

# Rapport final

## GTU modernisation ANTEA

Mars 2021

**Jean François Ternon<sup>1</sup>, Jacques Grelet<sup>2</sup>, Valérie Ballu<sup>3</sup>,  
Arnaud Bertrand<sup>1</sup>, Xavier Capet<sup>4</sup>, Anne Lebourges-Dhaussey<sup>5</sup>,  
Christophe Menkes<sup>6</sup>, Thierry Thibaut<sup>7</sup>, Sarah Samadi<sup>8</sup> et David Varillon<sup>9</sup>**

- 1 IRD, MARBEC, Sète, Président
- 2 IRD, IMAGO, Brest – vice-président
- 3 CNRS, La Rochelle Université
- 4 CNRS, LOCEAN, Paris
- 5 IRD, LEMAR, Brest
- 6 IRD, ENTROPIE, Nouméa
- 7 MIO, Marseille
- 8 MNHN, Paris
- 9 IRD, IMAGO, Nouméa

## **1. Contexte de la modernisation de l'ANTEA (remplacement de l'ALIS)**

La modernisation de l'ANTEA (navire datant de 1995), prévue dans le cadre du Plan de Modernisation de la Flotte, aura lieu fin 2021 - début 2022 avec, en parallèle, la perspective de la sortie de Flotte de l'ALIS à la fin de 2022. L'ANTEA modernisé sera positionné dans le Pacifique à la fin 2022 en attendant la mise en service d'un navire de remplacement de l'ALIS (horizon 2025-2026). L'ANTEA modernisé devra donc être en mesure d'effectuer les missions réalisées actuellement par l'ALIS (par exemple : cartographie SMF, missions plongée). La modernisation doit permettre également de renouveler des équipements scientifiques datant de la mise en service du navire (par exemple : sondeurs acoustique large bande) et d'équiper le navire de systèmes de mesures appelés à devenir des "standards" sur les navires de recherche (par exemple : système de mesure en route de paramètres de surface, possibilité d'échantillonner pour l'ADN environnemental). Enfin, des travaux de modernisation concernent également des aménagements intérieurs (par exemple : labo sec, labo humide, PC scientifique, capacité de stockage "froid") et extérieurs (par exemple : moon-pool pour la CTD, stockage d'échantillons en extérieur, conditions d'observations des oiseaux et mammifères marins). Par ailleurs, des aménagements sont envisagés pour améliorer la stabilité du navire et réduire son impact environnemental.

Ce rapport présente une synthèse argumentée des demandes exprimées par la communauté scientifique utilisatrice de l'ANTEA au regard des expériences passées et des missions futures du navire.

## **2. Composition du GTU et calendrier des réunions**

La liste des membres du GTU est fournie en annexe. Les 10 membres scientifiques sont issus des différents organismes et laboratoires utilisateurs de l'ANTEA et de l'ALIS, et représentent les différentes disciplines scientifiques des missions réalisées sur ces navires. Des consultations auprès des laboratoires utilisateurs ont été organisées en début et fin des travaux du GTU. Les réunions du GTU se sont tenues avec la participation de l'équipe projet de la DFO en charge de la modernisation. Depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2020 (date de la mise en place du GTU), sept réunions de travail se sont tenues. Elles ont permis de réaliser un inventaire détaillé des besoins de la communauté scientifique et d'échanger avec l'équipe projet sur les solutions envisageables. La synthèse de ces travaux permet la rédaction d'un "cahier des charges" (ce rapport) exhaustif et pragmatique dans la perspective des missions futures de l'ANTEA.

### **3. Budget de la modernisation et priorité des équipements demandés**

Si ce cahier des charges a été élaboré avec le souci de respecter au mieux l'enveloppe budgétaire prévue (au regard des informations dont dispose le GTU), il apparaît au final que cette enveloppe ne suffira pas à couvrir l'ensemble des besoins exprimés, notamment pour les postes budgétaires les plus onéreux (voir ci-dessous). Du point de vue du GTU, l'ensemble des équipements et modifications proposées sont également nécessaires à la réalisation des campagnes scientifiques actuelles et futures au regard des critères internationaux, et des argumentaires sont proposés pour justifier l'ensemble de ces choix. Ces propositions tiennent compte également des retours d'expériences des équipes utilisatrices de l'ANTEA. Le GTU répondra aux sollicitations la Flotte en cas de nécessité de prioriser les demandes exprimées.

Le principal besoin non couvert actuellement par cette enveloppe budgétaire (d'après les projections dont dispose le GTU) est l'acquisition d'un sondeur multifaisceaux (SMF) - environ un tiers du montant global des dépenses. Cet équipement apparaît pourtant essentiel, en particulier dans la perspective du rôle dévolu à l'ANTEA de remplacer (provisoirement au moins) l'ALIS - qui possède et utilise pleinement cet équipement. L'absence du SMF sur l'ANTEA limite actuellement l'éventail des missions réalisables et ne lui permettra pas de remplacer efficacement l'ALIS pour les travaux de recherche menés actuellement dans le Pacifique. Un argumentaire spécifique concernant le SMF est développé dans ce rapport.

Un autre aspect important de la modernisation de l'ANTEA concerne les dispositifs pour l'amélioration de la tenue à la mer du navire. Il s'agit également d'un poste budgétaire important qui pourrait ne pas être couvert par le budget initial de la modernisation et être reporté à un arrêt technique ultérieur (l'année 2023 a été évoquée). Ce point reste également important pour les membres du GTU, que le navire opère dans le Pacifique ou ailleurs. Il s'agit d'améliorer les conditions de travail (ou même de permettre certaines opérations actuellement impossibles à réaliser par mauvais temps) et, globalement, de sécuriser la réalisation des opérations en mer.

### **4. Problématique du remplacement de l'ALIS**

La perspective du positionnement de l'ANTEA dans le Pacifique en remplacement de l'ALIS a été un élément structurant de la réflexion du GTU. Les besoins en SMF ou les aménagements concernant les campagnes de plongée en sont des exemples. L'annonce il y a quelques semaines de la décision de construction d'un nouveau navire semi-hauturier destiné à remplacer l'ALIS à moyen terme est de nature à modifier le périmètre budgétaire de la modernisation de l'ANTEA -

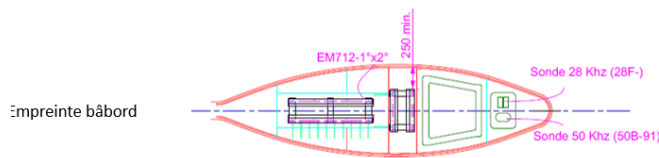
sans modifier significativement pour autant les besoins scientifiques exprimés dans ce rapport (notamment le SMF) qui sont similaires dans le Pacifique et dans les autres zones d'utilisation du navire.

Des questionnements sont apparus également au cours des réunions du GTU concernant d'éventuelles limitations de l'ANTEA dans ses missions à venir en Nouvelle Calédonie. Il s'agit en particulier de la manœuvrabilité (catamaran) et du tirant d'eau du navire (3.3m d'après les spécifications) qui peuvent contraindre la réalisation de certaines missions en zone de petits fonds (certains secteurs du lagon) ou bien à proximité des récifs coralliens (par exemple pour la réalisation d'opérations de plongée en évitant de longs transits à bord d'une annexe). Ces missions sont un élément important des travaux que l'ANTEA aura à réaliser dans le cadre du Parc Naturel de la Mer de Corail dont une des missions est de stimuler le développement de la connaissance de ce domaine maritime.

Dans la suite du document, on passera en revue les éléments de modernisation recommandés par le GTU. Plusieurs catégories sont considérées, relatives aux équipements scientifiques à renouveler ou à acquérir (section 5), aux aménagements extérieurs correspondant aux différentes opérations réalisées par le navire (section 6), aux aménagements intérieurs dans les espaces scientifiques du navire (section 7) et aux aménagements structurels du navire (section 8). Pour chaque point exposé, un argumentaire est d'abord proposé et les réponses envisagées avec l'équipe projet sont mentionnées.

