



Après le coelacanthe qui leur a prêté son nom africain (Gombessa), les mérous polynésiens, l'Antarctique, les requins polynésiens, et les récifs coralligènes de Méditerranée, les expéditions scientifiques d'Andromède Océanologie se sont penchées sur **les anneaux du Cap Corse**. En effet, cette "vieille" découverte restait un mystère non élucidé et promettait de belles images inédites à partager. Pour mener l'enquête par 120 m de fond, des vrais défis de plongée restaient à relever... Et voilà comment le mystère des anneaux est né. Une expédition d'un été qui en aura finalement couvert trois. Avec ce cahier de surveillance, découvrez les dessous de l'expédition et comment l'étude d'un phénomène biologique localisé a permis, grâce aux efforts de la cinquantaine de chercheurs associés, une avancée dans l'étude du **changement climatique**.

*"Sous l'eau, on ne peut qu'aller et revenir, jamais y rester, encore moins y vivre. La photographie sous-marine, dès l'adolescence, c'était la solution pour prolonger la contemplation. Dans cet univers, chaque minute offerte est un privilège, mais chaque départ forcé une frustration. Peut-être que le monde sous-marin m'attire précisément parce que, à chaque fois, il m'échappe ! Voilà ce que je cherche à illustrer : les mystères inaccessibles de l'océan, bien davantage que témoigner de ses évidentes splendeurs."*

## Laurent Ballesta

Biologiste et photographe sous-marin  
Directeur des Expéditions Gombessa  
Andromède Océanologie

## ÉDITION SPÉCIALE : EXPÉDITION GOMBESSA 6 LE MYSTÈRE DES ANNEAUX DU CAP CORSE

Une mission à l'interface des sciences de la vie et de la Terre  
au cœur du Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate





### 1 Présentation de la mission

- Elucider le mystère des anneaux
- Gombessa 6, dans une lignée d'expéditions

### 2 Un défi de plongée

### 3 Équipes et moyens à la mer

### 4 Sites explorés et cartographie

### 5 L'origine des anneaux

- Recherche d'effusion de fluides
- L'âge des anneaux
- L'hypothèse de la serpentinite

### 6 Biodiversité associée

- Paysages acoustiques
- Inventaire de poissons par ADNe, caméras et plongée
- Étude des gorgonaires

### 7 Les pressions

### 8 Faire connaître les anneaux

### 9 Soutiens et remerciements

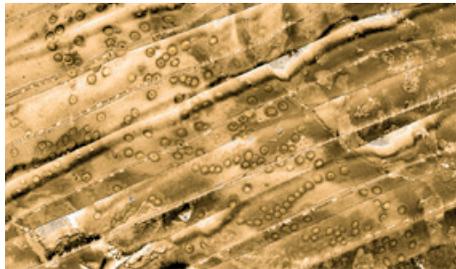


## UNE EXPÉDITION SCIENTIFIQUE POUR ÉLUCIDER LE MYSTÈRE DES ANNEAUX

En 2006, Fabrice Pluquet décrit au large du Cap Corse des "îlots de vie", "d'énigmatiques structures sub-circulaires présentant un faciès acoustique très sombre" avec un "nucléus rocheux qui peut clairement être distingué au cœur de ces structures" (Pluquet, 2006).

Ilots de vie  
découverts  
en 2006

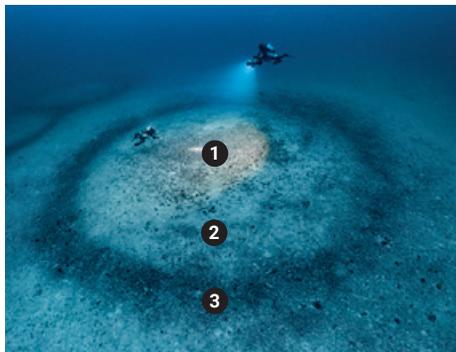
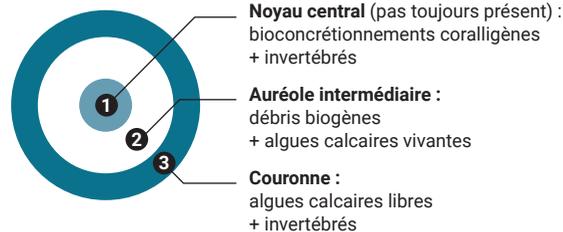
Une série de campagnes menées de 2010 à 2014 au Nord-Est du Cap Corse ont permis de (re-)découvrir ces nouvelles structures coralligènes régulières appelées "atolls de coralligène" (Bonacorsi et al, 2012) que nous avons renommées "anneaux coralligènes" en raison de leur forme circulaire. Un **anneau** est constitué d'une **couronne de rhodolithes** (algues rouges calcaires libres), d'un **halo/auréole intermédiaire** et le plus souvent d'un **noyau central** (petit massif coralligène). Quelle est leur origine ? Leur âge ? Sont-ils en croissance ou en destruction ? Quelle biodiversité leur est associée ? Sont-ils menacés ?



Des anneaux coralligènes sur une image sonar (d'après Bonacorsi et al, 2012).

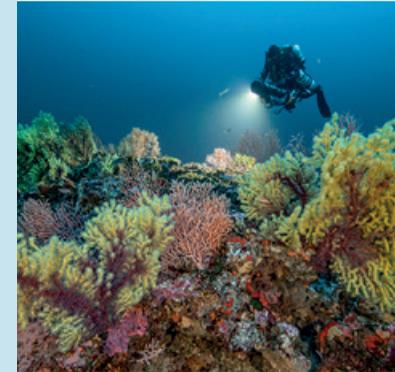
Atolls  
coralligènes  
décrits en  
2012

Origine  
des anneaux ?  
Dynamique ?  
Biodiversité ?  
Menaces ?



### Qu'est-ce que le coralligène ?

Seul **récif calcaire biogénique en Méditerranée**, principalement construit par des algues rouges dont les squelettes calcaires s'accumulent lentement (moins d'un millimètre par an). Inféodé aux conditions lumineuses faibles, il se développe entre 12 et 120 m de fond et sert d'habitat à de nombreuses autres espèces animales et végétales qui vont s'y fixer et s'y insérer. D'une **productivité équivalente aux récifs coralliens tropicaux**, les récifs coralligènes concentrent divers atouts : large distribution, complexité structurelle, diversité en espèces, rôle dans le flux d'énergie et le cycle du carbone, valeur économique.



Un massif coralligène couvert de colonies de gorgones.

➔ Voir le cahier de surveillance  
Medtrix N°22

### Qu'est-ce que les rhodolithes ?

Les rhodolithes sont des **nodules libres** de 2 à 250 mm de diamètre, formés par des **algues rouges calcaires** plus ou moins branchues, répandus partout dans le monde. Les rhodolithes se développent très lentement à partir d'un **nucleus** (grain de sable) dans des zones de courant et de faible luminosité (Basso et al., 2016). La taille, la forme et le schéma de ramification des rhodolithes sont principalement influencés par l'hydrodynamisme local. Elles peuvent s'accumuler pour former différents types d'habitats, parmi lesquels le maërl bien connu des bretons.



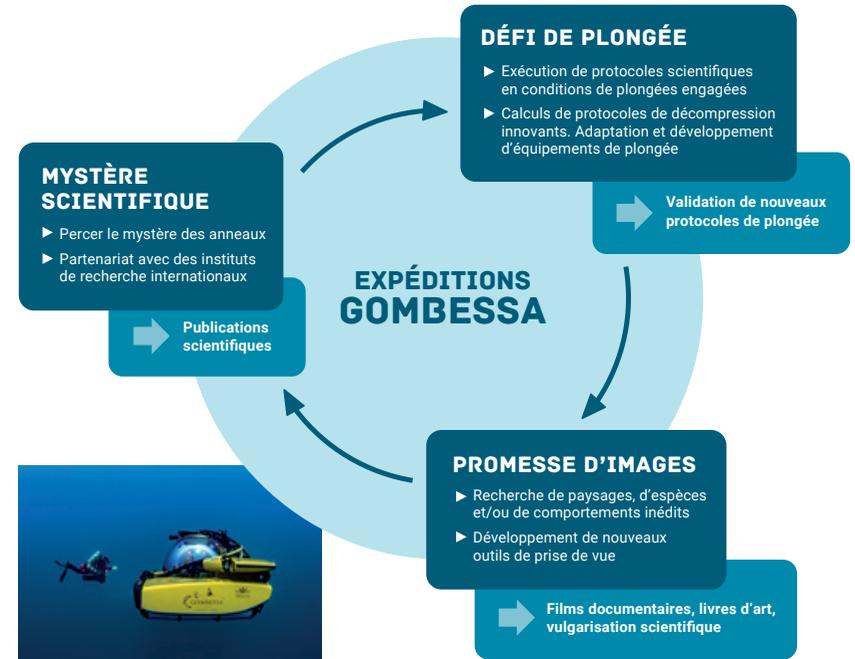
Des rhodolithes non branchues, appelées "pralines".

## GOMBESSA 6, DANS UNE LIGNÉE D'EXPÉDITIONS

Après une première plongée en été 2020, **trois étés de plongée** dans les eaux du parc naturel marin, sont au cœur de l'expédition. En 2021, la **plongée autonome à saturation** a permis à quatre plongeurs de mettre en œuvre les premiers protocoles et prélèvements complétés par des plongées autonomes en 2022 et une campagne de **cartographie** des fonds. Cette technique de plongée, inventée durant Gombessa 5, allie plongée autonome en recycleur et plongée à saturation pour maximiser le temps passé au fond en s'affranchissant des paliers de décompression regroupés en fin de période. En 2023, un **drone sous-marin**, des robots sous-marins (Remotely Operated Vehicles, **ROV**), des **sous-marins d'exploration et des plongées profondes** classiques ont mis le point final à l'expédition. L'expédition "Gombessa 6 : le mystère des anneaux" regroupe ainsi les trois valeurs propres aux expéditions Gombessa : **un défi de plongée à relever, un mystère scientifique à résoudre et une promesse d'images à partager.**



- **Gombessa 1**  
**À la rencontre du cœlacanthe en Afrique du Sud**  
Les premières images d'un cœlacanthe ramenées par un plongeur à -120 m et mise en place de protocole scientifique *in situ*.
- **Gombessa 2**  
**L'accouplement des mérus de Fakarava**  
Une plongée record de 24 heures à -20 m avec un protocole unique de décompression, des ralentis de comportements inédits à 1000 images/seconde.
- **Gombessa 3**  
**Écosystèmes profonds d'Antarctique**  
Les plongées polaires les plus profondes et les plus longues jamais effectuées, l'illustration de dizaines d'espèces jamais photographiées dans leur milieu naturel.
- **Gombessa 4**  
**Chasses nocturnes des requin gris de Fakarava**  
3000 heures de plongées de nuit cumulées en quatre années d'expédition au milieu des requins, 85000 déclenchements photographiques.
- **Gombessa 5**  
**Planète Méditerranée**  
28 jours à saturation, 300 heures d'immersion entre -65 et -142 m et 18 sites Coralligènes visités entre Marseille et Monaco.
- **Gombessa 6**  
**Le mystère des anneaux du Cap Corse**  
20 jours à saturation, des ROV, des sous-marins et des plongées classiques pour 937 heures d'immersion entre -62 et -120 m sur les anneaux et leurs alentours.



