



## Expédition Gombessa 5 : Planète Méditerranée

### Impact de l'enfermement et bilan scientifique.

#### 8 mois après la fin de l'expédition.

Il y a déjà plus de 8 mois, Antonin, Laurent, Thibault et Yanick, confinés volontaires dans la station bathyale\*, ont validé une nouvelle technique de plongée : la plongée à saturation en recycleur électronique. Les 4 plongeurs n'ont pas ou peu souffert physiquement du confinement à 13 bars durant 28 jours malgré le contexte extérieur particulièrement chaud. Malgré l'inconfort thermique, la promiscuité extrême, le goût des aliments altérés et le bruit incessant, les quatre plongeurs savaient que cet enfermement était le prix à payer pour une nouvelle liberté et des possibilités d'observations inédites.

A partir des prélèvements effectués lors des 31 plongées entre 60 et 144 m de profondeur, ces huit mois ont été pleinement exploités par les chercheurs partenaires de l'expédition pour produire des résultats uniques et originaux. Les récents résultats montrent que :

- Près d'une trentaine d'observations animales inédites (espèces ou comportements jamais illustrés en milieu naturel) a été réalisée
- Le cycle de vie de l'espèce de laminaire endémique de Méditerranée a été résolu et sa température maximale de résistance déterminée (26°C)

*\*en référence à la zone bathyale qui désigne en océanologie les grandes profondeurs (>200m) juste avant la zone abyssale.*

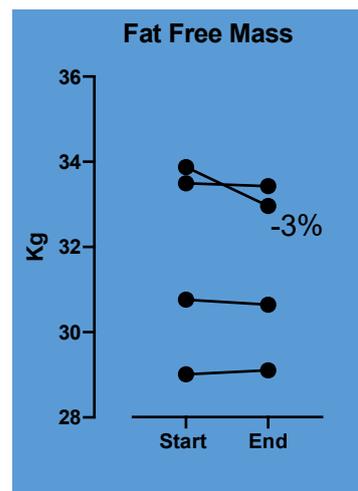


- La contamination chimique des sédiments est globalement faible mais tous les sites sont contaminés aux PCB
- Le nombre d'espèces de poissons détectées à travers leurs traces ADN dans l'eau est similaire dans les différentes zones du Parc National des Calanques et en dehors. Certaines espèces commerciales sont détectées en zone interdite de pêche (réserve) alors qu'elles ne le sont pas ailleurs.
- Les caractéristiques physiques des sites sont publiées et disponibles.

Plus de détails sur les récents résultats pages suivantes.

**- Que sait-on de l'impact sur les plongeurs des 28 jours enfermés dans 5 m<sup>2</sup> à respirer un mélange d'hélium et d'oxygène (2 %) à 13 bars de pression ?**

L'état nutritionnel et l'hydratation étaient bons et stables grâce à l'attention portée aux plongeurs et malgré les fortes chaleurs. Les chutes de masse musculaire attendues n'ont pas été observées sauf pour un plongeur (- 3 %) habitué à un programme d'entraînement physique intense en dehors de l'expérience en saturation (Fig ci-contre : Variation de masse maigre). Les Changements de Microbiote (analyse des fécès) sont en cours d'analyse. Les impacts toxiques sur les poumons sont légers et correspondent aux effets attendus. Les bulles de gaz en circulation relevées au retour des incursions de plongée sont négligeables.





Laurent Ballesta, Yanick Gentil, Antonin Guilbert et Thibault Rauby confinés dans la station bathyale.

©Laurent Ballesta – Andromède Océanologie

- **Quelles perspectives pour cette nouvelle technique de plongée ?** Le premier bilan publié le 8 octobre 2019 avait déjà acté **la réussite du mariage de la plongée à saturation avec la plongée autonome en recycleur électronique**. Il est désormais envisagé d'utiliser cette technique pour une étude complète pluridisciplinaire autour de l'épave du Natal à -120 m.



Thibault Rauby, Antonin Guilbert, Yanick Gentil et Laurent Ballesta frigorifiés au retour d'une plongée.

©Laurent Ballesta – Andromède Océanologie



- **Que nous indiquent la sonde multiparamètres ?** Pour connaître les caractéristiques des sites explorés, une sonde multiparamètres a été immergée depuis le bateau scientifique sur chaque site. Elle sert à dresser le profil de la colonne d'eau du fond à la surface : température, salinité, turbidité, luminosité, conductivité, pH, fluorescence, quantité d'oxygène. Les températures ont varié de 26,7 °C en surface à 13,8 °C au plus profond de la sonde de mesure (-197 m). Ces **températures sont en moyenne de 2°C à 3°C supérieures à la normale**. La Méditerranée est un « *hot-spot* » du changement climatique, car elle se réchauffe 20% plus vite que le reste des océans.