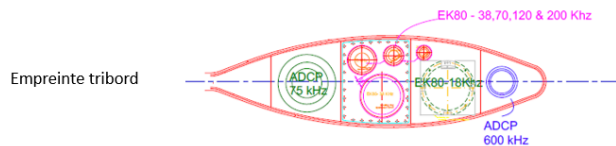
## **5. *Éléments de la modernisation : équipements scientifiques***

Les trois premiers points mentionnés dans cette section concernent les sondeurs qui sont implantés sous le navire ("saumons" bâbord et tribord). Dans le cadre de la modernisation, il n'est pas envisagé de modifier la taille des saumons. Les évolutions proposées pour ces sondeurs doivent donc être compatibles avec l'espace disponible (voir schéma ci-dessous). Cette contrainte a été prise en compte lors des discussions du GTU, notamment pour le choix des configurations du couple ADCP 75kHz/600kHz, du remplacement du sondeur 12kHz par le 18kHz du sondeur multifréquence EK80 et du modèle de sondeur multifaisceaux EM712.



**Proposition :**

- la base 12 kHz et le sonar peuvent être supprimés
- Remplacement du transducteur ES38B (38kHz) par l'ES38-7C qui le permet le travail en large bande
- Intégration d'un transducteur 18kHz
- Acquisition de 5 WBTs EK80 (18,38,70,120 et 200kHz) pour remplacer les EK60
- ADCP 75kHz conservé
- ADCP 600 kHz ajouté
- Suivant budget : remplacement des transducteurs 70, 120, 200kHz



## 5.1 Courantomètre ADCP

### a. Argumentaire

Les courantomètres Doppler (ADCP) sont depuis plusieurs décennies une composante essentielle des campagnes océanographiques. Ils permettent de fournir une mesure directe des courants marins indispensable pour compléter les estimations indirectes (et partielles) réalisées à partir de mesures hydrologiques (température et salinité). Etre capable de sonder l'océan jusqu'à des profondeurs de plusieurs centaines de mètres a historiquement conduit à privilégier des ADCPs basse fréquence (75-150 kHz). A ces fréquences, la mesure de courant la plus proche possible de la surface correspond typiquement à environ 20 m de profondeur. Sous cette profondeur, les courants sont décrits avec une résolution de 8 à 16 m.

Depuis quelques années, notamment dans le contexte d'études interdisciplinaires centrées sur les écosystèmes et de travaux menés dans des zones de petits fonds (plateau continental médian et interne), il est apparu essentiel au sein de la communauté internationale d'être en mesure d'obtenir de mesures de courant au plus proche de la surface, essentielles pour mieux comprendre les processus au sein de la couche de mélange océanique (échanges air-mer, activité biologique telle la dérive larvaire et la dilution planctonique) et pour améliorer les simulations numériques et la validation des produits satellite. La résolution fine des cisaillements de courant (variations sur la verticale) est également un enjeu de connaissance, en lien avec les questions de mélanges de masses d'eaux, d'agrégation du plancton, etc.

La mesure des courants à ces échelles fines est désormais accessible avec les ADCP 600kHz qui fournissent une première mesure à partir de 6m de profondeur (ex pour l'ANTEA), une

résolution verticale de l'ordre de 1 ou 2 m, et ce jusqu'à 40/60m de profondeur suivant les conditions de mer. Un ADCP 600 kHz a été installé sur le N/O THALASSA et a permis d'améliorer très nettement l'acquisition des courants proches de la surface, en combinant ces mesures à celles des deux autres ADCP du navire (38 et 150kHz).

L'ANTEA, dont les terrains d'action vont du domaine côtier (voire lagonaire en Nouvelle Calédonie) au domaine hauturier dans les zones tropicales (où les cisaillements de courant sont les plus notables), doit également être équipé d'un ADCP 600kHz, permettant une meilleure description des courants de surface dans les zones de faible bathymétrie, comme cela sera le cas dans les lagons du Pacifique.

Les L-ADCP sont des courantomètres doppler fonctionnant à une fréquence de 300kHz qui sont fixés sur la rosette de prélèvement de la CTD. Ils permettent d'obtenir des mesures de courant avec une résolution verticale de 8m sur l'ensemble des profils CTD. Pour corriger les incertitudes associées à ces mesures, il est important de pouvoir contraindre les profils de courant CTD/LADCP avec les données de courant des ADCP de coque. L'installation d'un ADCP 600 kHz sur l'ANTEA permettra donc également d'améliorer la précision des profils LADCP dans la couche de subsurface.

### ***b. Solution envisagée***

Le GT a travaillé sur plusieurs options, notamment sur l'ajout d'un ADCP 300kHz (RDI/Kongsberg) ou d'un sondeur couplé (ADCP et sondeur halieutique) SIMRAD EC150. Le choix est finalement arrêté sur le couple ADCP 75kHz (existant) et ADCP de surface DVL 600 kHz. L'une des raisons de ce choix est la cohérence avec la solution déjà retenue sur le THALASSA, qui a été validée scientifiquement et qui donne pleine satisfaction. L'intégration des deux ADCP (75kHz et 600kHz) est possible sur le saumon tribord. Des problèmes de corrosion au niveau du système de fixation du DVL 600kHz ont été mis en évidence sur le THALASSA et ont été traités depuis. La même solution sera appliquée sur l'ANTEA.

## **5.2 Sondeur multifréquence**

### ***a. Argumentaire***

L'acoustique multifréquence – et, désormais, également large bande - est un outil incontournable pour un navire océanographique réalisant des campagnes aussi bien en biologie, en halieutique, en biogéochimie et plus généralement traitant d'approche écosystémique, pour comprendre les interactions abiotique/biotique dans les océans. L'ANTEA est actuellement équipé d'un ensemble de 4 sondeurs SIMRAD EK60 fonctionnant à 38, 70, 120 et 200 kHz. Ces

équipements ont l'âge de la remise en route du navire il y a une vingtaine d'années et ne sont plus, à ce jour, commercialisés ni suivis par le constructeur en termes de pièces de rechange. La nouvelle génération de sondeurs qui remplacent les EK60, est la série des EK80. Ces sondeurs offrent la possibilité de travailler en bandes étroites ou en large bande, élargissant ainsi les perspectives en termes de classification des organismes détectés, et améliorant la résolution verticale de la donnée. L'acquisition de cette nouvelle génération de sondeurs est indispensable pour garder des moyens technologiques à la hauteur de ceux de la communauté internationale.

Par ailleurs, les organismes mésopélagiques font actuellement l'objet de nombreux projets et campagnes et, parmi eux, un certain nombre d'espèces de petits poissons disposant de vessie gazeuse présentent dans leur réponse en fréquence une résonance autour de 18 kHz. Cette fréquence est actuellement absente sur l'ANTEA et cela est préjudiciable aux travaux de classification qui pourraient être améliorés notamment sur les couches profondes (plusieurs centaines de mètres) par la comparaison des données obtenues à 18 et à 38 kHz (*Kloser et al., 2002*). En outre le 18 kHz apporte la possibilité de détecter des couches diffusantes au-delà de 1000 m, zone extrêmement mal connue et importante dans la modélisation biogéochimique. Le remplacement des transducteurs déjà présents est également hautement recommandé, compte-tenu de leur ancienneté et de certains dysfonctionnements (réverbérations juste après l'émission en surface, par exemple) observés déjà en 2013 sur certaines fréquences.

Une calibration de ces nouveaux équipements sera indispensable avant la mise à disposition du navire pour les campagnes prévues en 2022.

*R J Kloser, T Ryan, P Sakov, A Williams, and J A Koslow. Species identification in deep water using multiple acoustic frequencies. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59(6), 2002.*

### **b. Solution envisagée**

Le choix est arrêté sur un EK80 avec 5 fréquences (18, 38, 70, 120 et 200 kHz). L'intégration des cinq bases du sondeur est possible sur le saumon tribord. On note que, avec un EK80, la calibration des cinq fréquences se fait simultanément, ce qui simplifie l'opération et se rapproche des conditions d'utilisation du sondeur en mode opérationnel (c'est-à-dire pendant les mesures). D'autre part, une réflexion est en cours pour simplifier la procédure de calibration sur l'ANTEA. L'informatique associée à l'acoustique devra être renforcée ainsi que les capacités d'affichage (voir le système de matrices d'écrans prévu pour le PC Scientifique).