Différents moyens utilisés pour étudier les anneaux : plongée autonome et sous-marin (haut), plongée autonome à saturation (bas).



## UN DÉFI DE PLONGÉE

Durant **20 jours** (17 jours d'exploration à saturation suivis de 3 jours de désaturation), les quatre plongeurs ont vécu dans un module de 5 m<sup>2</sup> pressurisé à la profondeur de 120 m (**treize fois celle de la surface**) en respirant un mélange gazeux composé à **95% d'hélium et à 5% de dioxygène**. Les seules sorties autorisées consistaient au maximum en deux plongées de 3 h en recycleur électronique par jour. Leur **état physiologique, de fatigue physique et mentale** était surveillé par **Prof. Ballestra** (Univ. Libre de Bruxelles) et **J.-P. Imbert** (Divetech).

### Quelles améliorations depuis la première mondiale en 2019 ?

La **plongée autonome à saturation** est une technique de plongée inventée et testée en 2019 lors de Gombessa 5 par **L. Ballesta et J.-M. Belin** (Andromède Océanologie) en relation avec **T. Mavrostomos et E. Albier** (Institut National de la Plongée Professionnelle, INPP). Il s'agit de l'association inédite de la plongée à saturation avec la **plongée autonome en recycleur à gestion électronique**. Privés de l'ombilical, les plongeurs n'ont plus de chauffage mais sont libres de leurs mouvements dans les trois dimensions. Pour lutter contre le risque d'hypothermie accru par l'hélium, ils étaient cette fois équipés de **chauffages individuels électriques à gaz**.

Les quatre plongeurs à saturation :



**Laurent Ballesta**  
Chef d'expédition et photographe



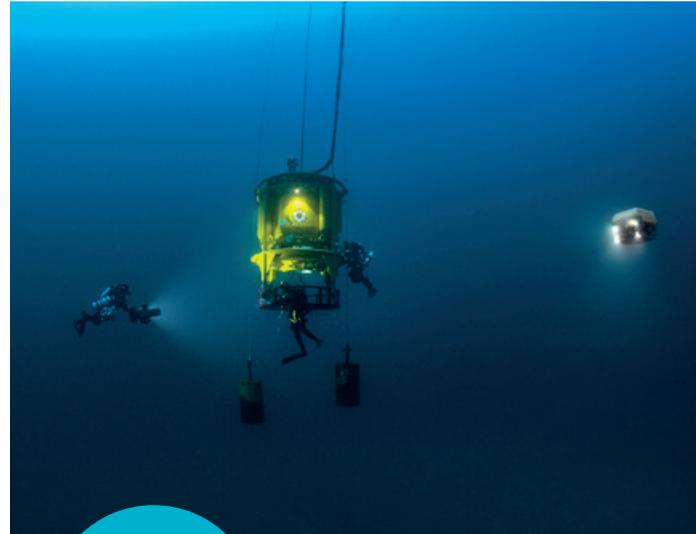
**Antonin Guilbert**  
Plongeur scientifique



**Thibault Rauby**  
Eclairagiste, responsable sécurité



**Roberto Rinaldi**  
Cadreur sous-marin



© Laurent Ballesta

20  
jours  
dans  
5 m<sup>2</sup>

### La plongée à saturation

Depuis son développement dans les années 1960, la plongée à saturation est utilisée pour les **travaux sous-marins très profonds** (exploitation d'hydrocarbures principalement). Les scaphandriers sont maintenus (en vivant dans une chambre pressurisée) à la pression de leur zone de travail pendant toute la durée du chantier ; leur corps est alors à saturation de gaz. Reliés à la tourelle par un gros ombilical ils sont alimentés en gaz, en électricité, en eau chaude, en lumière et peuvent communiquer avec la surface pendant les travaux. Les temps de plongée ne sont donc plus limités et la décompression ne se fait qu'à la fin du chantier, au sec, en sécurité dans leur chambre pressurisée. **L'INPP** qui a formé ces plongeurs durant 40 ans à Marseille a fermé en 2024.



Une  
pression  
**13 fois  
supérieure**  
à celle de  
la surface

### La station bathyale

D'une surface totale de 10 m<sup>2</sup>, la station bathyale est divisée en trois parties : **un caisson de vie (5 m<sup>2</sup>)**, **un module sanitaire (2 m<sup>2</sup>)** et **un module de transition (3 m<sup>2</sup>)**, également appelé "Tourelle ascenseur", permettant aux plongeurs de descendre puis de s'immerger dans les grands fonds. À la fin de la plongée, les plongeurs déposaient leur matériel dans des paniers couplés à la tourelle-ascenseur pressurisée qui les remontait vers le caisson de vie. Cette station bathyale était installée sur la **berge CETRAVIM**, tractée par le **remorqueur PIONNIER** depuis Marseille et de site en site.



Module de vie - repas



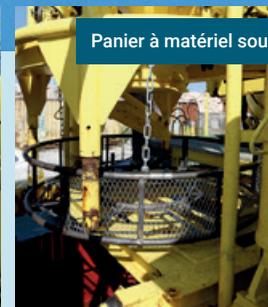
Module de vie - lit



Passe-plat



Intérieur de la tourelle ascenseur



Panier à matériel sous la tourelle

Tourelle ascenseur et puits de plongée

Un vaste panier en acier situé en dessous de la tourelle a été conçu et fabriqué par **C. Lumbreras** en lien avec **Andromède Océanologie**. Il permet aux quatre plongeurs profonds de récupérer et de déposer leur matériel de plongée et de prise d'images avant et après chaque plongée. Le matériel scientifique et les prélèvements étaient descendus/remontés dans un autre panier depuis le **PIONNIER** sous contrôle du ROV.

## ÉQUIPES ET MOYENS À LA MER

Les missions en mer comptaient entre **une dizaine (2022) et une trentaine de personnes (2021 et 2023)** réparties entre **différentes équipes et navires**.

**L'équipe PIONNIER**, composée de treize personnes sous le commandement de **L. Comier (2021)** et **E. Lorenzi (2023)**, était responsable du remorquage de la barge de l'INPP du continent vers la Corse (et de la traversée inverse), puis du positionnement de la barge sur les sites de la mission de plongée à saturation (2021), et servait de support aux ROV (2021 et 2023). Il était affrété par la Marine Nationale et la Préfecture Maritime.



Pionnier, remorqueur (73,6 m), barge Cetravim (25 m) et trimaran Victoria IV (14 m) en été 2021



Trimaran Victoria IV, navire support des scientifiques

**L'équipe CEPHISMER de la Marine Nationale** était constituée de cinq personnes en charge de piloter le ROV "ULISSE" (2021) et le ROV "DIOMEDE" (2023). Les ROV "surveillaient" les plongeurs, récupéraient certains outils et permettaient aux scientifiques de vivre en direct les plongées.



**L'équipe INPP (2021)**, sous la responsabilité du cadre enseignant à l'INPP **T. Mavrostomos** qui était entouré de six techniciens, surveillait les quatre plongeurs profonds et assurait le fonctionnement de la station pressurisée, de jour comme de nuit depuis la barge CETRAVIM.

**L'équipe du Parc marin**, à l'initiative du projet, a assuré une partie de l'ingénierie financière auprès des services compétents de l'OFB ainsi que la communication institutionnelle de l'expédition auprès des médias locaux et nationaux, sur les réseaux sociaux.



**L'équipe U-BOAT NAVIGATOR** affrété par Andromède Océanologie était le navire support des deux sous-marins (2023).

U-BOAT NAVIGATOR (24 m), bateau support de sous-marins



**L'équipe SUPPORT SURFACE dédiée aux plongeurs autonomes à saturation (2021)** était chargée de préparer et vérifier le matériel des plongeurs (recycleur, combinaison, ...) et de gérer les cinq appareils photos de L. Ballesta (déchargement des photographies, rechargement des batteries). Un équipier surface était assigné à chaque plongeur, supervisé par le directeur de plongée et spécialiste de la plongée profonde technique : **J.-M. Belin**.

**L'équipe scientifique**, coordonnée par **J. Deter**, était basée sur le Victoria IV. Parmi la cinquantaine de collaborateurs scientifiques de l'expédition, une dizaine est venue en mer (2021, 2022, 2023).



Y. Rineau filme trois géologues (M. Ferrandini, A. Charrière et E. Bard) explorant le gisement littoral de la Coscia.



**L'équipe FILM (2021 et 2023)**, sous la responsabilité du réalisateur et cadreur **Y. Rineau**, et constituée de cinq personnes était chargée du tournage pour le documentaire, de la réalisation du blog vidéo diffusé pendant et après la mission, et de la gestion des caméras qui filmaient le quotidien des plongeurs dans la station. Deux personnes supplémentaires sont venues en renfort pour une vidéo VR (réalité virtuelle).

## SITES EXPLORÉS ET CARTOGRAPHIE

### Une expédition au cœur du parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate / parcu naturale marinu di u Capicorsu e di l'Agriate

L'expédition scientifique s'est déroulée dans le **parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate / Parcu naturale marinu di u Capicorsu e di l'Agriate** (PNMCCA). C'est une jeune aire marine protégée créée par le décret n°2016-963 du 15 juillet 2016. Ce huitième parc naturel marin français, vaste de 6 830 km<sup>2</sup>, est le **plus grand parc naturel marin de métropole**. Son périmètre inclut 4 282 km<sup>2</sup> dans la zone économique exclusive française et répond à l'objectif de protection des écosystèmes marins tout en satisfaisant deux conditions : garantir le bon fonctionnement des **écosystèmes** (canyons, plateau continental étendu au nord, structures remarquables d'anneaux de coralligène, herbiers...) et accompagner les **activités socio-économiques** (pêche, activités de loisir, tourisme) vers une utilisation plus durable de l'espace maritime.



