

Rapport du Groupe de Travail Scientifique sur l'analyse de scénarios d'usage d'un Navire Semi-Hauturier sur les côtes métropolitaines françaises

Mars 2021

Eric Foucher¹, Felipe Artigas², Jérôme Aucan³, Bruno Deflandre⁴, Carl Gojak⁵, Gérald Grégori⁶, Joël Knoery¹, Denis Lacroix¹, Louis Marié¹, Laure Simplet¹, Alain Trentesaux⁷, Benoit Vincent¹ et Eric Thiébaud⁸

1 Ifremer

2 Université Littoral Côte d'Opale

3 IRD

4 Université de Bordeaux

5 CNRS/INSU

6 CNRS/Institut Méditerranéen d'Océanologie

7 Université de Lille

8 Sorbonne Université



1 Référence :

1|26

Sommaire

Résumé.	3
Abstract.	4
1. Introduction.	5
2. Considérations communes à l'ensemble des disciplines.	6
3. Equipements souhaités.	8
4. Quelques scénarios-type de campagnes.	11
4.1. Campagnes de physique-biogéochimie.	11
4.2. Campagnes de recherche en technologie.....	12
4.3. Campagnes en biologie des écosystèmes et écologie.	13
4.4. Campagnes en halieutique écosystémique et technologie des pêches.	14
4.5. Campagnes en géosciences et paléoclimat.	15
4.6. Campagnes d'enseignement.....	16
5. Conclusions et perspectives.	18
6. Annexes.	19
6.1. Annexe 1 : Membres du Groupe de Travail Scientifique NSH.	20
6.2. Annexe 2 : Plans prévisionnels Navire Semi-Hauturier.....	22
6.3. Annexe 3 : Scénarios potentiel d'utilisation du Navire Semi-Hauturier en technologie des pêches.	24

Résumé.

Un groupe de travail constitué de scientifiques utilisateurs des navires de la Flotte Océanographique Française (FOF) et représentatifs à la fois des différentes disciplines en océanographie et des différents organismes (Ifremer, IRD, CNRS, Universités Marines) a été mis en place afin de réfléchir aux contours que pourrait avoir l'utilisation d'un nouveau navire de type semi-hauturier (NSH). La construction de ce NSH a été actée par l'État Français et il devrait intégrer la FOF à l'échéance de 2024.

Ce rapport définit de manière prospective les types de scénarios d'usage envisagés pour les différentes disciplines scientifiques en océanographie. Il décrit les équipements scientifiques qui apparaissent indispensables à bord de cette nouvelle plateforme, en prenant en considération les avancées technologiques récentes et l'évolution constante la demande sociétale.

Toutes les disciplines scientifiques en océanographie saluent l'arrivée prochaine du NSH dans la flotte océanographique française. Ce navire devra être stable à la mer, y compris dans des conditions météorologiques difficiles, afin d'envisager une utilisation optimale tout au long de l'année. Permettant d'organiser des campagnes pluri-thématiques, il devra être modulable afin de convenir aux attentes de toutes les disciplines en océanographie, connecté pour répondre avec efficacité aux flux croissants de données et propre pour répondre à la fois à une demande sociétale (navire non polluant) et scientifique (qualité de la donnée) forte. Le bon dimensionnement du navire est un paramètre fondamental : il doit permettre d'accueillir à bord un minimum de 12 scientifiques pour la réalisation de campagnes en mer en continu mais également d'accueillir dans les meilleures conditions les étudiants, futurs scientifiques en sciences marines, et leurs encadrants.

Abstract.

A working group made up of user scientists from the French Oceanographic Fleet (FOF) and representative of both the different disciplines in oceanography and the different organisations (Ifremer, IRD, CNRS, Marine Universities) has been set up in order to investigate the possible uses of a new semi-offshore vessel (SOV). The construction of this SOV has been approved by the French State and it should integrate the FOF by 2024.

This report prospectively defines the types of use scenarios envisaged for the different scientific disciplines in oceanography. It describes the scientific equipment that appears to be indispensable on board this new platform, taking into account recent technological advances and constantly evolving societal demand.

