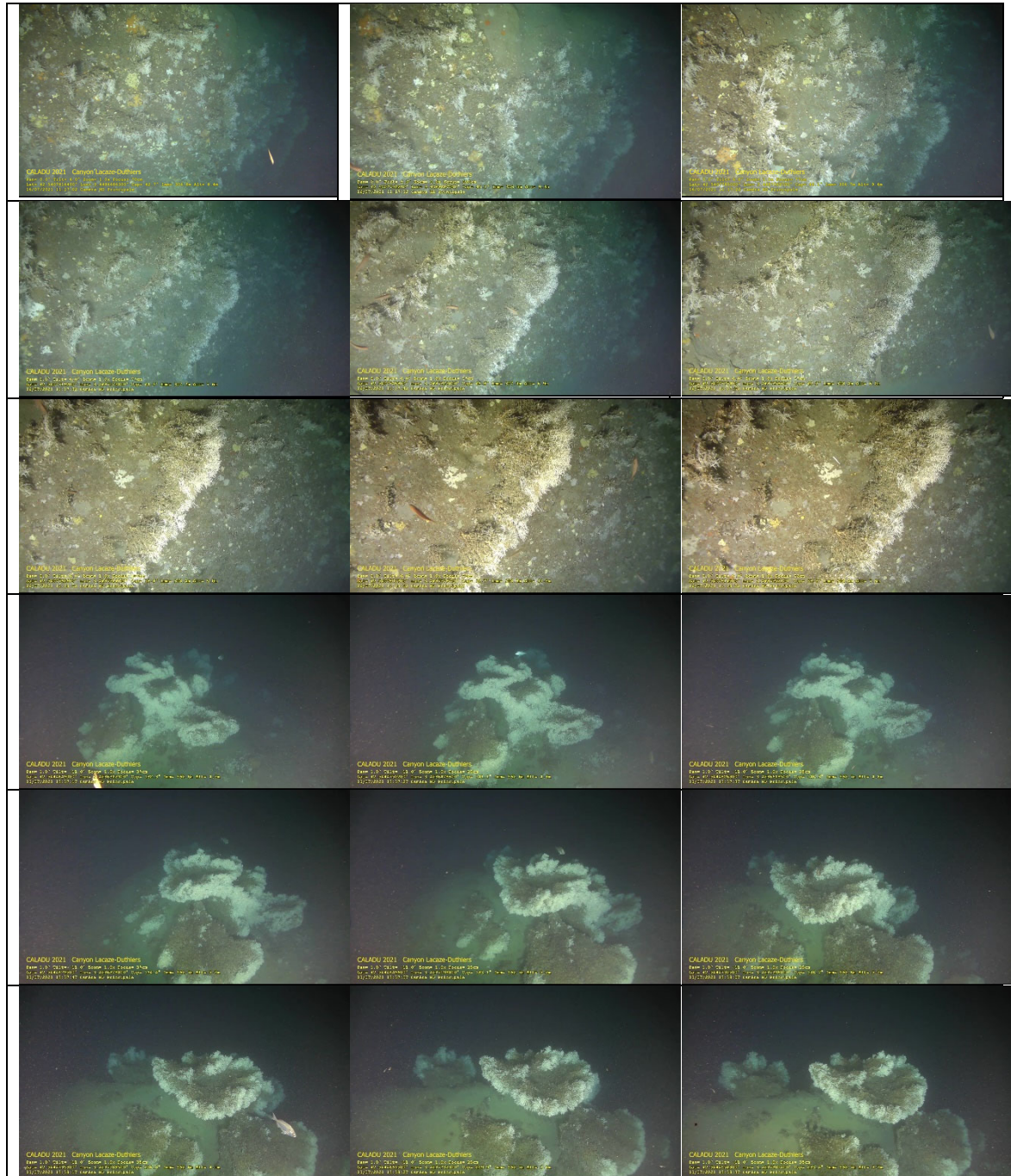
3.2.3 Choix de la séquence vidéo

La séquence vidéo mise à disposition d'Océanopolis est composée de deux parties.

1 - Une première permet d'observer l'habitat privilégié pour *Madrepora oculata* : il s'agit des falaises que l'on trouve de part et d'autre du canyon, aux alentours de 300 m de profondeur.

2 - La deuxième partie décrit l'habitat des *Lophelia pertusa* qui est localisé au pied des falaises, sur des îlots de substrats durs, aux alentours de 550 m de profondeur.

La séquence vidéo est illustrée dans le tableau ci-dessous.