Un soutien technique et financier

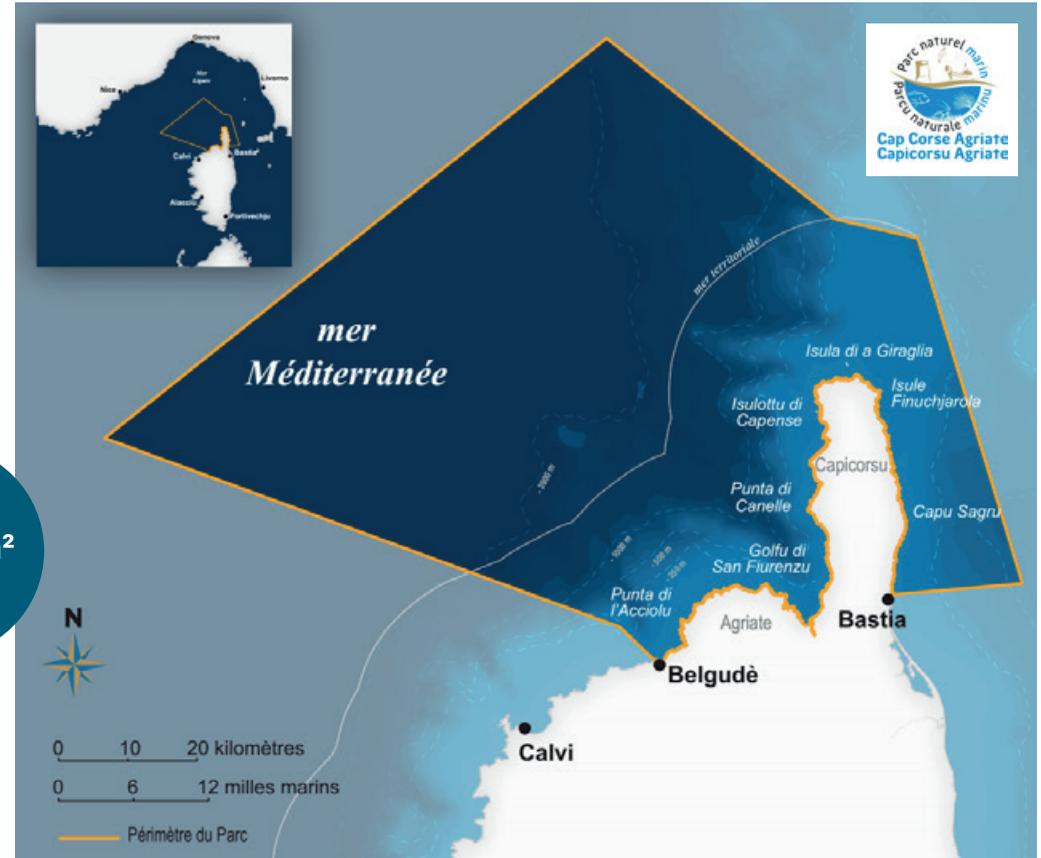
Un parc de 6 830 km<sup>2</sup> créé en 2016

### Un plan de gestion validé et approuvé en 2019

Son plan de gestion, document stratégique fixant les enjeux et objectifs, s'oriente autour de 9 enjeux distincts : qualité de l'eau, espèces, halieutique, habitats, activités socio-économiques, patrimoine culturel, changements globaux, gouvernance, sensibilisation et éducation à l'environnement. Le présent projet correspond plus particulièrement à l'atteinte des :

- sous-finalité 4a : la préservation des espèces protégées ou réglementées est garantie,
- sous-finalité 7b : le bon état de conservation des habitats d'intérêt communautaire est maintenu,
- sous-finalité 8a : les monuments naturels sont conservés.

Emprise du parc naturel marin Cap Corse et Agriate



Langouste (*Palinurus elephas*) et chapon (*Scorpanea scrofa*) (Gombessa 6)

L'expédition scientifique Gombessa s'inscrit dans la continuité de la campagne sur les **réefs coralligènes profonds** commandée en 2020 dans le PNMCCA (Andromède, 2021) en accord avec son plan de gestion, au travers les sous-finalités 4a, 7b et 8a, détaillées dans la partie ci-jointe.

### Recensement et cartographie des anneaux coralligènes et des habitats marins profonds

Afin de comptabiliser les anneaux et de compléter la cartographie existante des biocénoses marines de substrat dur (coralligène et roche du large), plusieurs campagnes d'acquisition au sondeur multifaisceaux ont été menées entre 2021 et 2023. **Trois sondeurs différents ont été utilisés, dont un à partir du DriX, un drone de surface autonome** appartenant à la société Exail, pour mener à bien ce recensement et fournir les modèles numériques de terrain de haute résolution en support à la cartographie. Au total, **17 500 ha des fonds marins ont été sondés**, permettant ainsi de recenser **1325 anneaux** et 305 entités indéterminées. En effet, l'analyse supplémentaires des données sonar historiques a permis de différencier plusieurs catégories d'anneaux (voir carte ci-contre).

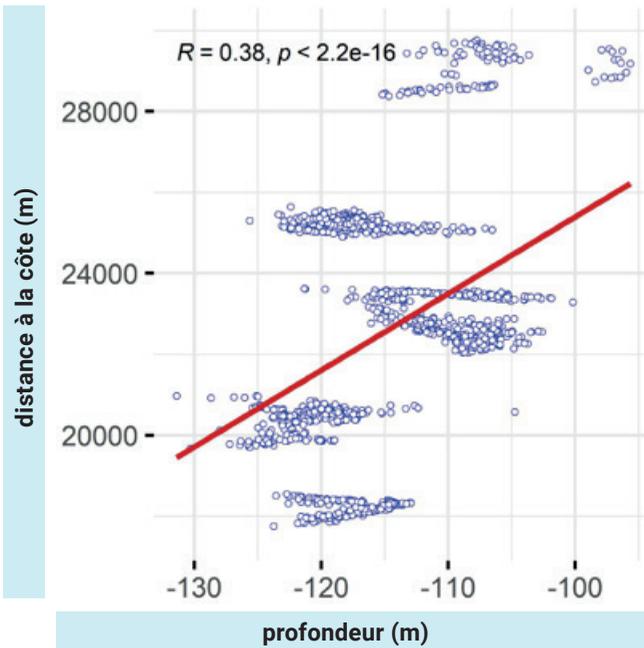
**532 sont localisés dans l'enceinte du parc et 1 096 en dehors du parc** (voir carte page suivante). Dix-neuf des entités localisées hors du parc sont d'ailleurs situées dans une zone "grise" entre les eaux françaises et italiennes (pas de rattachement officiel).



**1630**  
anneaux  
et entités  
indéterminées  
recensés

Surface  
totale données  
bathymétriques :  
**17 500 ha**

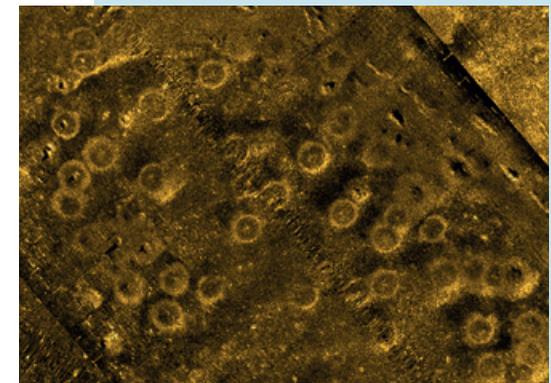
On observe une corrélation significative entre distance à la côte et profondeur des anneaux, avec une profondeur moindre pour les anneaux les plus éloignés.



Drone autonome de surface DriX



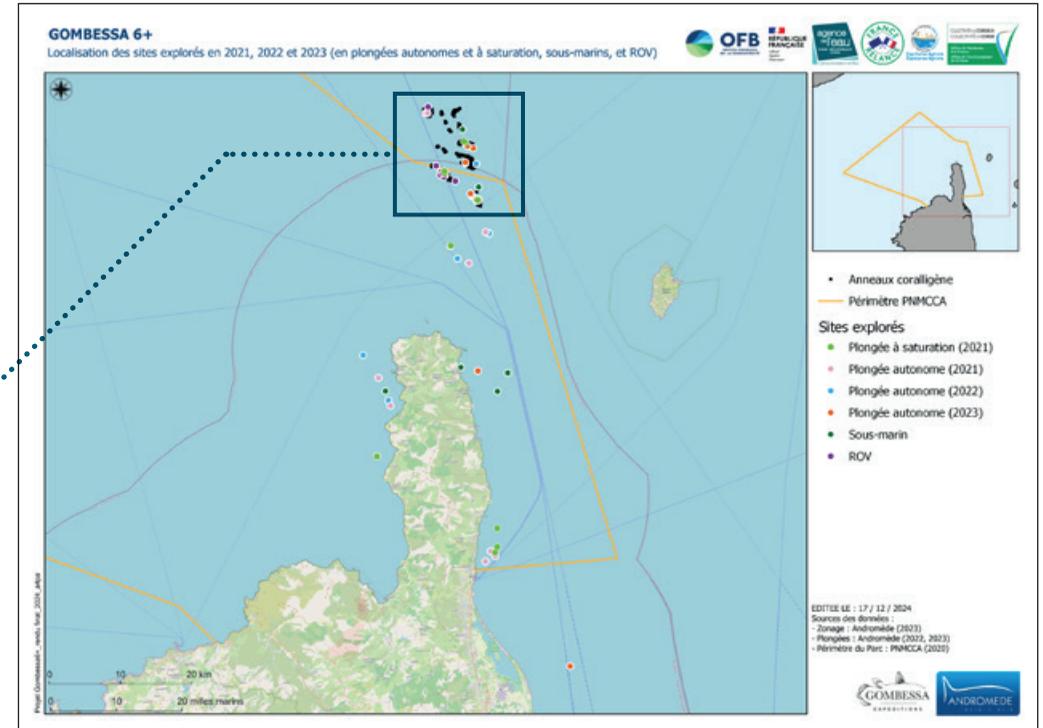
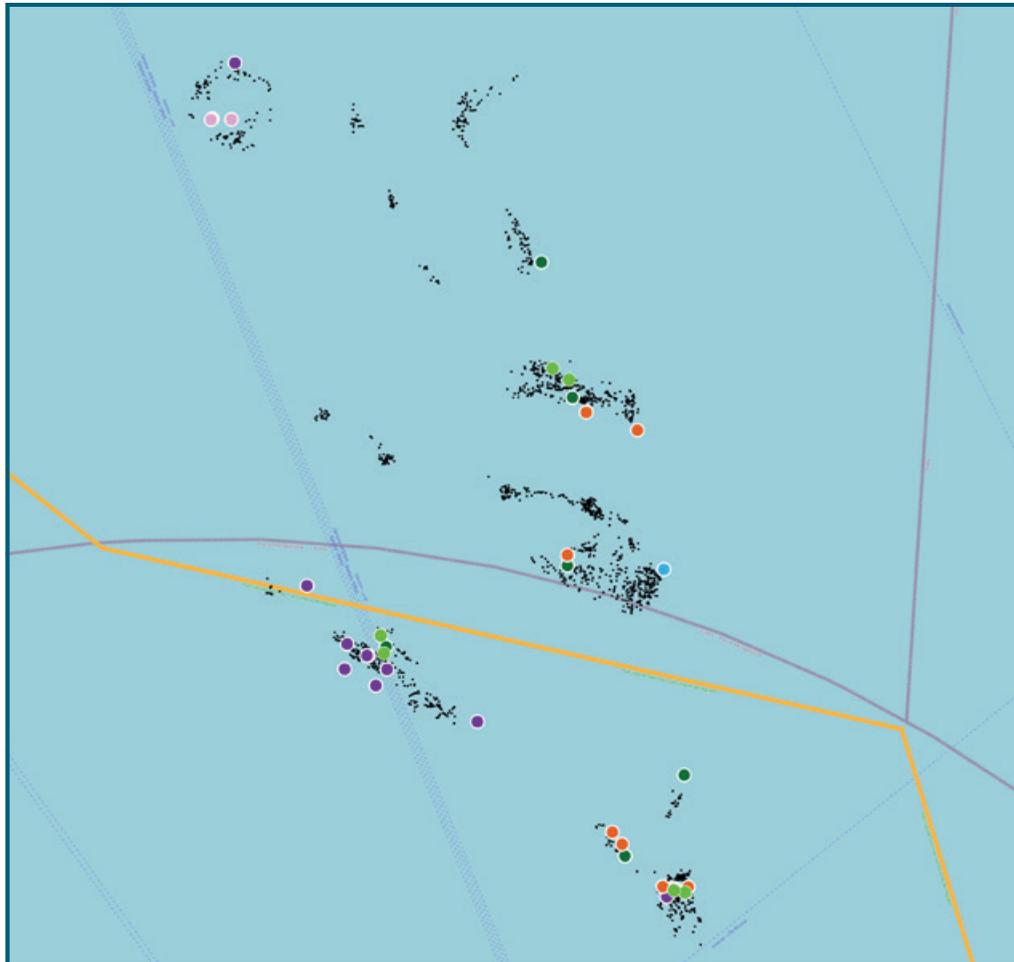
MNT montrant les reliefs des anneaux et des roches environnantes



Export sonar des anneaux coralligènes

### Les sites de plongée de l'expédition Gombessa 6 (2021-2023)

A travers 92 plongées, 937 heures ont été passées sous l'eau à étudier les écosystèmes **entre -62 et -120 m de profondeur** en réalisant des protocoles scientifiques transdisciplinaires établis avec **17 partenaires de divers organismes de recherche français et étrangers**. Parmi ces sites, **11 ont été plongés en ROV**, **16 à l'aide d'un sous-marin**, **12 ont été effectuées à saturation** et **53 en plongée autonome en recycleur**. La carte ci-contre et le zoom ci-dessous présentent toutes les plongées effectuées lors de ces trois années d'expédition.