## **5.3 Sondeur multifaisceaux SMF**

### **a. Argumentaire**

La cartographie des fonds marins est un élément clef des campagnes océanographiques. L'obtention d'une bathymétrie à haute résolution est indispensable en géophysique pour caractériser la structure et la nature des fonds et ainsi, par exemple, identifier terrasses, paléo-structures ou failles actives et comprendre la géodynamique de la zone étudiée. La bathymétrie est également nécessaire pour positionner des prélèvements ou mesures dans leur environnement, qu'il s'agisse de carottages, de dragages géologiques ou biologiques, ou encore de profils CTD ou de prélèvements d'eau en profondeur. La connaissance précise de la bathymétrie est encore indispensable au développement des modèles 3D de circulation en zone côtière notamment (paramétrisation de la rugosité du fond par exemple). Au-delà de son importance pour la réalisation de travaux scientifique, la donnée bathymétrique réelle (non déduite de l'altimétrie satellitaire) est la donnée de référence pour tout ce qui concerne la gestion et l'aménagement du territoire.

Parmi de nombreuses problématiques scientifiques actuelles dans cette zone, la compréhension des couplages entre la structure du fond marin, l'hydrodynamique, le benthos et le pelagos nécessite une cartographie des fonds marins à haute résolution. Les technologies telles que les SMF ont permis de progresser notablement dans la compréhension des processus et restent indispensables pour les questions futures, d'autant que de nombreuses zones, notamment dans le Pacifique, sont encore non cartographiées.

L'ALIS est équipé d'un SMF permettant de cartographier les fonds jusqu'à 1000m depuis 1992 ; le SMF actuel est un EM1002 (Kongsberg). Il a permis la réalisation de nombreuses campagnes océanographiques en géophysique mais aussi des missions d'étude des structures des habitats benthiques en lien avec la nature et la structure du fond. Pour les missions d'échantillonnage de la faune benthique par dragage et chalutage (série de campagne *Tropical Deep-Sea Benthos* - ex-MUSORSTOM), la possibilité de cartographier les zones avant les opérations a permis un bond spectaculaire dans le succès des opérations. Cela a permis, non seulement, de mieux positionner les engins et donc de limiter les avaries et pertes d'engins, mais aussi de mieux comprendre la structure des communautés en lien avec le relief sous-marin.

Dans la ZEE de la Nouvelle-Calédonie, 90% des fonds sont supérieurs à 1000m et 70% supérieurs à 2000m ; ces fonds n'ont donc été que partiellement cartographiés (notamment avec le SMF de l'ALIS). Il est important de disposer sur l'ANTEA d'un sondeur de portée supérieure à celle du sondeur de l'ALIS pour la poursuite de cette tâche (au-delà de la ZEE de Nouvelle Calédonie). Dans les zones de petits fonds (lagon par exemple), au contraire, des travaux



spécifiques relatifs aux plateformes carbonatées (récifs coralliens, paléoclimat, etc.) nécessitent de pouvoir cartographier des zones de faible profondeur. On relève également l'importance de ces zones compte tenu de la très forte biodiversité qu'elles abritent (Nouvelle Calédonie en particulier).

Enfin, la possibilité de cartographier en temps réel la bathymétrie sous le navire est un élément de sécurité important dans des zones, comme le Pacifique, où les cartes marines n'ont pas toujours la précision suffisante, où les fonds peuvent remonter très vite le long des barrières de corail et où la croissance corallienne peut conduire à la présence de hauts fonds très locaux. Sur l'ALIS, le SMF est très utilisé en navigation sur les hauts fonds ou à l'approche des tombants.

Les sondeurs SMF sont maintenant des équipements de première nécessité sur les navires océanographiques modernes et l'acquisition d'un tel sondeur à l'occasion de la modernisation de l'ANTEA semble incontournable.

L'acquisition des données SMF dans les meilleures conditions nécessite la mesure précise de la vitesse du son. A cet effet, il est recommandé également d'équiper l'ANTEA d'un célérimètre de coque.

### **Solution envisagée**

Plusieurs options d'équipements SMF ont été envisagées par l'équipe projet, avec des contraintes d'ordre technique (notamment l'emprise des éléments du sondeur sous la coque du navire), d'ordre budgétaire, et concernant les performances attendues d'un tel équipement sur l'ANTEA. Le choix du GTU se porte finalement sur le sondeur EM712 1°x2° de Kongsberg. Les principales caractéristiques de cet équipement sont (1) une profondeur de travail optimale de 2000m pour une fauchée de 1750m, (2) une profondeur maximale (donnée constructeur) de 2900m à la verticale, et (3) une intégration possible sur le saumon bâbord de l'ANTEA. Le sondeur est également utilisable en petits fonds (à partir de 3m de profondeur), avec une précision moindre cependant que le sondeur EM2040 dédié à ce type de milieu, et dont l'intégration sur l'ANTEA a été évoquée (non retenue). Il est important de mentionner ici que, à profondeur de travail équivalente, le sondeur EM712 offre des performances supérieures à celle du sondeur EM1002 2°x2° de l'ALIS. S'agissant d'un modèle ancien, le transfert de ce sondeur sur l'ANTEA n'a pas été retenu.

Dans le cas où l'achat de ce sondeur SMF devait être différé pour des raisons budgétaires, l'équipe projet a confirmé au GTU que les aménagements nécessaires à son intégration ultérieure seront néanmoins réalisés dans le cadre de la modernisation de façon à ce que cette intégration puisse être réalisée dès lors que les crédits deviendraient disponibles. De même, les capacités informatiques nécessaires au fonctionnement du SMF (stockage et visualisation notamment) seront prévues dès la phase de modernisation du navire.

Le modèle retenu pour le célérimètre est le Thru-Hull SVS (Valeport) qui peut être monté sur le réseau eau de mer du navire.

### **5.4 Mesures en route de paramètres biogéochimiques**

#### **a. Argumentaire**

Comme le soulèvent les rapports scientifiques internationaux sur l'état des lieux des observations océanographiques et sur les priorités à donner aux mesures en mer, étendre de plus en plus les mesures océanographiques dites « classiques » (température, salinité, oxygène) aux mesures biogéochimiques est devenu capital pour mieux comprendre et analyser les processus environnementaux, physique et biologiques etc. Ainsi, la Chlorophylle, estimée depuis quelques années à partir de mesures satellite et reflétant la production primaire océanique, est devenue un paramètre essentiel. Les données des capteurs « couleur de l'eau » des satellites permettent en effet d'estimer la concentration en surface de la chlorophylle-a, voire celle de la biomasse intégrée

sur la verticale (sur la couche d'eau échantillonnée par le capteur) - à partir desquelles la production primaire peut être modélisée. La mesure en continu de la chlorophylle de surface par fluorimétrie à bord des navires de recherche constitue un outil indispensable de calibration des données satellite pour ce paramètre. L'utilisation d'un capteur FRRF (Fast Repetition Rate Fluorometer) permet en outre d'estimer la production primaire et différentes caractéristiques physiologiques du phytoplancton dans les eaux de surface le long de la route du navire. Ces informations peuvent être utilement couplées à des mesures, sur des échantillons discrets, de la concentration en sels nutritifs ou à des mesures acquises par la technique HPLC qui permettent d'estimer de nombreux paramètres (grands groupes de phytoplancton notamment). Elles seront également très utiles pour les études en lagon, en profils verticaux ou bien en point fixe (étude des cycles temporels, etc.). De plus, le déploiement des profileurs autonomes de type Bio-Argo se développe rapidement et des mesures *in situ* permettant de valider les mesures acquises par ces profileurs seront de plus en plus nécessaires. L'installation d'un fluorimètre sur l'ANTEA constitue donc une opportunité d'obtenir, à moindre coût, tant lors des campagnes scientifiques que lors des transits, des mesures qui sont de plus en plus utilisées et nécessaires pour la communauté scientifique.