All scientific disciplines in oceanography welcome the forthcoming arrival of the SOV in the French oceanographic fleet. This vessel will have to be stable at sea, even in rough weather conditions, in order to be able to envisage use throughout the year. This SOV will be able to allow the organization of multi-theme surveys. It will have to be modular in order to meet the expectations of all disciplines in oceanography, connected to respond effectively to increasing data flows and clean to satisfy both strong societal (non-polluting vessel) and scientific (data quality) demands. The size of the vessel must be designed to accommodate a minimum of 12 scientists on board, enabling continuous sea surveys to be carried out, but also to host students, who are future marine scientists, and their supervisors in the best possible conditions.

1. Introduction.

Un plan d'investissement à moyen terme (PMT) pour le renouvellement de la flotte, se basant sur les travaux du Comité d'Orientation Stratégique et Scientifique de la Flotte Océanographique Française (FOF), a été approuvé par le Conseil Scientifique de la FOF en novembre 2018, et validé par le Comité Directeur de la FOF en juin 2019. Ce plan couvre une période de 10 ans, et prévoit les constructions successives dans un premier temps d'un navire semi-hauturier (NSH) positionné préférentiellement en Manche-Atlantique, et dans un second temps de la construction à l'échéance de 10 ans d'un navire côtier. Ces 2 nouvelles constructions de navires seront parallèlement accompagnées par la modernisation du N/O Côtes de la Manche, puis du N/O Antéa.

L'arrivée en flotte du nouveau NSH est prévue pour la fin de l'année 2024, et devrait coïncider avec la sortie de flotte de l'actuel N/O Thalia. Du début de l'année 2021 à la livraison du NSH, une phase préliminaire de définition et de structuration du projet a été validée par le Comité Directeur de la FOF, afin de :

- Définir finement le besoin scientifique et les scénarios d'usage,
- Approfondir, par des études, certains choix techniques structurants, en particulier ceux portant sur l'implantation d'équipements scientifiques ou l'optimisation de la plage arrière,
- Explorer les pistes permettant de réduire significativement l'impact environnemental du navire,
- Rédiger un dossier technique d'avant-projet,
- Structurer le projet de construction,
- Produire un calendrier de projet et un budget préliminaire.

Pour cela, un Groupe de travail scientifique constitué de 12 membres issus de la communauté scientifique académique (dont un président et un vice-président qui assureront son animation) et d'un membre représentant les activités d'appui aux politiques publiques, a été créé pour l'ensemble de la durée du projet (Annexe 1). Ce GTS a pour mandat d'identifier ou confirmer les besoins scientifiques auxquels le navire devra répondre et de proposer les scénarios d'utilisation de référence (recherche dans les différentes disciplines, développements technologiques, formation et enseignement, ...). Pour cela, il pourra s'organiser autour de groupes thématiques nouveaux ou existants ou faire appel à des experts nouveaux sur des sujets particuliers. Enfin, le GTS fera l'interface, sur la durée du projet, entre la communauté scientifique des futurs utilisateurs du navire et l'équipe projet.