Carte des sites de plongées par catégorie (autonome, à saturation, ROV, sous-marin) réalisées entre 2021 et 2023.

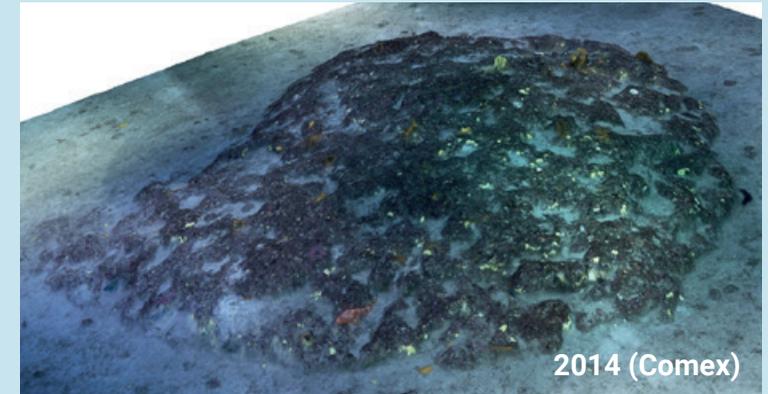
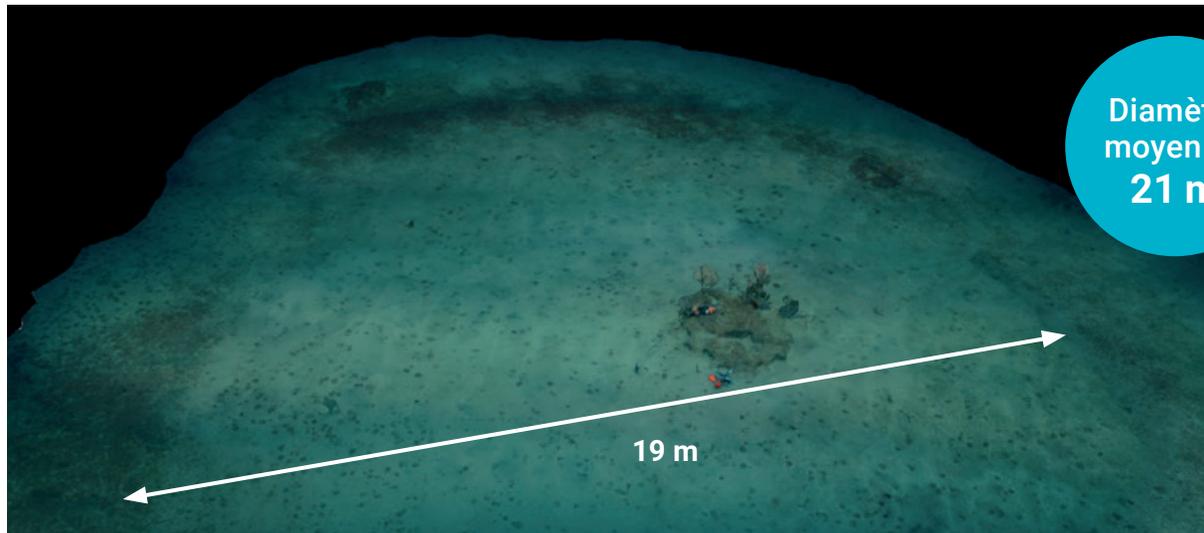
937 h  
d'immersion



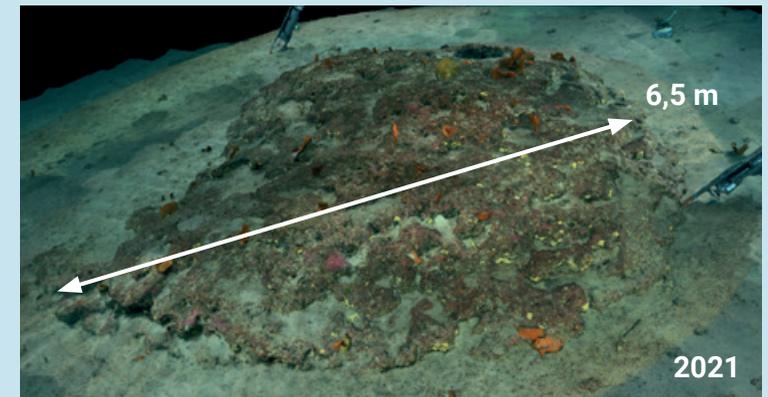
### Reconstruction des cœurs des anneaux en 3D

Plusieurs anneaux et noyaux centraux d'anneaux ont été numérisés en 3D par **photogrammétrie** afin d'illustrer et de décrire leur géométrie. L'un d'entre eux correspond à celui déjà numérisé par le robot de la Comex en 2014 (droite).

Nous avons ainsi pu mesurer les dimensions des anneaux numérisés (diamètre de l'anneau externe, diamètre et hauteur du noyau, pente autour du noyau...) pour analyser leur diversité morphologique et croiser avec les résultats des autres études scientifiques pour essayer de comprendre leur origine (**G. Marre**).

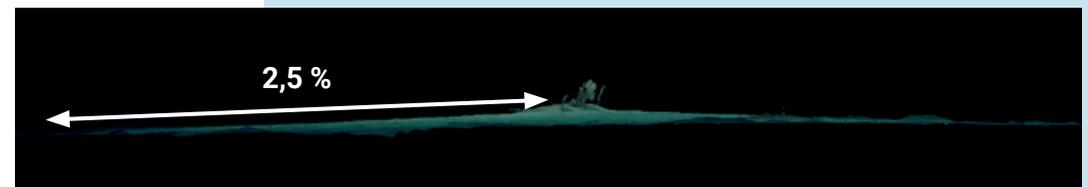
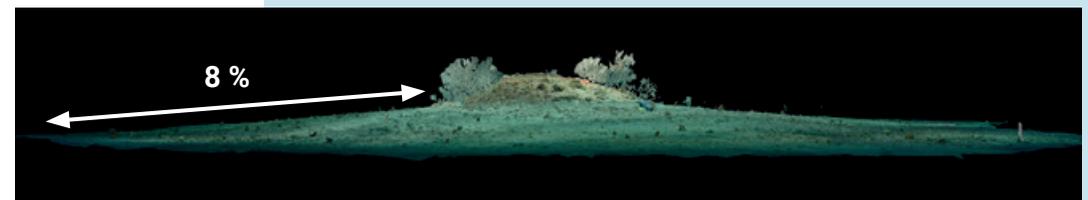
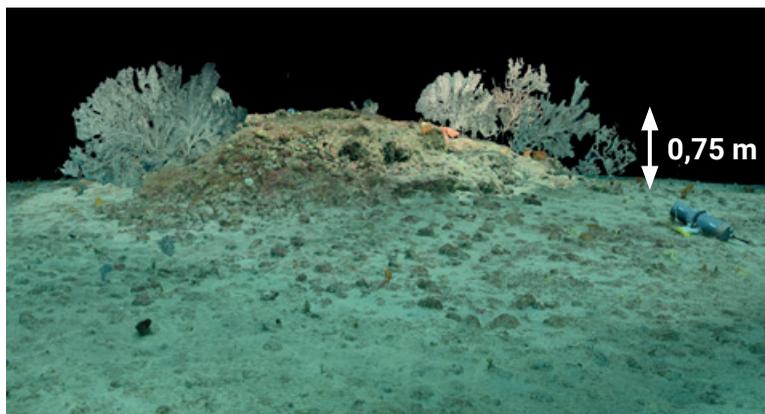


2014 (Comex)



2021

Exemples de dimensions mesurées sur un anneau à partir de sa reconstruction 3D par photogrammétrie.

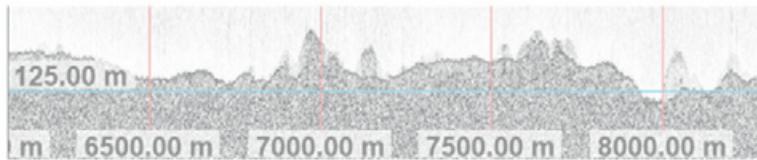


## RECHERCHE D'EFFUSION DE FLUIDES

Une des hypothèses à l'origine des dômes associés aux anneaux est la **sortie de fluides** (eau douce ou gaz) pouvant déformer le sous-sol et/ou faciliter la précipitation de certains minéraux à l'interface eau-sédiment.

Si au printemps 2023 les acquisitions du **DriX**, le drone de surface d'Exail, ont permis d'affiner la bathymétrie d'une zone d'anneaux (p.9), elles ont aussi confirmé **l'absence de racine structurale sous les anneaux** grâce au **sondeur de sédiment Echoes 3500** (3.5 kHz) qui a permis d'imager le sédiment jusque 75 m sous les anneaux (d'après **G. Jouve**). Les anneaux sont "posés" sur les **horsts**, compartiments sur-élevés de **failles**.

Le **SeapiX**, sondeur multifaisceaux d'Exail (150 kHz) opéré par **A. Bouchard** n'a pas non plus détecté de microbulles dans la colonne d'eau (2023).

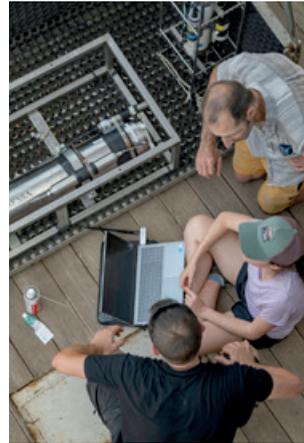


Pas de structure profonde visible sur les images du sondeur de sédiments Echoes 3500 opéré par le DriX au printemps 2023. Les anneaux sont situés sur les parties les plus hautes (horsts) des failles.