La mesure du pH en surface et de manière continue est possible en utilisant des capteurs spécifiques (par exemple, sonde SeaFET de Sea-Bird Scientific, déjà utilisée en Nouvelle Calédonie). L'intérêt grandissant pour le suivi de ce paramètre est motivé notamment par la problématique de l'acidification des océans liée à l'absorption du CO<sub>2</sub> anthropogénique et les conséquences sur les écosystèmes marins, notamment sur la dégradation des récifs coralliens. A ce titre, l'installation d'un tel capteur de façon pérenne sur l'ANTEA apparaît justifiée en particulier dans la perspective du déploiement du navire dans le Pacifique et en Nouvelle Calédonie.

### ***b. Solution envisagée***

Pour le choix du système de mesures à implanter sur l'ANTEA, le groupe de travail s'appuie sur l'étude qui a été réalisée en 2020 pour le remplacement du « fluorimètre en route » du navire TETHYS. Le système retenu est la sonde multi paramètres EcoTriplet de la marque WETLABS commercialisée par Sea-Bird Scientific. Outre la fluorescence (chlorophylle) ce système permet la mesure du backscattering (rétrodiffusion) et de la turbidité, deux paramètres qui ont été retenus prioritaires à l'occasion de cette étude. Ce choix d'un équipement similaire pour les deux navires permet en outre de mutualiser les retours d'expérience et la maintenance des équipements au sein de la Flotte. Le choix de la gamme de mesure des différents capteurs de la sonde EcoTriplet pour l'ANTEA reste à finaliser (en fonction des zones d'intervention prioritaires à venir du navire).

L'intégration de la sonde EcoTriplet sur le circuit de prélèvement d'eau de surface nécessite la mise en place d'un débitmètre (de type TFX) pour la mesure (et l'enregistrement) du flux d'eau au niveau des capteurs.

Si elle est retenue, l'installation d'une sonde SeaFET (pH) se fera indépendamment de la sonde EcoTriplet. Si cette intégration n'est pas réalisée dans le cadre de la modernisation, une demande de financement « Equipements et travaux » sera déposée auprès de Flotte.

### **5.5 Collectes œufs et larves de l'ichtyoplancton**

Un grand nombre de campagnes en mer s'organisent autour de questions interdisciplinaires sur le rôle de l'environnement physique/géochimique sur les écosystèmes marins. Les stratégies de reproduction des poissons et la manière dont elles sont structurées par la circulation océanique et sa variabilité restent mal comprises. Il s'agit d'un enjeu majeur de connaissances dont l'étude est grandement simplifiée par l'utilisation du dispositif CUFES (The Continuous Underway Fish Egg Sampler CUFES). Le CUFES est un instrument utilisé pour collecter les œufs et larves de poisson en proche surface (prise d'eau située typiquement à 3m de profondeur) sur la route du navire. Il s'agit d'un instrument relativement simple constitué d'une pompe submersible, d'un concentrateur et d'un collecteur d'échantillon. Le système est installé à bord de la Thalassa et est considéré comme indispensable aux grandes campagnes interdisciplinaires menées sur ce navire (<https://www.flotteoceanographique.fr/en/Facilities/Tooling/Ship-Equipment/Measuring-instruments/CUFES>). Compte tenu de la nature des missions que mène l'ANTEA (approche écosystémique notamment), le GTU a étudié la possibilité de mise en place d'un système CUFES à l'occasion de la modernisation du navire.

Si dimensionnement du système n'est pas optimal pour un positionnement en continu d'un tel système (taille et encombrement de la chambre de filtration en particulier), il semble important néanmoins de prévoir lors de la modernisation la possibilité de mise en œuvre du CUFES à bord de l'ANTEA de manière ponctuelle. Cela concerne notamment la possibilité de pompage à haut débit (300L/min sur le THALASSA) d'eau de mer de surface.

## **6. Éléments de la modernisation : aménagements extérieurs**

### **6.1 Réalisation des opérations de plongée**

#### **a. Argumentaire**

Depuis quelques années des campagnes « plongée » ont lieu depuis le bord de l'ANTEA (Pacotilles, Sargasses...) et la demande va s'accroître avec l'utilisation du bateau en remplacement

de l'ALIS en Nouvelle-Calédonie et dans le Pacifique, où les missions de plongée sont très fréquentes. Ces missions sont réalisées par de nombreuses UMR. Le bilan des campagnes « plongée » sur l'ANTEA fait état d'une mise à l'eau et d'une récupération des plongeurs et du matériel - y compris du zodiac - difficile voire dangereuse, et du manque de place pour le stockage du matériel de plongée.

Très récemment, la plongée au mélange avec recycleur a été autorisée pour les scientifiques. Cela ouvre la voie à de nouvelles pratiques de plongée car de nombreux plongeurs scientifiques passent le CAH III B (plongée au mélange et profondeur supérieure à 50 m). Ce type de plongée devrait pouvoir être réalisé sur l'ANTEA (demande de la communauté scientifique concernée) ce qui nécessite notamment de pouvoir embarquer des bouteilles de gaz de type B50 pour les mélanges.

Certaines campagnes peuvent se faire dans des endroits très isolés. En termes de sécurité, la réglementation impose, dans le cas de plongées réalisées sur un site à plus de 2h de trajet d'un centre de secours disposant d'un caisson hyperbare, ou bien d'embarquer un caisson hyperbare (avec un médecin hyperbare), soit de plonger à faible profondeur sans palier de décompression. L'IRD possède un caisson hyperbare localisé à Nouméa qui pouvait être embarqué sur l'ALIS. Il sera nécessaire de prévoir cette possibilité dans le cadre de la modernisation de l'ANTEA. Il sera nécessaire également d'être en mesure d'embarquer un second semi-rigide (annexe pour le transport des plongeurs) de manière à augmenter la capacité opérationnelle du navire.

### ***b. Solutions envisagées***

- *Caisson hyperbare*

Le caisson hyperbare disponible à Nouméa est stocké dans un conteneur de 20 pieds qui ne pouvait être mis à bord de l'ALIS (le caisson seul était embarqué). La place disponible sur l'ANTEA permet l'embarquement de ce conteneur, le caisson étant alors directement opérationnel. De plus, le conteneur est suffisamment grand pour stocker la majeure partie du matériel de plongée. Il faudra s'assurer cependant que, dans le conteneur, un accès facile au caisson est possible sans gêne pour la manipulation d'un blessé. Il ne sera pas possible de chaluter ni draguer si le conteneur est embarqué (la mission sera exclusivement dédiée à la plongée). On note également que le caisson hyperbare de Nouméa n'est plus actuellement en état de fonctionnement et il n'y a plus de personnel dédié à sa maintenance à l'IRD Nouméa. La question du rapatriement temporaire du caisson en métropole est posée (un accord avait été trouvé avec IFREMER pour son entretien - Y. Gouriou).

- *Mise à l'eau des plongeurs*

La mise à l'eau et la remontée des plongeurs devra être améliorée. Plusieurs options ont été envisagées, le choix n'est pas encore arrêté. Les deux options actuellement privilégiées sont également réalisables (pour des coûts de réalisation *a priori* équivalents). L'une d'elle est l'installation d'une échelle fixe à plongeurs en inox (avec plateforme immergée à sa base) sur tribord, avec des marches suffisamment larges pour pouvoir monter « équipé ». La mise à l'eau peut se faire soit en sautant du bord et en embarquant dans le zodiac (pratique utilisé sur l'ANTEDON), soit en descendant par l'échelle à plongeurs sur le côté du navire. La hauteur du navire peut cependant être un handicap en cas de multiples mises à l'eau. Une autre option serait la réalisation d'un escalier incliné avec une main courante, du type des échelles de coupée sur les cargos. Le système serait repliable et disposerait également d'une plateforme à sa base. Un système « d'ascenseur » extérieur a également été envisagé.

- *Stockage des équipements de plongée*

Pour les missions ne nécessitant pas l'embarquement du caisson dans son conteneur, on propose de mettre en place sur l'ANTEA des racks à bouteille fixes afin de sécuriser le stockage des bouteilles. Ces racks de bouteilles (blocs de 15 ou 18 l) sont différents de ceux utilisés pour les bouteilles B50 dédiés à la plongée au mélange, qui seront embarquées avec leur rack le cas échéant. Le compresseur a été souvent embarqué sur l'ANTEA et sa prise d'air est loin de toute fumée toxique. Le petit matériel reste dans les caisses ou les sacs des plongeurs. Pour les missions avec le caisson dans son conteneur, les blocs de plongée et le petit matériel seront stockés dans le conteneur.