4 Références

- Alberola, C., Millot, C., 2003. Circulation in the French Mediterranean coastal zone near Marseilles: the influence of wind and the Northern Current, *Continental Shelf Research* 23, 6, 587-610, [https://doi.org/10.1016/s0278-4343\(03\)00002-5](https://doi.org/10.1016/s0278-4343(03)00002-5).
- Arnaubec, A., Opderbecke, J., 2014. Model based illumination correction for underwater imaging. Marine Imaging Workshop, Southampton, <http://www.marine-imaging-workshop.com/documents/MIW14-Program.pdf>
- Arnaubec, A., Opderbecke, J., Allais, A.G., Brignone, L., 2015. Optical mapping with the ARIANE HROV at IFREMER: The MATISSE processing tool, OCEANS 2015 - Genova, 18-21 May 2015, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/OCEANS-Genova.2015.7271713>.
- Arnaud-Haond, S., Van den Beld, I.M.J., Becheler, R., Orejas, C., Menot, L., Frank, N., Grehan, A., Bourillet, J.F., 2017. Two “pillars” of cold-water coral reefs along Atlantic European margins: Prevalent association of *Madrepora oculata* with *Lophelia pertusa*, from reef to colony scale, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 145, Supplement C, 110-119, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.07.013>.
- Bargain, A., Foglini, F., Paireaud, I., Bonaldo, D., Carniel, S., Angeletti, L., Taviani, M., Rochette, S., Fabri, M.C., 2018. Predictive habitat modeling in two Mediterranean canyons including hydrodynamic variables, *Progress in Oceanography*, <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.02.015>.
- Baztan, J., Berne, S., Olivet, J.L., Rabineau, M., Aslanian, D., Gaudin, A., Rehault, J.P., Canals, M., 2005. Axial incision: The key to understand submarine canyon evolution (in the western Gulf of Lion), *Marine and Petroleum Geology* 22, 6-7, 805-826, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2005.03.011>.
- Berné, S., Gorini, C., 2005. The Gulf of Lions: An overview of recent studies within the French ‘Margins’ programme, *Marine and Petroleum Geology* 22, 6-7, 691-693, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2005.04.004>.
- Berné, S., Loubrieu, B., equipe Calmar, 1999. Canyons and recent sedimentary processes on the western Gulf of Lions margin. First results of the Calmar cruise, *Comptes Rendus De l'Academie des sciences Serie II Fascicule a-Sciences de la Terre et des Planètes* 328, 7, 471-477, [https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(99\)80148-7](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(99)80148-7).
- Boavida, J., Becheler, R., Choquet, M., Frank, N., Taviani, M., Bourillet, J.F., Meistertzheim, A.L., Grehan, A., Savini, A., Arnaud-Haond, S., 2019. Out of the Mediterranean? Post-glacial colonization pathways varied among cold-water coral species, *Journal of Biogeography* 46, 5, 915-931, <https://doi.org/10.1111/jbi.13570>.
- Canals, M., Puig, P., Durrieu de Madron, X., Heussner, S., Palanques, A., Fabres, J., 2006. Flushing submarine canyons, *Nature* 444, 7117, 354-357, <https://doi.org/10.1038/nature05271>.
- Dauvin, J.C., 2010. Towards an impact assessment of bauxite red mud waste on the knowledge of the structure and functions of bathyal ecosystems: The example of the Cassidaigne canyon (north-western Mediterranean Sea), *Marine Pollution Bulletin* 60, 2, 197-206, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.09.026>.
- Denniellou, B., Jallet, L., Sultan, N., Jouet, G., Giresse, P., Voisset, M., Berne, S., 2009. Post-glacial persistence of turbiditic activity within the Rhone deep-sea turbidite system (Gulf of Lions, Western Mediterranean): Linking the outer shelf and the basin sedimentary records, *Marine Geology* 257, 1-4, 65-86, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.10.013>.
- Denniellou, B., Jégou, I., Droz, L., Jouet, G., Cattaneo, A., Berné, S., Aslanian, D., Loubrieu, B., Rabineau, M., Bermell, S., 2019. Major modification of sediment routing by a large Mass Transport Deposit in the Gulf of Lions (Western Mediterranean), *Marine Geology* 411, 1-20, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2019.01.011>.
- Durrieu de Madron, X., Abassi, A., Heussner, S., Monaco, A., Aloisi, J.C., Radakovitch, O., Giresse, P., Buscail, R., Kerherve, P., 2000. Particulate matter and organic carbon budgets for the Gulf of Lions (NW Mediterranean), *Oceanologica Acta* 23, 6, 717-730.
- Durrieu de Madron, X., Ferre, B., Le Corre, G., Grenz, C., Conan, P., Pujo-Pay, M., Buscail, R., Bodiou, O., 2005. Trawling-induced resuspension and dispersal of muddy sediments and dissolved elements in the Gulf of Lion (NW Mediterranean), *Continental Shelf Research* 25, 19-20, 2387-2409, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2005.08.002>.