A. Bouchard (Exail) opère le SeaPiX à partir du Victoria IV en juillet 2023.

Anneaux "posés" sur un substrat sableux au niveau des horsts



L'équipe de A2 Photonic Sensors autour du Subocean.

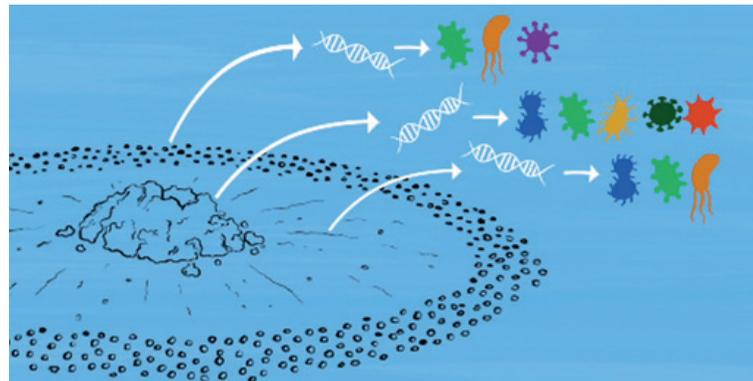
Aucune sortie actuelle et permanente de fluide

## L'analyseur de gaz ne détecte pas de pic de méthane dissous

Subocean mesure **2,5 à 3 ppm de méthane dissous**. Des quantités jugées classiques par ses opérateurs **S. Gluck, N. Zuanon et E. Barraud (A2 Photonic Sensors)**.

## Des organismes méthanotrophes sont trouvés dans les noyaux des anneaux...

Les **analyses métagénomiques** (2 sites en 2021, 1 site en 2022) montrent des communautés de microorganismes (procaryotes) totalement différentes au niveau du sédiment des noyaux centraux en comparaison au sédiment du halo, de la couronne ou de zones extérieures aux anneaux. D'après **R. Danovaro, L. Scienna et G. Luongo (Univ. Delle Marche)**, les noyaux des anneaux coralligènes sont des **points chauds d'activité fonctionnelle avec photosynthèse et consommation de méthane**.



Des communautés de micro-organismes bien différentes sur noyaux, halos et couronnes.

## Mesure des courants de fond par ADV

Deux ADV (Acoustic Doppler Velocimeter), pour la mesure acoustique ponctuelle des 3 composantes de la vitesse du fluide par effet Doppler, et un AQP (Aquadopp profileur de Nortek) pour le même type de mesure à différents points au-dessus du fond, ont été posés sur trois anneaux différents durant 13 jours (2021), 7 jours et 8 jours (2022).

**Aucune anomalie ou effusion verticale significative** n'a été détectée, un courant horizontal normal (20 à 30 m/sec) a été mesuré par **F. Bouchette** (Univ. Montpellier, UMR Géosciences).



Un ADV et un AQP sur le pont du bateau, en attente d'être posés sur un anneau.

## L'ÂGE DES ANNEAUX

### Carottage et datations du noyau central de trois anneaux

Les plongeurs à saturation ont carotté le noyau central de trois anneaux à l'aide d'une carotteuse hydraulique reliée au pont du Pionnier situé 120 m au-dessus d'eux. Les **carottes obtenues (70 cm de long)** ont été coupées en deux dans leur longueur afin de conserver une moitié brute au congélateur et l'autre moitié a été utilisée pour y débiter des **lames minces**. L'observation à la loupe et au microscope de ces lames minces (**S. Jorry** de Ifremer, **D. Basso** de l'Univ. De Milan, **C. Perrin** du MNHN et **M. Ferrandini**) montre qu'il s'agit de constructions d'origine entièrement biologique : algues rouges calcaires fossilisées principalement, mais aussi des bryozoaires et d'autres organismes marins inféodés aux **eaux de faible profondeur pour les trois quarts bas** de la carotte et aux **grandes profondeurs pour la partie haute**. Les datations de ces fossiles indiquent un âge de **21 500 ans pour la partie la plus basse** et de **8 800 ans pour la partie haute surmontée d'algues toujours vivantes**. La base des carottes est donc contemporaine du **dernier maximum glaciaire**, quand la surface de la Méditerranée était environ 110 m plus bas.



Essai de carottage

### Quel âge ont les rhodolithes de la couronne ?

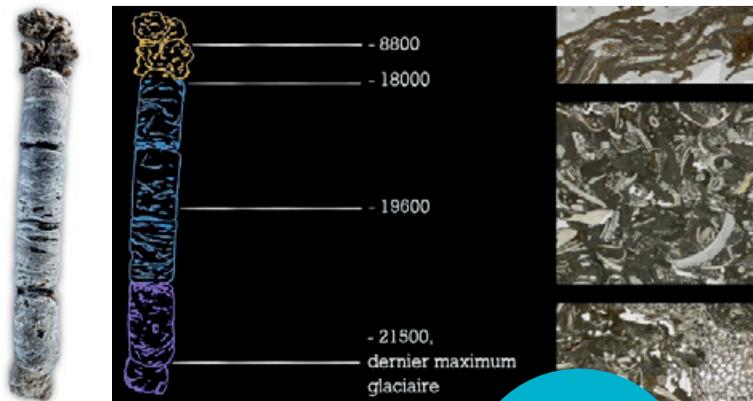
Des rhodolithes de la couronne (3 cm de diamètre environ) ont également été découpées en lames minces pour être datées. Elles ont démarré leur croissance il y a environ **8 200 ans**, l'âge de leur partie centrale. La partie externe est **toujours bien vivante** et fixatrice de carbonate minéral et de carbone organique via la **photosynthèse**... même par -115 m de fond grâce à l'extrême clarté des eaux du cap corse.



Prélèvement de rhodolithes d'une couronne. La pièce de 1€ indique l'échelle.



Lame mince au niveau du centre d'une rhodolithe montrant les couches concentriques de formation et le nucléus central.



Gauche : Photo d'une carotte de 70 cm prélevée dans le noyau central d'un anneau. Droite : schéma des différentes parties de la carotte en fonction de leur âge moyen (ans) et des observations de lames (droite).

Plus de **21 500 ans** pour les noyaux

**8 200 ans** pour les rhodolithes

### Datations au Carbone 14

Les algues calcaires fossilisées sont prélevées par Micromill (microscope couplé à une micro-perceuse pilotée par ordinateur) par **E. Bard et son équipe du CEREGE**. Après pré-traitement, le carbonate primaire est transformé en CO<sub>2</sub> puis daté par AixMICADAS. Ce spectromètre de masse par accélérateur est innovant par ses petites dimensions (2,6 x 3,2 m) et par la taille des échantillons analysables (<100 µg de carbone grâce à la source d'ions à CO<sub>2</sub> gazeux (GIS)).



### Le dernier maximum glaciaire (DMG)

C'est la période au cours de laquelle le froid a atteint son ampleur maximale, à la fin de la dernière période glaciaire, il y a **21 000 ans**. À cette époque, le **niveau de la mer était en moyenne 120 m plus bas** mais ce niveau exact peut varier de plusieurs dizaines de mètres en fonction de la proximité des glaciers locaux et de la distance aux pôles.

## L'HYPOTHÈSE DE LA SERPENTINITE

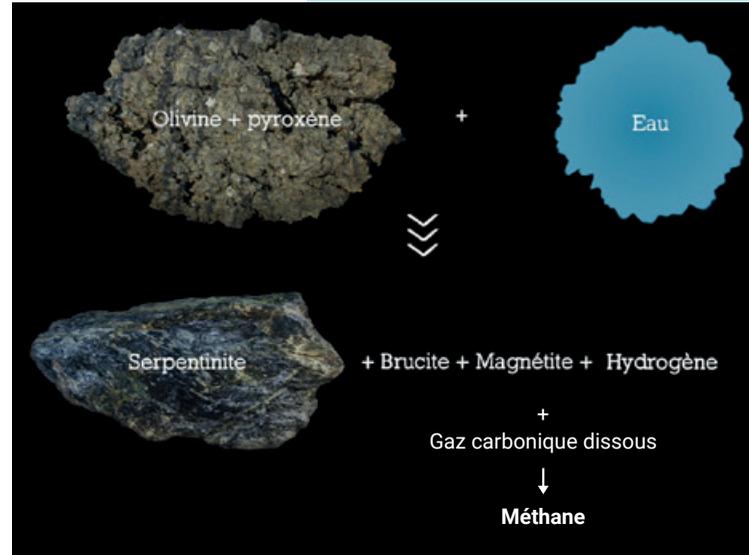
Pour expliquer l'uniformité des anneaux en termes de dimensions et de répartition et leur caractère unique, une explication est proposée par **E. Bard** : **l'effusion ancienne de méthane en lien avec la formation de serpentinite**. Ces effusions de méthane pourraient avoir initié la formation de carbonates et facilité l'installation de la vie en offrant un support de fixation.



Effusion ancienne de méthane (animation issue du film 26min).



Deux plongeurs sur un anneau.



## Des anomalies magnétiques détectées

Concomitante à la formation de serpentinite, la magnétite est une roche tellement magnétique qu'elle peut faire varier localement **le champ magnétique terrestre**. **J. Gattacceca et M. Uehara du CEREGE** ont cartographié sa présence sur terre au Cap Corse et pour la première fois en mer à l'aide d'un magnétomètre portatif.

## Un réseau de failles anciennes

Entre -30 et -15 millions d'années, **un réseau de failles** issu du détachement de la Corse du continent d'une part puis de l'écartement de l'Italie d'autre part, a mis en place un paysage de **hauts et bas plateaux avec un substratum contenant localement des péridotites**.

Ce réseau a été dessiné par **A. Charrière**.

Le  
croisement  
de conditions  
uniques

## La serpentinite, qu'est-ce que c'est ?

Une **roche métamorphique** constituée en grande partie de serpentine (famille de minéraux). Elle provient de la transformation de la péridotite, une roche ultrabasique du manteau terrestre. Sa formation s'accompagne entre autres de création de **magnétite** et d'hydrogène, qui en s'associant avec du gaz carbonique dissous forme du **méthane**.

En Turquie, Yanartaş (Chimère) est bien connu pour ses émanations de méthane "sources de feu éternel" issues de la serpentinitisation.



"Feu éternel" à Yanartaş (Chimère) en Turquie.

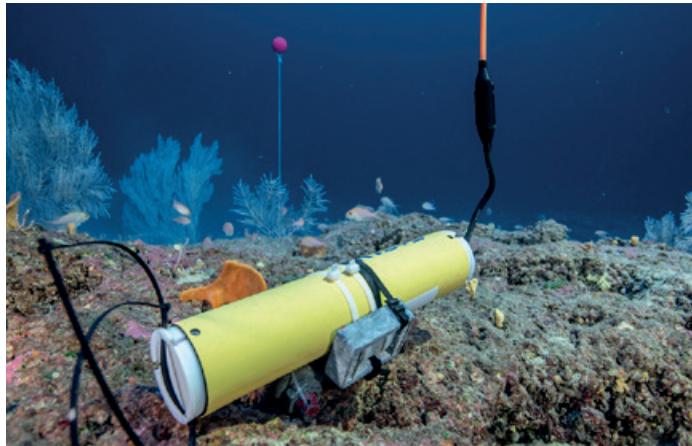
## Pourquoi au Cap Corse et nulle part ailleurs ?