Les **données sont publiées et disponibles** : Deter Julie, Juhel Jean-Baptiste, Boulanger Emilie, Guellati Nacim, Mauron Stephen, Holon Florian, Mouillot David, Hocdé Régis (2020).

[Gombessa 5 cruise: CTD profiles in western Mediterranean, July 2019. SEANOE.](https://doi.org/10.17882/71814)

<https://doi.org/10.17882/71814>

- **Quelles images inédites ont été remontées ?** Près d'une trentaine de **comportements** ou **espèces jamais illustrés en milieu naturel** : le barbier perroquet (cf. photo), la morue cuivrée, la cardine tachetée, les parades nuptiales des murènes (cf. photo), les accouplements et la ponte du calmar veiné.



Parade nuptiale des murènes, *Muraena helena*.  
©Laurent Ballesta – Andromède Océanologie.



Accouplement de calmars veinés, *Loligo forbesi*.  
©Laurent Ballesta -Andromède Océanologie



Barbier perroquet, *Callanthis ruber*.  
©Laurent Ballesta – Andromède Océanologie.

- **Quels résultats pour l'ADN environnemental ?** A partir de prélèvements d'eau, les espèces de poissons présentes, et qui y ont laissé du mucus ou des écailles, sont inventoriées (méthode de l'ADN environnemental). Une centaine d'espèces a été détectée dans et en dehors du Parc National des Calanques. Certaines espèces commerciales (ex : espadon, raie violette, barracuda, grondin perlon) sont détectées en zone interdite de pêche (réserve) alors qu'elles ne le sont pas ailleurs.

- **Qu'a-t-on appris de nouveau sur la laminaire Méditerranéenne (*Laminaria rodriguezii*) ?**  
Sur un des quatre sites Méditerranéens français connus pour abriter cette espèce d'algue brune, un individu **record de 3,5 m de long et âgé de 3 ans a été collecté à -75 m.**

Les plongeurs ont effectué des prélèvements et des mesures pour analyser la structure de la population étudiée. Contrairement à ce que l'on pensait, l'espèce ne possède pas de longs stolons reliant les grands individus entre eux mais de très nombreux stolons qui se détachent très facilement et donnent de nouvelles pousses. Cette observation expliquerait la **clonalité** mesurée en génétique. **La densité est très variable** sur le site (de 1 à plus de 20 individus par mètre carré). Il y a aussi une très **forte variabilité dans la taille** avec des individus pouvant

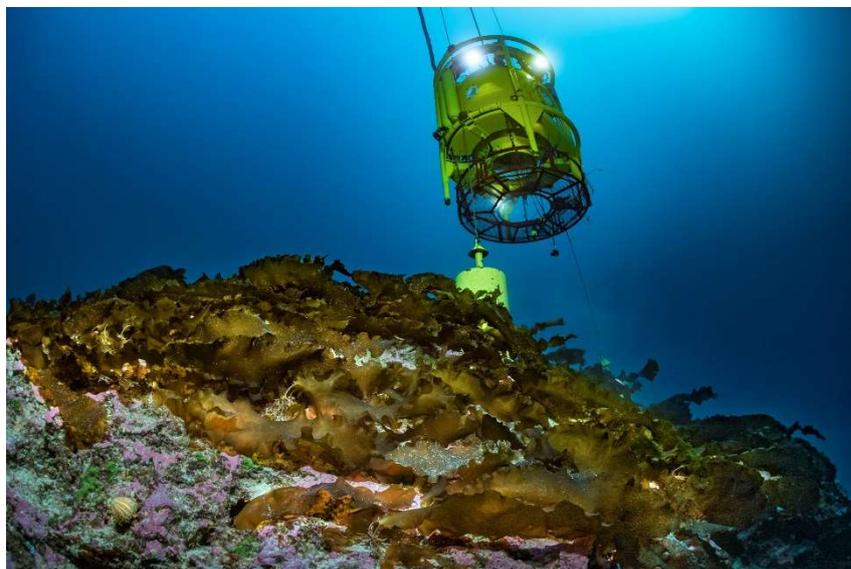


atteindre 3,5 m et d'autres quelques centimètres. Les âges mesurés par dendrochronologie ne semblent pas correspondre à la taille des individus. Un individu crée une fronde (« feuille ») qui persiste une ou deux années mais **on ne connaît pas encore la durée de vie** des individus, certainement plusieurs années.