2. Considérations communes à l'ensemble des disciplines.

D'une manière générale, l'ensemble des communautés scientifiques utilisatrices de la FOF (océanographie physique, géosciences, biogéochimie, écologie/écosystèmes, halieutique) a exprimé un vif intérêt pour une plate-forme de ce type, qui n'existe pas aujourd'hui dans l'offre de navires de la FOF. La flotte océanographique française est aujourd'hui dotée d'une flotte côtière comprenant 5 navires, d'une flotte hauturière de 4 navires, et d'une flotte semi-hauturière de 2 navires dont l'activité est principalement éloignée des côtes françaises. L'arrivée d'un navire semi-hauturier avec une activité permanente sur la façade Manche-Atlantique (voire de manière ponctuelle sur la façade méditerranéenne) permettrait de combler un vide existant depuis de nombreuses années avec un accès permanent à un navire de taille intermédiaire pour travailler depuis le domaine côtier jusqu'au rebord du plateau continental (voire la pente et le bassin), ce qui est très difficile de réaliser aujourd'hui sur la façade atlantique avec un navire côtier. En effet, les deux navires côtiers opérant en Manche – Atlantique (N/O Côtes de la Manche et N/O Thalía) sont des navires de taille modeste (25 mètres) et sont clairement inadaptés pour travailler dans des mers assez agitées. Il est par exemple difficile voire impossible de travailler avec des conditions de houle supérieure à 1,50 mètres, conditions de mer pourtant fréquentes sur la façade atlantique. Au final, des campagnes scientifiques prévues dans le Golfe de Gascogne ou en Manche perdent fréquemment des journées de mer, ou sont tout simplement annulées, du fait de l'état de la mer, à plus forte raison pour les campagnes programmées d'octobre à mars. Le futur navire devra donc être stable pour le travail en station comme en transit (possible ajout de ballasts de compensation de houle, particulièrement efficaces comme sur le N/O Thalassa, positionnement des laboratoires autour du centre de navire, etc...). Par ailleurs, sur les navires côtiers actuels, les espaces sur le pont et en laboratoire limitent les activités à bord, ce qui est assez pénalisant pour les activités de recherche pluridisciplinaire (par exemple couplage physique-biogéochimie ou écologie-biogéochimie, ou halieutique – acquisition de données pour la DCSMM) ou qui travaillent sur le couplage entre la colonne d'eau et le compartiment benthique si important sur le plateau continental. L'absence de PC scientifique et de zones de stockage pour les échantillons frais et congelés est également pénalisante. Enfin, le nombre actuel de scientifiques embarqués à bord des navires côtiers (5 à 8 maximum) interdit d'envisager des campagnes pluridisciplinaires ou tout du moins plus ambitieuses, de durée un peu plus longue que les campagnes actuellement programmées sur ces navires.

L'arrivée du navire semi-hauturier dans la FOF ne permettra pas de combler le déficit de moyens navals disponibles pour l'échantillonnage à l'aide de chaluts à panneaux des zones peu profondes (inférieures à 20 mètres), *a fortiori* des zones estuariennes, alors que les connaissances sont encore largement déficitaires en termes de recherche d'une part et au regard de l'évaluation du Bon Etat Ecologique voulu par les Directives Européennes telles que la DCSMM d'autre part. Néanmoins, pouvoir disposer d'un navire polyvalent, doué d'une bonne tenue à la mer, capable d'embarquer de 10 à 15 scientifiques (pour la plupart des disciplines représentées, **un nombre de 12 scientifiques est une valeur minimale**) pour des campagnes d'une vingtaine de jours, et permettant le travail 24h/24 en toute saison dans des conditions satisfaisantes en termes

d'espace de travail (laboratoires sec/humide, plage arrière) et de conditions de vie à bord est donc unanimement salué.

Par ailleurs, le GTS souligne de manière unanime que le NSH doit être pensé de façon à avoir l'impact environnemental le plus faible possible, tout autant en termes d'émissions (de polluants et de gaz à effets de serre) que de consommation énergétique, et cela aussi bien lors de ses phases de construction que d'exploitation. Il est notamment important qu'il soit anticipé lors de la conception du navire que son système propulsif puisse mettre en œuvre des technologies « propres » ou « hybrides », ou tout au moins qu'il puisse être modifié à assez court terme lorsque celles-ci deviendront disponibles. Indépendamment de ces importantes considérations d'ordre environnemental (qui s'inscrivent dans une demande sociétale de plus en plus prégnante, que les communautés académiques se doivent d'accompagner voire d'anticiper), minimiser les émissions de particules par le moteur est en tout état de cause souhaitable pour éviter la pollution des échantillons prélevés lors de campagnes de biogéochimie ou de chimie océanique. Dans certaines disciplines (mesures atmosphériques par exemple), des vibrations excessives peuvent aussi porter préjudice à la qualité des mesures. Ces contraintes sont à rapprocher des efforts déjà effectués sur le bruit rayonné par les navires pour en diminuer l'impact sur les observations acoustiques (en halieutique sur les stocks de poissons par exemple, mais aussi en géosciences marines) qui devront, évidemment, eux aussi être poursuivis.