Les observations quasi fantastiques des anneaux tels que nous les avons vus sont le résultat d'un croisement de conditions uniques comme la présence de serpentinite (source de méthane), de failles permettant la remontée de méthane et créant des plateaux autour de -115 m de profondeur, d'un chalutage relativement faible, et d'une eau extrêmement claire.

## DES PAYSAGES ACOUSTIQUES RARES

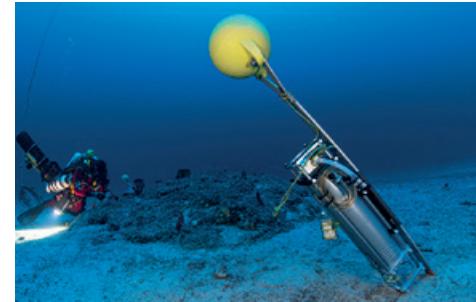
Quatre anneaux ont été équipés d'hydrophones (2 en 2021 et 2 en 2022) durant une semaine chacun environ. Malgré une **pollution sonore intense**, la structure acoustique suggère que les sons dominants sont émis par **des poissons ou des invertébrés**. Vingt-quatre types de sons ont été détectés parmi lesquels certains, notamment les séries de pulses, sont partagés avec les récifs coralligènes côtiers. Contrairement aux habitats coralligènes côtiers, **aucun rythme circadien marqué** n'est détecté sur les anneaux. La **présence régulière de cétacés** est relevée, principalement d'odontocètes (cachalots et delphinidae), par **L. Di Iorio** (Université de Perpignan) qui analyse ces données.

Présence  
régulière  
d'odontocètes



Un hydrophone sur un noyau

## INVENTAIRE DE POISSONS PAR ADNE, CAMÉRAS ET PLONGÉE



Eau de mer en cours de filtration pour échantillonnage de l'ADNe qui permettra d'étudier la diversité des poissons.

### Quelques poissons peu fréquents

Les hydrophones, les caméras automatiques, les observations des plongeurs et les prélèvements d'eau de mer (ADN environnemental) ont permis d'inventorier les poissons. Une **quarantaine d'espèces** sont détectées : des espèces de poissons de grands fonds côtoient les thons, espadons, bécasses de mer, barbiers perroquet et limberts à filament, ainsi que les **dragonnets d'Alboran** décrits seulement en 2016 et jamais observés vivants ni illustrés auparavant. Les plongeurs ont aussi rencontré pour la première fois de leur vie des **mérous à dents de chien** adultes. Aucun n'a été observé depuis 50 ans en France !

Une  
quarantaine  
d'espèces  
de poissons  
détectées

### Des bactéries associées aux gorgones ?

Les gorgones comme les coraux hébergent des **bactéries symbiotiques** qui pourraient présenter un avantage pour la nutrition. Prioux et al. (2024) viennent de montrer dans *Animal Microbiome* que certaines de ces bactéries (des souches d'*Endozoicomonadaceae* et de *Spirochaetacea*) **co-évoluaient** avec leurs hôtes octocoralliaires, on parle de **phylosymbiose** et de **co-phylogénie**.

Différents gorgonaires échantillonnés durant Gombessa 5 et 6.



Dragonnet d'Alboran *Callionymus albornensis* et Méroù à dents de chien *Epinephelus caninus*.

### Carte d'identité

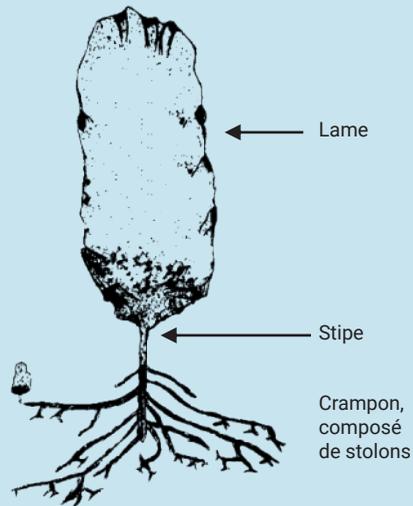
**Nom :** *Laminaria rodriguezii*

**Groupe taxonomique :** algue brune (Phaeophyceae)

**Lieu de vie :** grands fonds, au-delà de 60 m de profondeur

**Taille :** de quelques centimètres à plusieurs mètres (record de 3,5 m de long)

**Statut de protection :** protégée en Méditerranée par l'annexe I de la Convention de Berne et par l'annexe II ("espèces en danger et menacées") de la Convention de Barcelone.



L'espèce se distingue par sa base caractérisée par la présence de stolons rampants et ramifiés à partir desquels prennent naissance de nouveaux individus. La lame est plane au centre et plus ou moins ondulée sur les bords.

## ÉTUDE DES GORGONAIRES ET DES ALGUES



La laminaire de Rodriguez, une espèce endémique de Méditerranée

26  
spécimens  
en alguiers

### Mise en alguiers

À partir des récoltes des plongeurs en 2021, **26 spécimens** (8 algues brunes, 15 algues rouges, 3 algues vertes) ont été déposés en alguiers au MNHN par **L. Le Gall**.



Line Le Gall met les prélèvements en alguiers.

### Des grottes et des forêts de laminaires !

Des kilomètres de cavités/grottes ont été découverts en contre-bas de falaises autour de -100 m, à proximité des anneaux. Hydrophones (avec **F. Bertucci** de l'IRD-MARBEC), ADNe, et caméras automatiques ont été utilisés pour y inventorier la biodiversité. Les mêmes outils ont été utilisés pour inventorier les forêts de laminaires trouvées sur le haut de certaines de ces falaises.

### Une gorgone habituée des canyons

*Callogorgia verticillata* se rencontre habituellement sur le talus continental entre -200 à -800 m (MNHN et OFB, 2023-2025). Un tronçon d'une grande (1,50 m) colonie de cette gorgone se développant sur un noyau central d'anneau a été prélevé puis daté par radiocarbone (voir p.13) par **l'équipe d'E. Bard** au CEREGE. Cette colonie serait âgée d'environ **50 ans**.



Une  
colonie de  
50 ans



Plongeurs sur un noyau central couvert de *Callogorgia verticillata* (haut) et à l'entrée d'une grotte (bas).

### La vie cachée près des anneaux

Les anneaux et leurs alentours regorgent d'espèces qui se cachent les unes les autres. La plongée à saturation et les sous-marins ont permis d'augmenter considérablement le temps d'exploration sous l'eau même si la météo a joué contre nous, nous infligeant de nombreux jours chômés ou aux activités adaptées.



Post-larve de thonidé en train de se nourrir à proximité du doigt d'un plongeur au pallier



Porcelaine sur une *Acanthogorgia verticillata*



Deux plongeurs au-dessus d'un anneau au noyau central déstructuré.



Plongeur en approche d'une colonie de corail noir *Antipathes dichotoma*.

## LES PRESSIONS

### Pollution sonore

Un **bruit ambiant** globalement très élevé à cause du **trafic maritime** mais aussi du **vent fort** présent pendant les campagnes de terrain a été mesuré par les hydrophones (**L. Di Iorio** de l'Univ. de Perpignan) en 2021 et 2022.

### Le mouillage

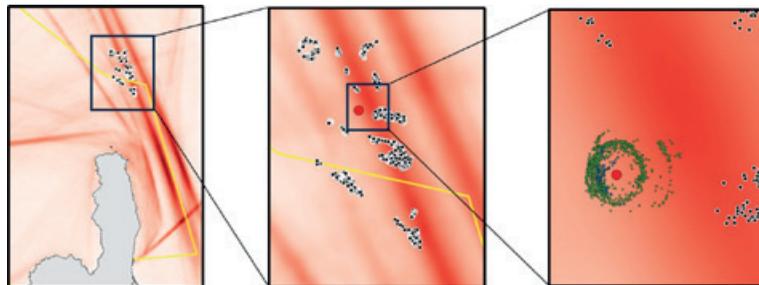
La zone des anneaux se situe sur un **important corridor de trafic maritime** (données AIS, Andromède Océanologie). Si peu d'évènements d'ancrage ont été détectés sur ces données, un **ancrage ponctuel** existe cependant sur cette zone écologiquement très sensible. La **collision du 07/10/2018** entre le "CSL Virginia", ancré au milieu de la zone des anneaux, et le cargo "Ulysse" en action de navigation, n'a heureusement pas fait de blessés mais a donné lieu à un déversement d'hydrocarbures en surface. Cet évènement illustre bien le **risque important pour la sécurité et pour l'environnement** de l'ancrage dans cette zone.



Sillons linéaires d'environ 4 mètres de large, probablement les traces d'une ancre trainée sur le fond, observés à -112 m traversant les anneaux (ici la couronne).

### Vers une meilleure protection...

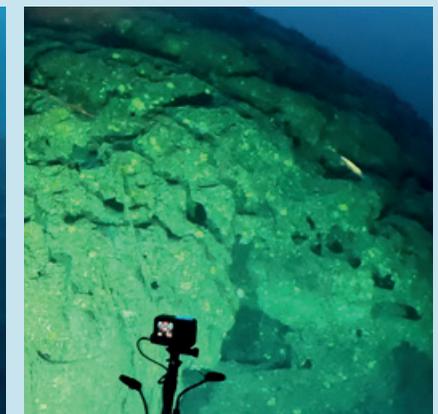
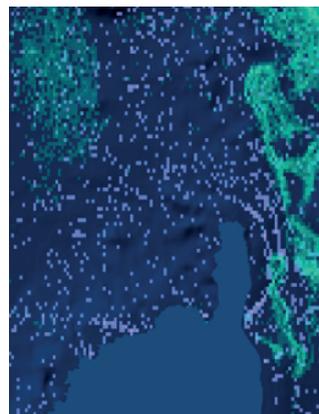
L'expédition Gombessa 6 apporte des éléments écologiques et géologiques importants en faveur d'un **renforcement de la protection de la zone des anneaux** dans le cadre de la démarche de labellisation ZPF (Zone de Protection Forte) déjà initiée par le Parc naturel marin Cap Corse Agriate (PNMCCA).



Zone des anneaux (points noirs) en bordure du PNMCCA (jaune) et intensité du trafic maritime (trafic élevé en rouge).  
Image de droite : point d'ancrage du navire "CSL Virginia" (point rouge) et positions des navires "Ulysse" (points bleus) et "CSL Virginia" (points verts) lors de la collision du 07/10/2018.

### De très nombreux engins de pêche perdus

Aucun site visité n'est exempt d'engins de pêche perdus. **Lignes et filets** au fond sont les témoins d'une activité de pêche (de plaisance et professionnelle) bien présente.



À gauche, effort de pêche détecté par AIS (vert) et détection SAR (violet) (Global Fishing Watch 2024).  
Au milieu et à droite lignes de pêche perdues observées en sous-marin sur les tombants à proximité des anneaux entre -100 et -110 m.