La dispersion locale provient d'une reproduction sexuée et asexuée assurées simultanément par les mêmes individus, avec une dominance de clones. Le cycle de reproduction de l'espèce était inconnu jusqu'à présent. Grâce à l'expédition Gombessa des parties en reproduction ont été prélevées et mises en culture pour découvrir le **cycle de vie complet** : une **phase sporophyte géante** (les individus que l'on voit) à 2n chromosomes qui produit des spores qui se fixent sur le substrat, et germent après une réduction chromatique (division du nombre de chromosome par deux) qui donnent une **phase microscopique** de gamétophytes mâles et femelles (à n chromosomes) de quelques centaines de microns totalement impossibles à observer *in situ*. Ces gamétophytes libèrent des gamètes mâles libres et ciliés qui se déplacent vers des gamètes femelles immobiles. Le résultat de la reproduction est un embryon à 2n chromosomes qui donnera un sporophyte géant, la laminaire vue par les plongeurs.

Enfin, une expérience a eu lieu sur **l'influence de la température sur le développement** des zones de croissance du sporophyte. Ces zones de croissances ont été mises en culture à différentes températures afin de tester la résistance à l'augmentation des températures de la Méditerranée. Pour rappel ces laminaires vivent à une telle profondeur que la température est pour l'instant stable autour de 13°C. Les premiers résultats montrent une **température létale à 26 °C**. Ce qui permet d'espérer une survie de l'espèce aux différentes prédictions d'augmentation de température des eaux de la Méditerranée.

Ces résultats originaux et uniques sont extrêmement précieux pour la compréhension de sa biologie et de son écologie et permettront de la protéger/conservé.



Tourelle sur un site français connu pour abriter des laminaires de Méditerranée, *Laminaria rodriguezii*.  
©Laurent Ballesta – Andromède Océanologie.

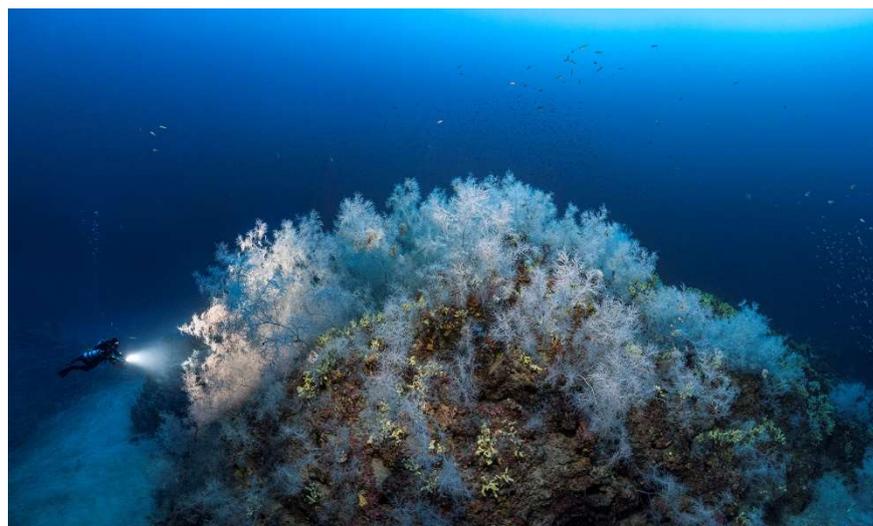
- **Quelle est la qualité chimique du sédiment marin profond ?** Sur 6 sites localisés entre 65 et 100 m de profondeur, 16 HAP, 17 métaux, 41 congénères de PCB et PCB totaux, et 18 pesticides ont été recherchés. Pour les substances possédant des seuils de toxicité, les niveaux de contamination métallique et en HAP sont faibles dans les sédiments. Les teneurs les plus élevées, tout en restant inférieures aux valeurs seuils, sont principalement relevées sur la sortie



d'une station d'épuration. Les niveaux de contamination en pesticides sont également faibles dans les sédiments, sauf pour le DDE sur deux sites. Des valeurs supérieures au seuil ont été observées pour les PCB sur tous les sites.