3. Equipements souhaités.

Avec le développement permanent des moyens de communication et des flux de données, ainsi que l'arrivée de plus en plus fréquente de campagnes d'observation basées sur de l'imagerie à haute définition (en particulier pour les campagnes halieutiques ou bio-écosystèmes, qui vont progressivement tendre vers des moyens d'observation moins intrusifs que les campagnes de prélèvement actuelles), le nouveau navire de la FOF devra être équipé dès son entrée en flotte de moyens de communication très haut débit. Les équipes à bord devront d'une part pouvoir bénéficier d'un accès souple aux ressources situées à terre (données de position d'instruments autonomes, imagerie satellitaire), et d'autre part permettre depuis la terre la téléopération d'instruments situés à bord (possibilité d'intervention du support technique du fabricant sur un équipement posant des difficultés, téléopération des échosondeurs ou d'autres instruments de mesures en route). Un réseau efficace (Ethernet et WiFi) doit bien évidemment être disponible dans tous les laboratoires, cabines et PC scientifique.

Concernant les équipements acoustiques installés à poste, il paraît indispensable que le navire soit équipé de plusieurs VM-ADCPs, dont au moins un de portée supérieure ou égale à 500 m (dans des conditions "normales" de charge en particules échogènes) et un capable d'imager la couche superficielle jusqu'à 100 m environ avec une résolution plus fine que 1 m par cellule. Typiquement, des attelages 38/150/600 kHz ou 75/300 kHz satisferaient ce besoin. Compte tenu de l'importance des vitesses verticales dans les études portant sur le couplage physique-biologie, il serait souhaitable que certains au moins de ces instruments soient équipés d'un faisceau dédié à la mesure de cette composante. Afin de permettre l'installation ponctuelle d'équipements futurs, besoin qui se manifesterait inévitablement au cours de la vie du navire, il paraît souhaitable que le navire soit équipé d'une perche et/ou d'un puit acoustique "TVO" indexé de diamètre au moins égal à 300 mm.

Il apparaît également indispensable que ce futur navire soit équipé, à l'instar des navires hauturiers de la flotte, d'un sondeur monofaisceau moderne multifréquences pour l'étalonnage des données imagerie de surface, d'un sondeur de sédiments de coque (Chirp) et idéalement de deux sondeurs multifaisceaux (SMF) opérables par 0-300 m (type EM2040) et 200-2000 m (type EM302) de fond. Si un seul SMF devait être installé, la communauté des géosciences privilégierait prioritairement la gamme de profondeur 0-300 m.

Un autre aspect est qu'il est évident que le 21^e siècle verra une explosion, en nombre comme en diversité, des vecteurs robotisés de collecte d'observations (profileurs ARGO, gliders, wave-gliders, AUVs, HROV, drones ...) Il est important que le navire soit adapté au déploiement et à la récupération de telles plateformes (tenue à la mer en route et en station avec systèmes antiroulis et compensateur de houle, accès à la surface depuis le pont de travail, surface et aménagement du labo sec, moyens de communication ...).

De manière plus précise, certains équipements scientifiques apparaissent incontournables pour l'ensemble des disciplines scientifiques futures utilisatrices du NSH. Tous ces équipements ne

pourront pas être simultanément et en permanence à bord, il est donc nécessaire de prévoir que le futur navire puisse bénéficier d'une grande modularité dès sa conception :