## FAIRE CONNAITRE LES ANNEAUX

### Trois films en lien avec le mystère des anneaux

Un **film long métrage** de 90 minutes (*Cap Corse : le mystère des anneaux*) a été réalisé pour la chaîne de télévision ARTE. Sous la forme d'une **enquête**, ce documentaire nous emmène dans la quête des scientifiques qui tentent de percer le mystère des anneaux. Il a reçu le **Grand Prix Galathéa** et a été présenté en avant-première à Bastia (ville porte du PNMCCA), Toulon et Marseille.

**arte** Le film sera diffusé en prime time le samedi 3 mai.

Un **documentaire scientifique** de 26 minutes produit pour l'Agence de l'eau RMC complète le long métrage pour expliquer tous les **protocoles mis en œuvre**.

► [Voir le documentaire](#) (du 15 juin au 15 juillet - Mot de passe : ANNEAUXSCIENCE)

Une **petite vidéo** (6min38) réalisée par la société 13prods prestataire de l'OFB dans le cadre du Plan de relance est diffusée sur la chaîne YT de l'OFB. ► [Voir la vidéo](#)

La **bande annonce** officielle du film long métrage est disponible [ici](#). L'ensemble des **vlogs** réalisés tout au long de l'expédition par **Jérémie Eloy** (mission 2021) et **Aline Faure** (mission 2023) sont disponibles sur la page YouTube *Gombessa expédition*. Ces films sont issus d'une co-production Andromède Océanologie / Les Gens Bien Productions.

► [Voir les vlogs](#)



**LES GENS BIEN PRODUCTIONS** développent et produisent des contenus documentaires pour la télévision et le digital dans les domaines de la découverte, de la science et de l'aventure. Autour du **producteur Vivien Lemaignan**, les équipes des Gens bien productions, se nourrissent de la démarche des aventuriers et placent l'audace, la créativité et l'éthique au cœur de leur pratique. Ils disposent de compétences transversales leur permettant d'intégrer l'ensemble de la chaîne de fabrication des films, du développement à la post production.



**GALATHEA** est le festival international du monde marin, un événement culturel et environnemental.



Grand  
Prix  
Galathéa  
2024



### Yann Rineau, co-auteur et réalisateur du film *Cap Corse : le mystère des anneaux*

Lorsque en 2021, Vivien Lemaignan et Laurent Ballesta m'ont proposé la réalisation de cette nouvelle mission Gombessa, j'ai accepté sans hésiter. J'avais été **le chef opérateur du film de l'expédition précédente**, Planète Méditerranée, réalisé par Gil Kébaïli, et j'étais désormais rodé aux expéditions sous-marines hors normes. Trois ans de travail pour mener à bien ce film de 90 minutes, je ne m'attendais pas à ce que le virus de l'aventure se propage à tous les échelons du film, du tournage au montage, en passant par la post-production.

Trois campagnes en mer ont été nécessaires pour comprendre et percer le mystère. J'ai dû adapter la réalisation, l'écriture du film au fur et à mesure de l'avancée scientifique, ce qui est très rare en documentaire. **Nous avançons en parallèle des résultats scientifiques**. Autre complexité, la prise de vue dans les modules de saturation a été un vrai challenge pour nous. Les 4 plongeurs s'enfermaient pour 20 jours. Nous devons trouver un moyen de filmer en continu ce qu'allaient vivre les plongeurs. L'inspiration et la technologie ont été empruntés des dispositifs mis en place sur les **plateaux de la télé-réalité**. De plus, dans le caisson hyperbare règne une atmosphère sous pression d'hélium qui altère la voix des plongeurs, il a fallu faire tout un travail de traitement du son pour comprendre et interagir avec les plongeurs. Pour la campagne d'exploration avec

le sous-marin, nous avons développé pendant des mois une caméra et son caisson, à l'extérieur du sous-marin, dirigé par un bras articulé. La caméra était pilotée par l'intérieur du sous-marin. Pour la prise de vue à l'intérieur du sous-marin, nous avons mis en place des **caméras embarquées** avec des micros sur chaque protagoniste, tout cela sur batteries autonomes, car les immersions pouvaient durer jusqu'à 4 heures.

Durant ces trois expéditions, nous avons vécu **une formidable aventure humaine, de belles rencontres** comme celle de Thomas Pesquet, tout ce qui fait la **dramaturgie** d'un film avec une tempête à affronter, du matériel majeur cassé, des découvertes scientifiques.

Les interviews des scientifiques se sont faites une fois le mystère résolu et pour ainsi condenser l'histoire que nous voulions raconter en 90 minutes. Pour finir nous avons passé **une année de post-production** à monter ces heures de rushes et coordonner les animations afin d'expliquer le phénomène scientifique.

La quête du mystère des anneaux, initiée par un **étonnement biologique**, nous amène à des questionnements géologiques pour nous faire voyager dans le **passé de la planète Terre**. En embarquant le spectateur au cœur de cette expédition, j'espère susciter une prise de conscience sur la nécessité de préserver nos océans et les espèces qui les peuplent et par ce voyage dans le passé : **sensibiliser la population à l'histoire climatique de la Terre**.

### Un livre : *Mers & Mystères*

Dans *Mers & Mystères*, **Laurent Ballesta** nous fait sentir que la mer est bien plus qu'un réceptacle de beauté ; elle est surtout un coffre à mystères. Il nous fait découvrir un univers insoupçonné, où des formes de vie anciennes, des paysages engloutis et des créatures étonnantes échappent encore à la compréhension humaine.

Au cœur de cet ouvrage, les photographies de phénomènes peu connus : les mystérieux anneaux du Cap Corse, ces formations énigmatiques situées à 120 mètres de profondeur, impliquant des années de recherches pour percer leur secret. Ou encore les limules des Philippines, ces créatures anciennes, témoins d'une autre époque, mais aujourd'hui essentielles à la médecine humaine. Le grand requin marteau des Tuamotu, dont la discrétion et la majesté intriguent ceux qui ont eu la chance de l'observer. L'histoire du Mont la Pérouse à La Réunion, une île disparue, emportée par l'élévation du niveau des mers il y a 20 000 ans. *Mers & Mystères* est un éloge de la curiosité, une invitation à admirer de plus près la biodiversité des océans, encore méconnue.

Parution  
en octobre 2025 :  
***Mers & Mystères***,  
le prochain livre  
de L. Ballesta



L. Ballesta et T. Pesquet en conversation dans le sous-marin... sous les étoiles.

### Un film en VR

Un film en réalité virtuelle (VR) de 9 minutes réalisé par **Manu Guionet** est destiné à un large public, qui sera invité, au travers des interviews de Laurent Ballesta et de Thomas Pesquet, à découvrir le site des anneaux du Cap Corse. Il sera diffusé par des casques VR Pico ou Quest par l'OFB mais aussi dans les lieux publics (musée, aquarium...) et les écoles afin de sensibiliser les plus jeunes à la préservation du site.

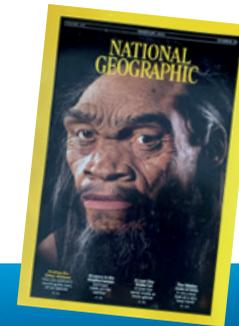
### Le mystère des anneaux en BD

Une BD de 9 pages synthétisant l'enquête scientifique sera publiée sur Medtrix. Elle a été dessinée par **Aline Faure**.



### Un article dans National Geographic

24 pages dans la **version américaine** du magazine publié en février 2025.



### Échanges avec un astronaute

La première plongée en sous-marin s'est déroulée avec un invité de marque : l'astronaute **Thomas Pesquet**. Cette visite fait suite à une promesse faite par Laurent lors d'une communication entre la **station bathyale**, où se trouvaient les quatre plongeurs autonomes à saturation en juillet 2021, et la **station spatiale internationale** où se trouvait alors Thomas. Échanger sur les similarités entre explorations sous-marine et spatiale était très enrichissant pour tous.



Échange bathyal-spatial en 2021

## La promesse d'images inédites

Près de 21 espèces très rares (jamais illustrées vivantes dans leur milieu), rares (peu photographiées), ou remarquables par leur profondeur de vie ou leur comportement inédit ont été photographiées. En voici quelques-unes :



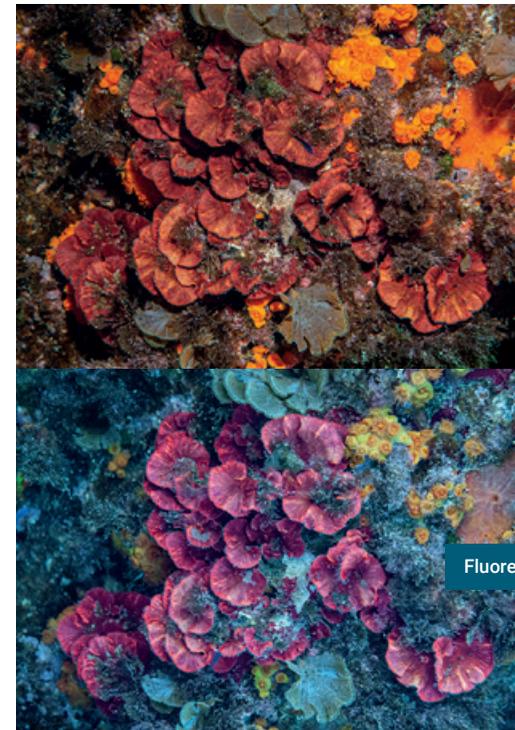
*Ophiacantha setosa* sur *Callogorgia verticillata*



Prédation de *Palinurus elephas* sur *Cidaris cidaris*



Paysage exceptionnel : forte densité d'oursins *Cidaris cidaris*



Fluorescence des rhodophycées



### Paysages sur Medtrix

Près de 124 photos d'espèces et 22 de paysages photographiés pendant l'expédition Gombessa 6 en 2021 sont disponibles sur la plateforme Medtrix, au niveau de l'observatoire des espèces et des paysages marins MER-VEILLE.

### L'EXPÉDITION GOMBESSA 6 "LES ANNEAUX DU CAP CORSE" N'AURAIT PAS ÉTÉ POSSIBLE SANS LE SOUTIEN DE NOS DIFFÉRENTS PARTENAIRES FINANCIERS, SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES :



### ... ET DE TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PERMIS LE BON DÉROULEMENT DE CETTE EXPÉDITION :

**Coordinateur surface et chef d'expédition :** Florian Holon

**Équipe des plongeurs profonds :** Laurent Ballesta, Antonin Guilbert, Thibault Rauby, Roberto Rinaldi.  
**Directeur des plongées :** Jean-Marc Belin. **Assistants plongeurs :** Justine Charbonnier, Jordi Chias, Guilhem Marre, Thomas Pavy, Michèle Leduc, Stephen Mauron, Sébastien Personnic.

**Capitaines catamarans :** Stephen Mauron, Pierre Descamp, Michèle Leduc, Christian Coumes.

**Équipe SURFACE :** Noémie Agel, Marie Guillot, Mathieu Robert, Isabelle Simonnet.

**Équipe du PNMCCA :** Madeleine Cancemi, Kevin Da-Cunha, Jean-Laurent Massey, François Secondi, Nicolas Tomasi, Laurent Ricquiers et l'équipe opération.