**- Quel type de reproduction pour la population de corail noir au large de Cassis ?**

L'incroyable (par sa beauté et sa densité) population de corail noir du site au large de La Ciotat se compose de colonies mâles et de colonies femelles. Le site connaît donc un **mélange de reproduction sexuée** qui permet la colonisation à longue distance **et de reproduction asexuée (par fragmentation)**. Ce mélange est contraire à d'autres sites profonds connus (en Italie) où il n'existe que des individus du même sexe, d'où l'importance de ce site dans la préservation de cette espèce.



Forêt de corail noir au large de Cassis  
©Laurent Ballesta – Andromède Océanologie.

**- Quels gaz ont détecté les chambres benthiques ?** la pose de chambres étanches mesurant l'émission et la consommation de gaz au niveau du coralligène montrent la persistance d'une **faible photosynthèse** malgré le manque de lumière et une légère émission de méthane. Ces résultats doivent être confirmés sur d'autres sites.



Une chambre benthique opaque (à gauche) et une transparente (à droite) sont posées sur un massif coralligène pour y mesurer les échanges gazeux.  
©Laurent Ballesta – Andromède Océanologie.

**- A quoi servent les prélèvements de gorgones et de corail effectués ?** Les gorgones forment des structures tri-dimensionnelles qui constituent un véritable paysage sous-marin, dans lequel les poissons et autres animaux viennent trouver refuge. Cinq espèces de gorgonaires, parmi lesquelles le corail rouge, ont été échantillonnées sur trois sites jusque -120 m. Chez ces gorgones, les scientifiques ont observé une abondance particulièrement importante **d'un type de bactérie** (Endozoïcomonas) pourtant assez rares à l'état libre dans l'eau de mer. Leur rôle fait l'objet de recherche mais elles pourraient aider les gorgones à se nourrir.

De nombreuses analyses restent en cours. La comparaison des résultats obtenus avec nos connaissances actuelles en laboratoire ou sur des sites moins profonds permettra d'évaluer la qualité chimique et écologique de cette zone côtière profonde ainsi que les impacts des activités humaines.



Le projet continue avec le montage d'un film de 90 minutes pour ARTE (printemps 2020), un film scientifique de 26 minutes produit par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, l'édition d'un livre, le montage d'expositions et des conférences.

*Nos partenaires scientifiques :*

Les chercheurs scientifiques partenaires : Costantino BALLESTRA, Imka BARTSCH, Fanny BAUDOUIN, Pierre BOISSERY, Emilie BOULANGER, Martin DAUFRESNE, Julie DETER, Annick DONNAY, Christine FERRIER-PAGES, Regis HOCDE, Florian HOLON, Jean-Baptiste JUHEL, Michèle LEDUCQ, Julie LOSSENT, Guilhem MARRE, Neusa MARTINS, David MOUILLOT, Nicolas MOUQUET, Eric PARMENTIER, Benoit ROPARS, Thierry THIBAUT, Lauric REYNES, Pascal ROMANS, Klaus VALENTIN, Jeroen VAN DE WATER, Laure VELEZ, Emmanuel WAFO, Andreas WAGNER

Les organismes scientifiques partenaires : Alfred Wegener Institute à Bremerhaven (Allemagne), Andromède océanologie à Mauguio, Centro de Ciências do Mar à Faro (Portugal), Chorus à Grenoble, CEFE (UMR CNRS, Université de Montpellier, Montpellier Supagro, EPHE, INRA, IRD) à Montpellier, Centre Scientifique de Monaco (CSM) à Monaco, ECLA (UMR AFB, ONCFS, IRSTEA, USMB), IMBE (UMR Aix Marseille Université, CNRS, IRD, Avignon Université), HE2B, le laboratoire commun InToSea à Montpellier, le laboratoire Arago à Banyuls-sur-mer (Observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer, CNRS, IRD, UPMC), MARBEC à Montpellier (UMR IRD, Université de Montpellier, Ifremer et CNRS), MIO (UMR Université Aix-Marseille, Université de Toulon, CNRS, IRD) à Marseille, REEDS à Montpellier, TETIS (UMR AgroParisTech, CIRAD, IRSTEA, CNRS) à Montpellier, STARESO à Calvi, l'université libre de Bruxelles (Belgique).



L'expédition Gombessa V "Planète Méditerranée" n'aurait pas été possible sans le soutien de :



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

Merci de contacter Sylvie Jaumes pour tout renseignement relatif aux photos