- Un laboratoire humide spacieux et équipé : congélateurs, équipements de sécurité pour manipulation des produits chimiques (hotte aspirante avec évier, lieu de stockage des produits), balance incluse au sol pour les pesées des paniers lourds, grand écran tactile, caméras et microphones, espace pour colonne photographique ...,
- Un laboratoire sec,
- Un PC scientifique et acoustique proche de la passerelle,
- Treuils classiques à poste (opération <1500 m, permettant la mise en œuvre en condition optimum des outils, notamment ceux présents dans les parcs, e.g. sonar à balayage Klein 3000) et amovibles pour grand fond pour des opérations dans les canyons (<3500 m),
- Treuils (2 fûnes) et enrouleurs et portique basculant adaptés pour permettre le chalutage (à panneaux ou à perche), l'utilisation de dragues ou de carottiers,
- Portique arrière basculant pour les opérations sur chalut, bennes benthos, filets plancton, carottiers d'interface, carottiers roche, chambre benthique, rosettes, engins ...,
- Système de positionnement des engins (type Marport ou Scanmar) indispensable,
- Treuil CTD avec câble électroporteur et fibre optique pour le déploiement de sondes vidéo/acoustiques, et appareils de rinçage de l'eau de mer avant enroulement,
- Capacités (portique, grue, treuils, lests...) de déploiement de carottiers de type gravitaire (Calypso/Kullenberg) de longueur de 15 m et d'un système de vibrocarottage de longueur de 10 m,
- Plage arrière spacieuse permettant une ouverture à la mer la plus large possible. Il est nécessaire, notamment pour les futures missions en technologie, de disposer d'une hauteur suffisante du portique afin d'avoir des angles de sortie et de rentrée permettant d'un côté d'avoir un déport suffisant par rapport au tableau arrière, et de l'autre côté de pouvoir déposer un AUV sur son chantier suffisamment à l'intérieur de la plage arrière (à noter par exemple qu'aujourd'hui il est impossible, que ce soit sur les N/O Europe ou Antéa, d'utiliser un système de docking avec les AUVs. D'autre part, si les AUVs font 4,5 mètres aujourd'hui, il n'est pas exclu d'allonger IdefX d'une vingtaine de centimètres lors d'une prochaine modernisation afin de pouvoir embarquer simultanément un MBES et un SBP),
- Possibilité d'installer un vivier sur la plage arrière pour maintenir en vie les espèces sensibles,
- Portique latéral débordable pour mettre à l'eau des petits équipements (CTD, profileurs, carottier monotube/bitube, petit SPI, filets à plancton...),
- Hauteur du portique adapté à la mise à l'eau des engins (CTD, rosette de 2 mètres de hauteur, profileurs divers types, station benthique, SPI, benne Hamon, carottiers divers types, ROV ou mini-ROV qui pourraient être à bord en permanence),
- Sonar Omnidirectionnel (de type Simrad SU90),
- Sondeurs monofaisceaux (EK80, avec de façon impérative du 18, 38, 70, 120, 200 et 333 kHz),
- Sondeurs multifaisceaux bathymétriques (de type EM2040, EM302),
- Sondeur multifaisceaux halieutique (SMFH) permettant de collecter des données acoustiques sur le fond (bathymétrie, imagerie) et la colonne d'eau (halieutique, panaches de méthane),

- Systèmes de pompage d'eau de mer en sub-surface de type non disruptif et propre, pour branchement de capteurs automatisés d'analyses en route (inclus dans un système de type « Ferrybox », avec au minimum fluorimètre et thermosalinographe à demeure, prévoyant la place pour le branchement d'autres capteurs à définir selon les campagnes et/ou lors de la valorisation de transits),
- Vedette ou zodiac embarqué pour déploiement sur petits fonds et opérations en plongée,
- Possibilité d'embarquement d'un container (salle blanche, salle de tri pour l'halieutique, etc.) sur le pont,
- Espace abrité en hauteur pour l'observation de la mégafaune (cétacés, oiseaux marins ...) et/ou caméra très haute résolution.