- Durrieu de Madron, X., Radakovitch, O., Heussner, S., Loyer-Pilot, M.D., Monaco, A., 1999. Role of the climatological and current variability on shelf-slope exchanges of particulate matter: Evidence from the Rhone continental margin (NW Mediterranean), *Deep-Sea Research I* 46, 9, 1513-1538, [http://doi.org/10.1016/S0967-0637\(99\)00015-1](http://doi.org/10.1016/S0967-0637(99)00015-1).
- Fabri, M.-C., Vinha, B., Allais, A.-G., Bouhier, M.-E., Dugornay, O., Gaillot, A., Arnaubec, A., 2019. Evaluating the ecological status of cold-water coral habitats using non-invasive methods: An example from Cassidaigne canyon, northwestern Mediterranean Sea, *Progress in Oceanography* 178, 102172, <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2019.102172>.
- Fabri, M.C., Bargain, A., Pairaud, I., Pedel, L., Taupier-Letage, I., 2017. Cold-water coral ecosystems in Cassidaigne Canyon: An assessment of their environmental living conditions, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 137, 436-453, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.06.006>.
- Fabri, M.C., Pedel, L., Beuck, L., Galgani, F., Hebbeln, D., Freiwald, A., 2014. Megafauna of vulnerable marine ecosystems in French mediterranean submarine canyons: Spatial distribution and anthropogenic impacts, *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography* 104, 184-207, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.06.016>.
- Fontanier, C., Biscara, L., Mamo, B., Delord, E., 2015. Deep-sea benthic foraminifera in an area around the Cassidaigne Canyon (NW Mediterranean) affected by bauxite discharges, *Marine Biodiversity* 44, 4, <https://doi.org/10.1007/s12526-014-0281-9>.
- Fontanier, C., Fabri, M.C., Buscail, R., Biscara, L., Koho, K., Reichart, G.J., Cossa, D., Galaup, S., Chabaud, G., Pigot, L., 2012. Deep-sea foraminifera from the Cassidaigne Canyon (NW Mediterranean): Assessing the environmental impact of bauxite red mud disposal, *Marine Pollution Bulletin* 64, 9, 1895-1910, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.06.016>.
- Istenič, K., Gracias, N., Arnaubec, A., Escartín, J., Garcia, R., 2019. Scale Accuracy Evaluation of Image-Based 3D Reconstruction Strategies Using Laser Photogrammetry, *Remote Sensing* 11, 18, <https://doi.org/10.3390/rs11182093>.
- Loubrieu, B., Satra, C., 2010. Bathy-morphologie du plateau continental - Façades Méditerranéenne et Corse (édition 2010, 100 m). Ifremer, Plouzané, p. Modèle bathymétrique (MNT) à 100m de résolution de la façade maritime française de la Méditerranée. Le MNT a été réalisé par krigeage à partir d'une compilation des principales sources de données bathymétriques françaises.
- Millot, C., 1990. The Gulf of Lions' hydrodynamics, *Continental Shelf Research* 10, 9-11, 885-894, [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(90\)90065-T](https://doi.org/10.1016/0278-4343(90)90065-T).
- Palanques, A., Durrieu de Madron, X., Puig, P., Fabres, J., Guillen, J., Calafat, A., Canals, M., Heussner, S., Bonnin, J., 2006. Suspended sediment fluxes and transport processes in the Gulf of Lions submarine canyons. The role of storms and dense water cascading, *Marine Geology* 234, 1-4, 43-61, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2006.09.002>.
- Palanques, A., Puig, P., de Madron, X.D., Sanchez-Vidal, A., Pasqual, C., Martin, J., Calafat, A., Heussner, S., Canals, M., 2012. Sediment transport to the deep canyons and open-slope of the western Gulf of Lions during the 2006 intense cascading and open-sea convection period, *Progress in Oceanography* 106, 1-15, <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2012.05.002>.
- Pedel, L., Fabri, M.C., 2012. Etat de l'art sur les indices existants concernant l'Etat Ecologique des habitats benthiques du domaine profond. DCSMM Bon Etat Ecologique (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement), Ifremer, 1-71, <https://archimer.ifremer.fr/doc/00118/22924/>
- Pedel, L., Fabri, M.C., Menot, L., Van den Beld, I., 2013. Mesure de l'état écologique des habitats benthiques du domaine bathyal à partir de l'imagerie optique (Sélection de métriques et proposition d'une stratégie de surveillance). DCSMM Bon Etat Ecologique (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement), Ifremer, 1-52, <http://archimer.ifremer.fr/doc/00171/28271/>
- Sultan, N., Gaudin, M., Berne, S., Canals, M., Urgeles, R., Lafuerza, S., 2007. Analysis of slope failures in submarine canyon heads: An example from the Gulf of Lions, *Journal of Geophysical Research-Earth Surface* 112, F1, 0148-0227, <https://doi.org/10.1029/2005jf000408>.
- Tassy, A., Fournier, F., Munch, P., Borgomano, J., Thinon, I., Fabri, M.C., Rabineau, M., Arfib, B., Begot, J., Beslier, M.-O., et al., 2014. Discovery of Messinian canyons and new seismic stratigraphic model, offshore Provence (SE France): Implication for the hydrographic network reconstruction, *Marine and Petroleum Geology* 57, 25-50, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.05.001>.