- *Mise à l'eau et stockage à bord des zodiacs (ou annexes)*

L'annexe actuelle de l'ANTEA mesure 5,5 m (3 plongeurs et 1 pilote). Elle sera stockée au-dessus le table de tri sur un support dédié, et sera mise à l'eau par le côté avec la grue de côté (et non plus avec le portique arrière ce qui était très dangereux - avec un risque d'écrasement sous le pont du catamaran). La capacité d'emport de plongeurs de cette annexe est cependant limitée et insuffisante pour les missions type de plongée menées à partir de Nouméa d'autant que l'ANTEA offre davantage de places de scientifiques à bord (10) que l'ALIS (6). Dans ces conditions, une annexe supplémentaire sera indispensable (plusieurs options sont envisagées dont la « plate alu » de Nouméa occasionnellement déployée à partir de l'ALIS, ou le zodiac de l'ALIS (6 places à bord) ou encore une nouvelle annexe à acquérir – demande « Equipements et Travaux de la Flotte » – avec coque plastique pour limiter les risques d'avaries sur les boudins des zodiacs).

L'embarquement de deux annexes ne pose pas de problème sur l'ANTEA (y compris si le conteneur/caisson est embarqué, la seconde annexe pouvant être stockée sur le toit du conteneur). La mise à l'eau d'une seconde annexe sera également faite sur le côté.

## **6.2 Réalisation des chaluts et dragues de fond**

### **a. Argumentaire**

La connaissance de la faune benthique et de la nature des substrats rocheux implique des opérations avec des engins trainants (dragues à roches, dragues Warren, chalut à perche, traineau épibenthique). En ce qui concerne la faune benthique au-delà de 150m de profondeur (non accessible en plongée), les campagnes *Tropical Deep Sea Benthos* menées depuis près de 45 ans par l'IRD et le Muséum et soutenues par l'INEE-CNRS, ont permis de décrire plus de 4000 espèces nouvelles et de fournir des données d'occurrence. L'accumulation de ces données, ainsi que l'utilisation de nouvelles méthodes de préservation qui permettent notamment l'étude des ADN, permettent aujourd'hui d'aborder des questions relatives aux processus écologiques et évolutifs qui structurent cette biodiversité. La poursuite de cette exploration, notamment dans les zones vierges d'exploration est indispensable pour comprendre globalement les enjeux actuels sur le milieu marin (exploitation minière, impacts des changements globaux et de la pollution, ressources biologiques etc...).

Le succès des opérations repose sur les capacités de cartographie des fonds pour déterminer la nature des fonds et positionner correctement les engins (voir le paragraphe 5.3 : besoin SMF).

Une limitation actuelle des opérations de dragage et de chalutage profond sur l'ALIS et l'ANTEA concerne la capacité du treuil de fune utilisé pour la manipulation de ces engins, tant au niveau de la longueur de câble (2600m) que de la vitesse de remontée (1 m/s) des échantillons – ce qui limite la réalisation des opérations au-delà de 1000m de profondeur. On notera également que les capacités de dragage du navire intéressent également les Géosciences (prélèvement de roches).

Une autre limitation concerne la qualité du traitement des échantillons en vue des études génétiques. En effet, les organismes subissent un choc thermique entre la température sur le fond (quelques degrés) et la température des eaux de surface qui peut atteindre 30°C dans la zone tropicale. Pour améliorer la qualité des opérations il est nécessaire d'une part de remonter rapidement les prélèvements du fond à la surface, notamment pour les opérations au-delà de 500m de fonds et, d'autre part, d'assurer une production d'eau de mer fraîche pour le traitement du contenu des engins lors du tamisage. La conservation des échantillons pose également problème

en zone tropicale dès lors que les futs de stockage dans l'alcool, conservés en extérieur pour des raisons de sécurité, ne peuvent pas être stockés à l'abri du soleil (des températures jusqu'à 60°C ont déjà été relevées...).

### ***b. Solutions envisagées***

- *Vitesse de remontée des chaluts / dragues (treuil de fune)*

Plusieurs options ont été envisagées, dont le remplacement du treuil de l'ANTEA par celui de l'ALIS qui a une capacité supérieure (longueur de câble de 3090m au lieu de 2600m). Cela permettrait (en théorie) la réalisation de prélèvements jusqu'à 2500m de fond au maximum. Cela ne résout pas cependant la question de la vitesse de remontée des engins puisque les deux treuils sont limités à 1 m/s (il faudrait atteindre une vitesse de 2 m/s). Des études sont en cours pour identifier la solution technique la moins onéreuse (modification du treuil ou bien remplacement du moteur – ne nécessitant pas de modification de la centrale hydraulique *a priori*).

- *Production d'eau froide pour le tamisage des organismes biologiques*

L'objectif est de disposer d'eau de mer fraîche (15°C suffirait) en quantité suffisante pour le rinçage des échantillons des dragues profondes. La solution définitive n'est pas encore retenue, le choix devant être fait entre la production d'eau de mer glacée (solution la plus satisfaisante pour la préservation des organismes prélevés, mais aussi la plus encombrante sur le navire et la plus onéreuse) ou bien la production d'eau douce glacée qui permettrait de refroidir l'eau de mer utilisée pour le tamisage.

Pour les échantillons pouvant être nettoyés directement avec l'eau de mer de surface (échantillons prélevés à faible profondeur), il est demandé de disposer d'un système de régulation du débit sur le robinet d'eau de mer de surface sur la plage arrière (ou bien un second robinet). Il n'y a actuellement qu'une seule arrivée d'eau de surface avec un fort débit qui n'est pas contrôlable et qui peut endommager des échantillons biologiques pendant le rinçage des tamis.

- *Stockage des bidons d'alcool sans/avec échantillons*

La quantité d'alcool pour la conservation des organismes prélevés est importante pour ces missions (plusieurs centaines de litres, stockés dans des futs de 200L). Le stockage des futs pourra se faire sur le « spare deck » mis en place pour stocker le zodiac de l'ANTEA, avec éventuellement une bâche pour les protéger du soleil. Les échantillons sont stockés dans des futs plus petits (50L), remplis au fur et à mesure à partir des futs de 200L. Ils seront stockés sous le « spare deck » et seront ainsi à l'abri du soleil.



### **6.3 Réalisation des chaluts « mésopélagiques » et des chaluts profonds**

#### **a. Argumentaire**

L'ANTEA est un navire de recherche polyvalent qui permet la réalisation de campagnes pluridisciplinaires, notamment des études sur le fonctionnement des écosystèmes à différents échelons trophiques. La réalisation de chalutage pélagique est une opération complémentaire des mesures d'acoustique multifréquence par exemple, qui permet d'échantillonner les organismes qui composent le micronecton. Ce type d'échantillonnage a été réalisé lors de nombreuses campagnes dans les océans Atlantique et Indien et le sera tout autant dans le Pacifique. Pour ces opérations, il est nécessaire de contrôler précisément la profondeur et l'ouverture du chalut, ce qui est réalisé avec un système d'émetteurs / récepteurs Scanmar. Des dysfonctionnements du système ont été rapportés lors de plusieurs campagnes. Des opérations de chaluts de fond sont également réalisées lors de certaines campagnes (campagnes écosystémiques en milieu côtier, inventaires de la faune benthique, par exemple). A cet effet, un système de double enrouleur de chalut a été installé il y a quelques années (en remplacement de l'enrouleur fixé sous le portique arrière directement à l'aplomb de l'arrière du navire dont l'utilisation était dangereuse pour la sécurité des marins). Le double enrouleur n'est pas débrayable, ce qui nécessite de sangler le chalut non utilisé pour de la réalisation de chaque opération. Cela est particulièrement contraignant pendant les campagnes au cours desquelles on alterne la réalisation de chalutage pélagique et de fond. Enfin, les opérations de chalut de fond génèrent habituellement des volumes importants d'échantillons biologiques qui sont congelés à bord (à -20°C). La capacité de stockage de ces échantillons a été insuffisante pour plusieurs campagnes récentes malgré l'installation il y a quelques années de deux congélateurs « armoires » à -20°C dans le « Labo Sec ».