Après examen des plans prévisionnels (Annexe 2), certaines remarques concernant les aménagements du navire peuvent être émises. Une surface dédiée au laboratoire de 30 m² apparaît trop limitée, une surface minimale de 60 m², incluant une partie humide et une partie sèche, serait préférable (par exemple en décalant le treuil hydrologique vers l'arrière, ce qui permettrait d'agrandir l'espace laboratoire jusqu'à bâbord). La possibilité de pouvoir disposer d'une paillasse modulable (par exemple des paillasses des deux côtés du laboratoire, mais modulable d'un côté). Enfin, il nous apparaît nécessaire de prévoir beaucoup de rangements (étagères et placards) exclusifs pour les activités scientifiques, ainsi qu'un espace de stockage des échantillons frais (réfrigérés) et congelés (-20°C et -80°C). Des espaces de stockage extérieurs pour des échantillons formolés ou alcoolisés sont nécessaires. Enfin, du matériel amovible à la demande de type centrifugeuse, système de production eau déminéralisé/mQ, hotte à flux laminaire serait souhaitable.

La communauté des géosciences fait également remonter l'absence d'une coursive carottage sur les plans présentés et insiste sur la nécessité de disposer de laboratoires humides et secs situés sur le même pont et avec accès direct sur la plage arrière et la coursive carottage. La circulation entre l'avant et l'arrière du navire devra être facilitée (éviter d'avoir à passer par le pont supérieur) afin de pouvoir mener d'autres manœuvres comme le largage/récupération de capteur ou encore l'installation d'un équipement sur perche.

Enfin il est noté que la hauteur du pont arrière par rapport à la mer ne doit pas excéder celle des N/O Côtes de la Manche ou Téthys. Ce point a déjà été noté précédemment, il est essentiel pour la mise à l'eau mais surtout la récupération des engins océanographiques (profileurs, station benthique, SPI, carottiers divers types). Le tirant d'eau ne devra pas être trop important pour conserver sa capacité de travail dans les zones côtières (similaire à celui du N/O Côtes de la Manche) tout en garantissant une bonne tenue à la mer.

Une dernière remarque fait état de l'aménagement d'un navire scientifique américain (le R/V Savannah du Georgia Institute of Technology, USA), sur lequel les treuils sont sur le pont supérieur, ce qui permet de libérer beaucoup de place sur le pont arrière pour travailler (en revanche, cela implique un rehaussement de la passerelle pour pouvoir avoir vue sur le pont au moment des opérations de mise à l'eau/ récupération).

4. Quelques scénarios-type de campagnes.

Unanimement, les représentants des thématiques scientifiques interrogés estiment que les campagnes de recherche qui seront déployées sur le nouveau navire semi-hauturier devront être pilotées dans le cadre de la CNFC.

Il n'est pas toujours aisé de se projeter sur des scénarios de futures campagnes, à plus forte raison sur une plate-forme qui n'existe pas aujourd'hui dans l'offre de navires de la Flotte Océanographique Française. Toutefois, l'arrivée d'un navire semi-hauturier laisse envisager la possibilité de déployer dans les eaux métropolitaines des campagnes multithématiques, avec à la fois des composantes en océanographie physique, en biogéochimie, en biologie et écologie, en géologie et en halieutique, telles que certains chantiers récents (campagne SPM à Saint-Pierre et Miquelon, chantier Sénégal, campagnes MADRIDGE...).

Discipline par discipline, les scénarios les plus probables pourraient être les suivants.

4.1. Campagnes de physique-biogéochimie.

Plusieurs scénarios type peuvent être envisagés pour les campagnes scientifiques en physique et biogéochimie, selon l'objectif recherché :