**Scientifiques :** Agathe Blandin, Thomas Bockel, Gwenaëlle Delaruelle, Julie Deter, Guilhem Marre, Didier Aurelle, Constantino Ballestra, Edouard Bard, Emeline Barraud, Daniela Basso, Georgio Bavestrello, Hudi Benayahu, Frédéric Bertucci, Fernandino Boero, Alban Bouchard, Frédéric Bouchette, Nicole Boury-Esnault, Olivier Bruguier, André Charrière, Laurent Chauvaud, Pierre Chevaldonné, Roberto Danovaro, Lucia Di Iorio, Michèle Ferrandini, Christine Ferrier-Pagès, Giulia Furfaro, Jérôme Gattacceca, Stéphane Glück, Roberto Grilli, Régis Hocde, Samuel Iglesias, Jean-Pierre Imbert, Alain Izart, Stephan Jorry, Guillaume Jouve, Line Legall, Patrick Louisy, Gabriella Luongo, David Mouillot, Nicolas Moureau, Johann Mourier, Eric Parmentier, Viviana Peña Freire, Thierry Perez, Gérard Pergent, Martini Christine Pergent, Christine Perrin, Stefano Piraino, Camille Prioux, Xavier Raick, Stéphanie Reynault, Jean-Jacques Riutort, Benoît Ropars, Luc Rossi, Lorenzo Scenna, Sabine Stöhr, Thierry Thibaut, Romie Tignat, Minoru Uehara, Jean Vacelet, Jeroen Van de Water, Laure Velez, Marc Verlaque, Sébastien Villéger, Helmut Zibrowius, Nicolas Zuanon.

**Équipe INPP :** Eric Albier, Michel Arnaud, Grégory Bleton, Stéphane Ceniccola, Gérard Chiarazzo, Sébastien Gaignard, Richard Gamba, Eric Guieu, Théo Mavrostomos, Romain Orlandini.

**Équipe remorqueur (Pionnier) : Capitaines/Chef mécanicien** Laurent Comier, Erwan Lorenzi, Stéphane Calvo. **Officiers** Fabrice Piquet, Yann Ballot, Basile Buisson, François Cadot, Maxime Guesnon, Brendan Boezennec, François Achard. **Personnel d'exécution** Cyriaque Motreff, Pierre Fedorenko, Joseph Gatto, Philippe Duranti, Tavite Tolofua, Etienne Hugon, Loïc Le Pluar, Sophie Le Pluar, Emmanuel Poilane.

**Équipe U-Boat Navigator sous-marins :** Evgeny Tomashov, Dmitry Tomashov, Serhii Zhdanovich, Andrey Golovanov, Olena Kutova.

**Équipe FILM :** Gil Kébaili, Yann Rineau, Lionel Thillet, Pierre de Parscau, Emmanuel Guionet, Alexandre Delol, Ugo Venel Romain Bauza Roberto Rinaldi, Yanick Gentil, Jordi Chias, Evgeny Tomashov, Dmitry Tomashov, Kévin Peyrusse pour la partie réalisation. Et Vivien Lemaignan, Mélanie Van Kempem, Bénédicte Richard et Héloïse Molina pour la partie production.

Les photographies proposées ne sont pas libres de droits et les crédits respectifs doivent être respectés.



## BIBLIOGRAPHIE

Andromède, 2021. Étude du coralligène profond dans le Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate - Année 2020. Contrat Andromède Océanologie / Parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate / OFB. 228 p.

Andromède Océanologie, 2022. Expédition scientifique Gombessa 6 : le mystère des anneaux coralligènes. Rapport final. 338 pages.

Andromède Océanologie, 2023. Expédition Gombessa 6+ - missions 2022/2023. Poursuite des activités de R&D sur les habitats profonds dans le Parc Naturel Marin du Cap Corse et de l'Agriate. Rapport final. 376 pages.

Ballesta Laurent, en préparation. *Mers & Mystères*.

Bonacorsi, M., Pergent-Martini, C., Clabaut, P., & Pergent, G. 2012. *Coralligenous "atolls": discovery of a new morphotype in the Western Mediterranean Sea*. Comptes rendus biologies, 335(10-11), 668-672

Faure Aline, 2024. *Expédition Gombessa : le mystère des anneaux du Cap Corse*. Bande dessinée sur la base d'une synthèse scientifique (2023) rédigée par Julie Deter, relue et corrigée par Stephan Jorry, Edouard Bard, André Charrière, Guillaume Jouve, Michelle Ferrandini, Alain Izart, Jérôme Gattacceca, Minoru Uheara, Laurent Ballesta, Stéphane Gluck, Gwenaëlle Delaruelle, Lucia di Iorio, Agathe Blandin

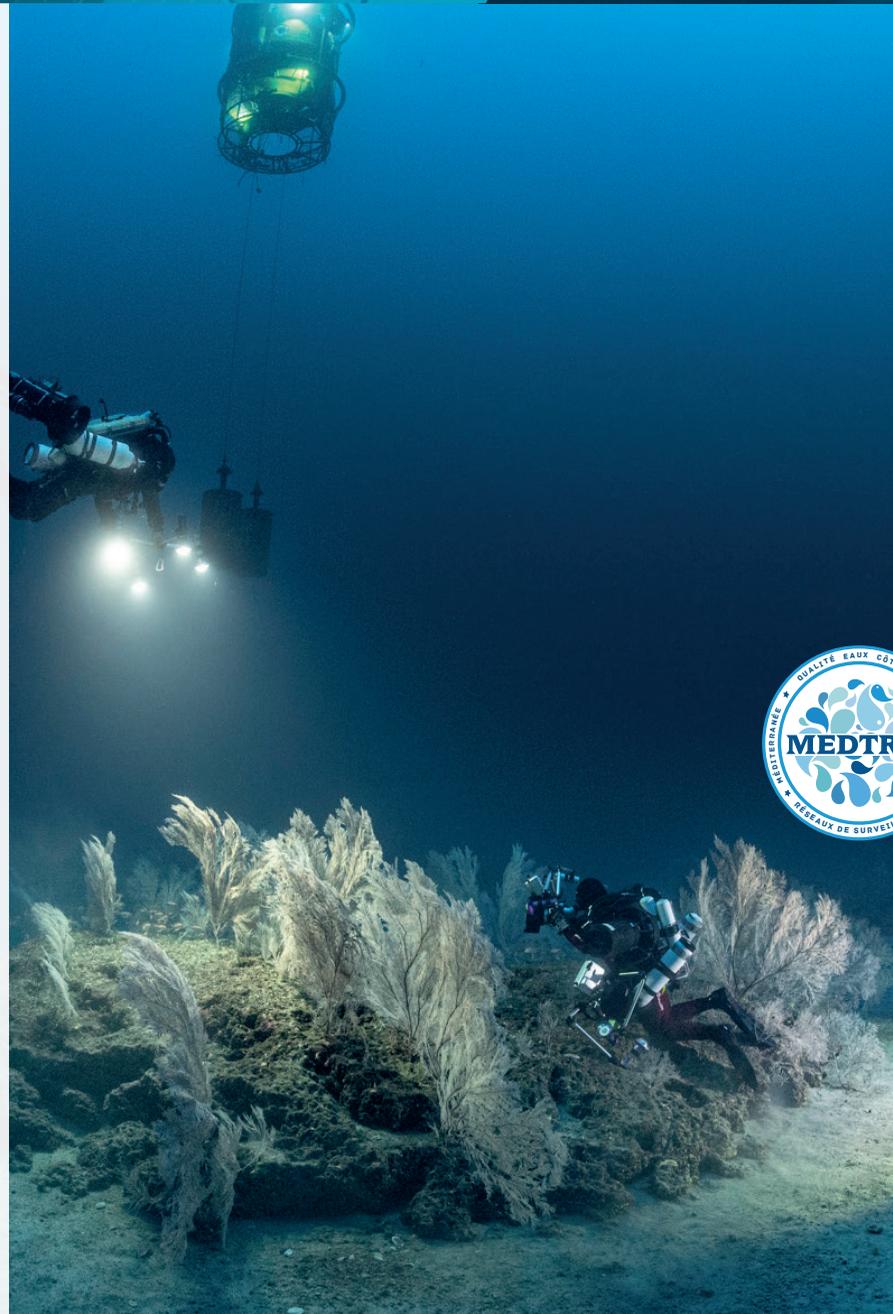
Global Fishing Watch, 2024.  
<https://globalfishingwatch.org/> - Le 14 novembre 2024

Medtrix. 2025. Cahier de surveillance N°22, édition spéciale. Le coralligène, bioconstruction de Méditerranée.  
[https://medtrix.fr/wp-content/uploads/2025/01/CS\\_22.pdf](https://medtrix.fr/wp-content/uploads/2025/01/CS_22.pdf)

MNHN & OFB [Ed]. 2003-2025. Fiche de *Callogorgia verticillata* (Pallas, 1766). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN).  
[https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/381564](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/381564)  
Le 27 janvier 2025

Pluquet, F. 2006. Évolution récente et sédimentation des plates-formes continentales de la Corse. Mémoire de thèse PhD. Université de Corse – Pascal Paoli. Disponible sur  
<https://archimer.ifremer.fr/doc/2006/these-3363.pdf>

Prioux Camille, Ferrier-Pagès Christine, Deter Julie, Tignat-Perrier Romie, Guilbert Antonin, Ballesta Laurent, Allemand Denis, van de Water Jeroen (2024). *Phylosymbiosis and co-phylogeny in the holobionts of octocorals from the Mediterranean Sea and Red Sea*. Animal Microbiome. 6 :62. 10.21203/rs.3.rs-4780615/v1.



*MEDTRIX - Cahier de surveillance N° 24.*  
*Edition spéciale - Gombessa 6 : le mystère des anneaux du Cap Corse.* 2025. 23 p.

Auteur.e.s : Thomas Bockel, Agathe Blandin, Julie Deter, Guilhem Marre, Claudia Tanus (Andromède Océanologie), Gwénaëlle Delaruelle (l'Oeil d'Andromède).

Nous remercions pour leur relecture :  
Florian Holon (Andromède Océanologie),  
Pierre Boissery (Agence de l'eau RMC)

Nous remercions les personnes ayant participé à l'élaboration de ce cahier, tant pour son contenu que pour ses illustrations : AixMICADAS, Laurent Ballesta, Edouard Bard, Alban Bouchar, Frédéric Bouchette, Lucia di Iorio, Jérémie Eloy, Aline Faure, images de Flickr, Guillaume Jouve, Thomas Pavy, Mine de rien.



Une plateforme cartographique en ligne au service des acteurs du milieu marin pour la surveillance des eaux côtières et des écosystèmes de Méditerranée.

<https://medtrix.fr>  
<https://plateforme.medtrix.fr>

**Contact Agence de l'eau RMC :**  
pierre.boissery@eaumc.fr

**Contact Andromède Océanologie :**  
florian.holon@andromede-ocean.com

**Contact l'Œil d'Andromède :**  
gwenaëlle.delaruelle@andromede-ocean.com

**Pour toutes questions relatives à la plateforme :**  
medtrix@andromede-ocean.com