Les modifications demandées à l'occasion de la modernisation du navire sont les suivantes : modification du système d'enrouleur de chaluts, amélioration de la fiabilité du système *Scanmar*, modification du système d'enrouleur de chalut et augmentation de la capacité de stockage à -20°C (ce dernier point sera traité dans le paragraphe consacré aux aménagements du Labo Sec).

#### **b. Solutions envisagées**

- *Contrôle des conditions de chalutage avec le Scanmar*

La batterie des capteurs d'ouverture verticale a été changée fin 2017. Les capteurs d'ouverture horizontale Scanmar ont été remplacés par des « Marport » en août 2018. Un récepteur Scanmar a été intégré sur chaque saumon de manière à optimiser la réception des émetteurs fixés sur le chalut. A priori, le système est actuellement dans sa configuration optimale. Par ailleurs, l'affichage

des données et de la géométrie des chaluts est accessible en cours d'opération depuis l'écran Linux SOLEX (PC Scientifique) mais la manipulation ne semble pas être connue de toutes les équipes scientifiques. Il faut qu'un répéteur soit accessible à partir de la matrice d'écrans prévue dans le PC Science (voir paragraphe 7.1) et que les données de la géométrie du chalut soient acquises et accessibles en temps réel.

- *Découplage des enrouleurs de chalut*

L'équipe projet étudie la possibilité de modifier l'enrouleur actuel pour rendre débrayables les deux bobines. Si la modification n'est pas possible (ou trop complexe) le système actuel sera remplacé (à confirmer en fonction du coût de l'opération non connu au moment de la rédaction de ce rapport).

#### **6.4 Réalisation profils CTD**

La réalisation des profils CTD par le « moon-pool » doit être conservée car elle permet d'avoir des profils de meilleure qualité même dans des conditions météo moyennes, cela malgré certaines contraintes (dimensions du châssis de la rosette notamment). Des améliorations sont prévues (ajout de pieds surélevés au châssis de la rosette) pour s'adapter au nouveau système de fermeture de la trappe, validation de l'étanchéité de la trappe de passage du câble électroporteur pour éviter de salir la rosette au moment de la remontée des chaluts (l'enrouleur de chalut est situé au-dessus de la rosette). On rappelle également que la rosette peut être rentrée dans le labo humide à la fin des profils CTD pour les prélèvements d'échantillons – possibilité peu utilisée cependant car cela condamne une partie des activités dans le labo humide. Une caméra de contrôle sera installée au-dessus du « moon-pool » et les images seront transmises à la passerelle, au PC Scientifique et dans les Labos Sec et Humide.

Les aménagements demandés devraient être réalisés en partie pendant l'arrêt technique de mars 2021.

#### **6.5 Autres aménagements extérieurs**

Des aménagements techniques sur les équipements et le déroulement des opérations sur la plage arrière ont été discutés par le GTU et l'équipe projet. Ces aménagements n'ont pas de justificatif scientifique spécifique et seront listés ici uniquement à titre d'information. Certains seront réalisés pendant l'arrêt technique de mars 2021. Les principaux points abordés ont concerné :

- Le passage du câble électroporteur vers l'arrière pour les opérations effectuées en utilisant le portique arrière (au lieu du « moon pool »). C'est par exemple le cas pour

l'échantillonnage du zooplancton avec un Multinet qui nécessite la connexion en direct avec le PC Science. Le parcours du câble sur la plage arrière peut être dangereux dans la configuration actuelle (à hauteur d'homme). Il sera modifié par la mise en place d'un système de poulies mieux adapté.

- La mise en place d'une caméra vidéo au-dessus du « moon-pool » pour le suivi des opérations CTD a déjà été mentionnée. Il est envisagé un système similaire pour le suivi des opérations de chalutage.
- L'état du câble électroporteur sera contrôlé, avec intervention éventuelle (remplacement) si nécessaire.
- Le stockage en extérieur (essentiellement à l'avant du navire, la plage arrière étant en général complètement dédiée aux opérations scientifiques) est généralement problématique. Cela résulte de la taille et de la conception du navire mais aussi de la multiplication des opérations qui sont menées au cours d'une même campagne. Ce point a été discuté par le GTU sans que des propositions concrètes aient pu être formulées jusqu'à présent. L'équipe projet reste vigilante sur ce point. Il sera nécessaire de prévoir des bâches pour protéger efficacement les caisses stockées à l'avant pendant parfois plusieurs mois.
- Communication entre la plage arrière, la passerelle, le PC scientifique et les labos : ce point est présenté dans la suite du rapport (section 71. – Aménagement du PC Scientifique)

## **6.6 Mesures et prélèvements en géosciences**

### **a. Argumentaire**

Différents types de données sont utilisés en géosciences. Les informations de base sont la bathymétrie et l'imagerie du fond qui nécessitent un sondeur multifaisceaux, les échantillonnages géologiques, qui requièrent la possibilité d'effectuer des dragages (cf section 6.2) et des carottages, et l'imagerie du sous-sol, qui peut être réalisée par un sondeur de sédiment en sub-surface ou de la sismique à plus grande profondeur. Un « sondeur pénétrateur de sédiments » serait particulièrement intéressant pour l'étude des interactions sédimentation/tectonique sur les périodes récentes et en particulier pour l'identification de sites « carottage ». Enfin, pour certaines problématiques, l'observation visuelle peut être intéressante (déploiement de ROV).

### ***b. Solutions envisagées***

- *Bathymétrie / imagerie*

Voir section 5.1 sur l'implantation d'un sondeur multifaisceaux SMF.

- *Capacité d'échantillonnage*

Voir section 6.2 pour les opérations de dragage.

En ce qui concerne les carottages, un nouveau système Kullenberg (tubes de 5m) vient d'être installé sur l'ANTEA et sera testé lors de la prochaine campagne. Il n'est donc pas envisagé de modification à ce stade lors de la modernisation.

- *Imagerie du sous-sol*

Il est envisagé d'installer la sismique de l'UMR GEOAZUR sur l'ANTEA. Des échanges sur les contraintes techniques ont eu lieu entre le responsable de la sismique de GEOAZUR (Davide Oregioni) et l'équipe projet (Florent Peeters) afin de s'assurer que cette installation est possible : positionnement du compresseur (hors conteneur) pour l'alimentation du canon à air (de type G.I.GUN 70 cubic inches) et puissance électrique disponible. Il n'y a pas eu de nouvelle communication au GTU concernant l'imagerie de sub-surface. L'acquisition d'un sondeur à sédiments a été également discutée. Il n'est pas possible de l'ajouter sur les saumons de l'ANTEA, sauf à la place du SMF. Cette option n'est pas envisageable et on ne retiendra donc pas l'installation d'un sondeur à sédiments dans le plan de modernisation. L'utilisation d'un sondeur tracté ou installé sur perche reste possible.

- *Observations visuelles*

Le H-ROV peut être utilisé sur l'ANTEA, aucune action supplémentaire n'a été envisagée.

## **6.7 Prélèvements pour l'ADN environnemental (ADN-e)**

### ***a. Argumentaire***

Le prélèvement d'ADN environnemental (ADN-e) est une technique récente dont l'utilisation se généralise pour estimer la biodiversité marine dans divers types d'écosystèmes tout en évitant les prélèvements d'organismes vivants. Cette procédure, basée sur la collecte de matériel biologique (ADN) par filtration d'eau de mer prélevée à différents niveaux de profondeur, a prouvé son efficacité et sera d'autant plus performante que des échantillons seront collectés en quantité à l'échelle de l'océan mondial. De tels prélèvements devront pouvoir être réalisés à bord de

l'ANTEA dans les années à venir et il est envisagé d'en faciliter la mise en œuvre pendant la phase de modernisation.

Pour autant, les contraintes pour la collecte d'ADN-e varient considérablement suivant les objectifs scientifiques, notamment les précautions nécessaires pour limiter les risques de contamination des échantillons. Par exemple, la collecte et la filtration d'eau de mer pour mesurer la biodiversité des microorganismes présente peu de risque de contamination. Ces organismes étant extrêmement nombreux, une grande quantité d'ADN est présente dans l'eau de mer. Par contre, pour la recherche d'ADN de vertébrés, notamment de poissons rares comme les requins, la quantité d'ADN est infime et les contraintes liées à la contamination sont drastiques. On utilise une pompe péristaltique afin de ne pas contaminer l'eau prélevée. Les tuyaux sont décontaminés entre chaque prélèvement et conditionnés sous vide de même que les capsules de filtration. Dans les récifs coralliens, des prélèvements d'ADN-e ont également été réalisés en surface et jusqu'à des profondeurs de 30 m en utilisant des systèmes « artisanaux » (tuyau lesté relié à une pompe péristaltique et une cartouche de filtration). L'eau est ramenée et filtrée en surface à l'aide de la pompe. Entre les prélèvements, les tuyaux sont nettoyés à l'eau de javel.

### ***b. Solutions envisagées***

Au vu des différents cas de figure rencontrés pour l'échantillonnage de l'ADN environnemental, il apparaît que les équipements spécifiques nécessaires doivent rester de la responsabilité des équipes scientifiques et sortent du périmètre du chantier de la modernisation. Le GTU recommande de prévoir les aménagements nécessaires pour la mise en œuvre de dispositifs de prélèvements dédiés, en concertation avec les équipes scientifiques spécialisées – par exemple pour le déploiement de système de pompage / filtration, ou bien pour le nettoyage / rinçage des tuyaux de prélèvement. En revanche, le GTU ne recommande pas de prévoir une arrivée d'eau « propre » de surface pour l'ADN-e à poste sur le navire compte tenu des risques de contamination d'une telle installation sur le long terme.

## **6.8 Conditions d'observations des oiseaux et mammifères marins**

### ***a. Argumentaire***

Les oiseaux et mammifères marins représentent un compartiment important (prédateurs supérieurs) des réseaux trophiques étudiés pendant les campagnes « écosystémiques ». Outre l'intérêt de connaître l'aire de répartition de ces animaux au niveau de l'océan mondial – et la variabilité de cette répartition dans le temps (sous l'effet du réchauffement global par exemple), ces animaux sont des indicateurs de la productivité biologique des zones prospectées, en relation

avec les conditions environnementales. De nombreuses campagnes pluridisciplinaires, conduites dans l'océan Indien en particulier, ont comporté un volet consacré à l'observation des oiseaux et mammifères marins à bord de l'ANTEA. Des observations de ce type sont régulièrement effectuées sur le THALASSA (campagnes PELGAS par exemple), navire sur lequel des installations dédiées ont récemment été mises en place. Des campagnes menées à partir de l'ALIS ont également comporté des observations de ce type. Il est donc important que les conditions de réalisation de ces observations sur l'ANTEA bénéficient d'aménagements à l'occasion de la modernisation du navire, de même nature que celles réalisées sur le THALASSA : l'aménagement d'un poste d'observation à l'avant du navire pour dégager au maximum le champ de vision de l'observateur tout en lui permettant de disposer en temps réel - et d'enregistrer - les informations sur la position du navire, son cap et son allure et les conditions météorologiques, et en lui offrant un abri par rapport au soleil et/ou au vent et aux embruns. Ces observations sur l'ANTEA sont réalisées jusqu'à présent à partir de la plateforme attenante à la passerelle ce qui permet à l'observateur un abri par rapport au vent et au soleil ainsi qu'un accès facile aux informations mentionnées (position, route, météo) depuis la passerelle, mais avec un champ de vision relativement réduit. On note que ce type d'observation peut concerner également l'inventaire des macro-déchets à la surface de l'océan, en relation avec la problématique très actuelle de la pollution des océans par le plastique.

### ***b. Solutions envisagées***

La mise en place d'un abri à l'avant du navire, disposant d'une tablette, de prises électrique et ethernet ainsi que d'un interphone en liaison avec la passerelle est proposée. L'abri garantit à l'observateur un champ de vision d'au moins 180°. Un tel aménagement est semblable à celui réalisé sur le THALASSA.

## **7. Eléments de la modernisation : aménagements intérieurs**

### **7.1 Aménagement du PC Scientifique**

#### ***a. Argumentaire***

La disposition actuelle des écrans/claviers des ordinateurs d'acquisition, déportés sur les paillasse, laisse peu de place aux scientifiques pour travailler sur leurs propres ordinateurs portables. De plus, la connectique des déports d'écran est ancienne et sujette à de nombreux faux contacts. Il est donc primordial de doter l'ANTEA d'une ou deux matrices d'écrans afin de regrouper les informations et libérer de l'espace de travail sur paillasse. C'est la solution retenue sur l'ALIS notamment. Les équipements installés dans les racks informatiques dégagent beaucoup de

chaleur et de bruit, il faut améliorer le refroidissement de ces équipements et l'isolation acoustique. La disposition des étagères et tiroirs du PC scientifique doivent être réaménagés afin d'optimiser le stockage des pièces de rechange (bord et scientifique) ainsi que l'arrimage des caisses de matériel mission (sous paillasse et dans les endroits accessibles du PC). Enfin, le système d'interphones installé en 2009 n'a jamais donné satisfaction et doit être remplacé par un système de micros/haut-parleurs pour communiquer rapidement entre les labos/passerelle et plage arrière, identique à ceux qui existent sur les autres navires de la Flotte.

### ***b. Solutions envisagées***

L'équipe projet a détaillé les aménagements prévus dans le PC Scientifique, qui ont été discutés et amendés par le GTU. On présente ici les principaux aménagements proposés :

- Installation d'un nouveau rack informatique (regroupant l'ensemble des ordinateurs dont certains sont actuellement sous paillasse) qui sera isolé, insonorisé et climatisé.
- Installation d'une « matrice d'écrans » qui regroupera l'ensemble des dispositifs d'affichage informatiques. Plusieurs options sont prévues avec notamment la possibilité d'avoir deux blocs d'écrans distincts pour permettre l'accès aux ressources informatiques à plusieurs équipes en parallèle (soit 6 + 2 écrans, soit 6 + 4 écrans : la configuration dépendra du nombre d'écrans qui peuvent être gérés par une matrice unique). Un clavier (rétractable sous la table pour permettre l'utilisation directe de PC portables des utilisateurs) est associé à chaque écran.
- Télécommunication : le système de communication (interphone) entre le PC, la plage arrière et la passerelle n'est pas pratique et va être revu (changement de l'interphone en « micros volant » – idem THALASSA).
- Les renvois des caméras vidéo (portique arrière, moon-pool) vont être installés au PC Science et dans les labos sec et humide, sous forme de postes « SDIV » – beaucoup plus souples et modulable qu'une visualisation plein écran – fixés au plafond. Il est demandé d'autre part de pouvoir disposer de la visualisation en temps réel des 5 fréquences du sondeur acoustique EK80 (une matrice dédiée à Movies 3D ?).
- Réaménagement des espaces de rangement dans le PC Scientifique, en tenant compte en particulier de l'installation d'une seconde douche dans les sanitaires attenants au PC qui fera perdre un peu d'espace de rangement.

## 7.2 Aménagement du Labo Sec

Les projets de réaménagement du Labo Sec sont étroitement liés à la question du stockage des échantillons froids mentionnée précédemment (section 6.3 *Réalisation des chaluts mésopélagiques et des chaluts profonds*). Plusieurs solutions ont été présentées, dont l'acquisition d'un nouveau congélateur armoire de 200L qui compléterait les deux congélateurs existant. La solution la plus efficace cependant serait la création d'une chambre froide dans le Labo sec, à la place des congélateurs actuels. Les avantages de la chambre froide sont : d'améliorer significativement (voire doubler) la capacité de stockage actuelle d'échantillons à -20°C tout en garantissant une meilleure gestion du « froid » (on éviterait les écarts de température à chaque ouverture / fermeture des portes des congélateurs) ; (2) de gagner de l'espace de stockage froid en installant les blocs froids à l'extérieur du Labo Sec (on retient l'option de deux blocs froids indépendants pour garantir la conservation des échantillons en cas de défaillance de l'un d'eux) ; (3) améliorer l'efficacité de la climatisation du Labo Sec puisque les « blocs froids » de la chambre froide seraient à l'extérieur du labo (au contraire des congélateurs actuels qui génèrent une quantité de chaleur importante). Le principal inconvénient de la chambre froide reste son volume dans le Labo Sec, qui conduira à condamner une partie de la surface de travail (paillasse) et le déplacement de l'évier (qu'il est impératif de conserver).

Les autres aménagements prévus sont :

- L'augmentation du volume de stockage à -80°C, avec deux options envisagées : l'achat d'un second « sur-congélateur » identique à celui déjà présent, qui doublerait ainsi la capacité de stockage ; ou bien le remplacement du système actuel par un congélateur de plus grand volume. La décision dépendra du coût de chacune des deux options ainsi que de l'encombrement représenté par chacune des deux configurations.
- La mise en place d'un répéteur vidéo (de type SDIV) déjà mentionnée (paragraphe sur l'aménagement du PC Science).

## 7.3 Aménagement du Labo Humide

Les aménagements proposés concernent essentiellement :

- La suppression d'une étagère qui sera remplacée par un nouvel espace de paillasse dédié notamment à des activités de photographie scientifique.
- La rénovation des tiroirs des meubles de rangement.



- La mise en place d'un répéteur vidéo (de type SDIV) déjà mentionnée (paragraphe sur l'aménagement du PC Science).

## **8. Eléments de la modernisation : aménagements structurels**

### **8.1 Tenue à la mer : dispositif de stabilisation du navire**

#### **a. Argumentaire**

La tenue à la mer du navire a toujours été un point faible de l'ANTEA dès que les conditions météorologiques commencent à se dégrader. Cela est dû en particulier à la structure du navire (catamaran) et à son comportement « imprévisible » quand le navire est « bout au vent ». Ce comportement rend le navire particulièrement inconfortable dans certaines situations. Cela perturbe fortement la qualité des données acquises en route (sondeur acoustique en particulier) et rend dangereuse – voire impossible – la mise à l'eau des systèmes de prélèvement. Ce problème pourrait être particulièrement pénalisant quand le navire sera basé dans le Pacifique où les conditions de navigation peuvent se dégrader rapidement. Des aménagements ont été réalisés par le passé (mise en place d'un « foil » entre les deux coques notamment qui stabilise le navire en route - au-dessus de 7 ou 8 Nœuds) mais le « foil » est sans effet quand le navire est à faible allure, en station ou en phase de giration. Différentes solutions ont été envisagées par l'équipe projet et présentées aux membres du GTU. Les contraintes pour le choix d'une solution sont d'ordre budgétaire mais aussi d'ordre technique et scientifique. Par exemple, la mise en place d'ailerons au niveau des flotteurs risquerait de générer de la turbulence (bulles) qui dégraderait les performances des sondeurs.

#### **b. Solution envisagée**

La solution retenue consiste à « diminuer la stabilité du navire », responsable des forts mouvements de rappel constatés. Cela pourrait se faire en ajoutant une cuve antirollis (« flume ») sur le pont supérieur. Des études techniques sur la faisabilité d'une telle installation sont en cours. Il est rappelé que si l'enveloppe budgétaire ne permet pas l'installation d'un tel système pendant la modernisation, les aménagements structurels nécessaires pour la mise en œuvre du système identifiés avant le chantier de modernisation seront quant à eux réalisés pendant la modernisation.

### **8.2 Réduction de l'empreinte environnementale**

L'empreinte environnementale des navires de recherche est un point important dans un contexte de réduction de l'impact des activités humaines sur le climat – d'autant plus important de

la part d'une communauté scientifique très engagée dans la lutte pour la réduction du changement climatique. Les échanges avec l'équipe projet ont montré que seuls des aménagements relativement mineurs pouvaient être envisagés dans le cadre de la modernisation. Des aménagements dans les comportements à bord contribueront aussi à réduire l'empreinte environnementale du navire (par exemple : diminution du rejet des eaux grises, « sobriété numérique », etc.) mais cela sort du contexte de la modernisation.

En ce qui concerne les modifications techniques dont l'équipe projet a informé le GTU figure la mise en place d'un « kite » qui pourrait être déployé pendant les transits longs du navire pour réduire sa consommation en carburant. Cet investissement pourrait ne pas avoir lieu en 2022 (mais probablement l'année suivante) en cas de dépassement du budget alloué pour la modernisation. Il importe que tous les efforts soient réalisés pour réduire l'empreinte environnementale du navire.

### **8.3 Amélioration de la climatisation du bord**

#### **a. Argumentaire**

Le rendu de la climatisation à bord n'est pas toujours optimal, avec des locaux (cabines du pont supérieur en particulier) qui sont trop climatisés alors que d'autres (PC Scientifique, cabine dans les coques) ne le sont pas suffisamment. On note également la difficulté de maintenir une température constante dans le Labo Sec.

#### **b. Solution envisagée**

Une inspection générale du circuit de climatisation (étanchéité notamment) va être effectuée pendant l'arrêt technique de mars 2021. Des améliorations seront effectuées si nécessaires pendant les travaux de modernisation. A priori, la puissance de la climatisation du bord a été correctement dimensionnée. Une climatisation de secours va être installée dans le PC Scientifique. Le remplacement des deux gros congélateurs (-20°C) du labo sec par une chambre froide aidera à stabiliser la température du labo (les « groupes froids » de la chambre froide seront positionnés à l'extérieur du labo). On rappelle également la nécessité de maintenir fermées les portes des locaux climatisés ce qui n'est pas toujours facile pendant les missions (Labo Sec en particulier).

## **9. Conclusion**

Au terme de six réunions de travail depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2020, le GTU a dressé une liste aussi exhaustive que possible de recommandations pour la modernisation de l'ANTEA. Les ressources budgétaires nécessaires pour chacune de ces mesures sont très disparates *a priori*, et la demande d'installation d'un SMF apparaît comme le poste budgétaire le plus onéreux (un tiers du budget environ). Le GTU a exprimé un avis sans réserve sur la nécessité de cet équipement sur l'ANTEA après modernisation. Il ne lui appartient pas cependant d'hypothéquer les autres recommandations pour la prise en compte de la demande de SMF. La solution souhaitée par tous serait l'obtention d'un budget spécifique pour le SMF. C'est un message fort que souhaite porter le GTU.

Le GTU a apprécié particulièrement la méthode de travail mise en place par la direction scientifique de la FOF consistant à associer étroitement la communauté scientifique utilisatrice à la réflexion sur la modernisation de l'ANTEA et tient à en remercier son Directeur. Le GTU a également beaucoup apprécié les échanges de grande qualité avec l'équipe projet. La teneur de ce rapport est la preuve de l'efficacité de cette approche menée pendant les réunions de travail et de manière continue au cours des quatre derniers mois. La rédaction du rapport final a pris un peu plus de temps que prévu compte tenu des agendas très serrés des membres du groupe de travail (nombreuses échéances à la mi-mars et campagne en mer pour l'un d'entre nous...).

### **Composition du GTU**

- 1 -Jean-François Ternon (IRD, MARBEC, Sète) - président
- 2 Jacques Grelet (IRD, IMAGO, Brest) – vice-président
- 3 Valérie Ballu (CNRS, La Rochelle Université)
- 4 Arnaud Bertrand (IRD, MARBEC, Sète)
- 5 Xavier Capet (CNRS, LOCEAN, Paris)
- 6 Anne Lebourges-Dhaussy (IRD, LEMAR, Brest)
- 7 Christophe Menkes (IRD, ENTROPIE, Nouméa)
- 8 Thierry Thibaut (MIO, Marseille)
- 9 Sarah Samadi (MNHN, Paris)
- 10 David Varillon (IRD, IMAGO, Nouméa)

### **Composition de l'équipe Projet**

- Pascal Morin (DFO, directeur scientifique)
- Sarah Duduyer (DFO, architecte naval)
- Guillaume Lancelin (DFO, électronicien)
- Florent Peters (DFO, architecte naval)

### **Personnalités invitées**

- Marine Delmas (DFO, programmation campagnes)
- Aurélie Feld (DFO, programmation ANTEA)