- Etude pluridisciplinaire d'une région (plutôt une zone côtière hors métropole, comme la campagne SPM), mettant typiquement en œuvre de l'hydrologie CTD (en station ou en route au moyen d'un profileur automatique type MVP, Scanfish ou UnderwayCTD), quelques mouillages hydrologiques et courantométriques et des pièges à particules (fixes ou dérivants), des mesures de biogéochimie pélagique (prélèvements de nutritifs, pigments, traceurs) et des prélèvements biologiques (bouteilles hydrologiques, filets à plancton). Ce scénario d'usage comporte aussi le déploiement (et la récupération) de plateformes autonomes 'légères' (flotteurs profileurs, gliders, bouées dérivantes, véhicules autonomes de surface...). La durée typique d'une telle campagne est de l'ordre de 3 semaines à 1 mois, mais des escales sont possibles pour rotation de personnel ou de matériel, et le nombre de scientifiques embarqués est entre 10 et 15.
- Etudes de circulation régionale, de processus à (sub)mésoéchelle ou de turbulence microstructure en zone côtière, sur le talus ou la proche plaine abyssale mettant typiquement en œuvre de l'hydrologie CTD (en station ou en route au moyen d'un profileur automatique type MVP ou Scanfish), des mouillages courantométriques filaires assez longs, mais relativement peu nombreux ainsi que des plateformes d'acquisition robotisées type glider, wave-glider, bouées dérivantes de surface ou flotteurs profilants type ARGO. Ces campagnes ont besoin d'un navire doté d'une bonne tenue à la mer, et notamment capable de rester en mer et de travailler (hydrologie CTD...) même en cas de conditions météo défavorables (et ce notamment lorsque la réponse océanique aux

événements météorologiques extrêmes constitue l'objectif scientifique de la campagne). L'équipe embarquée pourrait être de l'ordre de 8 à 10 personnes.

- Des campagnes d'observation de type MOOSE. Les campagnes mensuelles réalisées au large de Villefranche-sur-Mer, Toulon et Banyuls-sur-Mer pourraient fortement bénéficier du NSH si celui-ci venait à être ponctuellement déployé sur la façade méditerranéenne, en particulier en hiver quand les conditions météorologiques ne permettent pas l'utilisation des autres navires de la flotte côtière (ou des navires de façade). Ce sont des campagnes courtes, avec une équipe embarquée limitée (6 à 8 personnes).
- Réalisation de campagnes de Calibration/Validation satellite, nécessitant d'une part une mesure « au ras de l'eau » de la grandeur observée par le satellite (vent, vagues, élévation de la surface par rapport au géoïde, salinité, température, couleur de l'eau, groupes phytoplanctoniques ...), et d'autre part une caractérisation de la surface de l'océan et des flux atmosphériques (quantité de mouvement, chaleur, humidité) qui la traversent, afin de pouvoir caractériser les biais que l'état de mer peut induire via son impact sur la physique de la mesure. La coordination avec des moyens aéroportés et des passages satellites contraint par contre beaucoup leur déroulement, et les objectifs scientifiques de la mission satellite peuvent rendre indispensable la réalisation de travaux par gros temps, pour lesquels les navires côtiers de la FOF sont aujourd'hui sous-dimensionnés. Ces campagnes ont une durée de l'ordre de 2 à 3 semaines, avec une équipe embarquée de 8 à 10 personnes.
- Etudes portant sur les processus régissant les cycles biogéochimiques comme les échanges côte-large nécessitant de pouvoir mettre en œuvre des méthodes de prélèvement, de conditionnement et d'analyses « propres », notamment lors des campagnes dédiées aux éléments dit « Traces ». La durée d'une campagne de ce type est de l'ordre d'une à deux semaines, avec une équipe embarquée de 10 à 12 personnes.

4.2. Campagnes de recherche en technologie.

Un navire semi-hauturier de 38 mètres est particulièrement adapté aux campagnes de recherche technologique. Ces campagnes nécessitent de pouvoir mettre en œuvre tout type de plateformes instrumentées en vue de leur validation opérationnelle. Les engins sous-marins de type AUV, AUV6000 et HROV Ariane seront mis en œuvre pour les essais intrinsèques aux engins mais aussi pour des opérations de surveillance et des interventions sur les infrastructures fond de mer tels que les observatoires permanents.

Ces campagnes, de durée typique d'une à deux semaines, ne demandent pas des équipes très nombreuses (classiquement entre 5 et 10 personnes), mais ont besoin d'un navire ayant une bonne tenue à la mer. La plage arrière doit être spacieuse avec un portique permettant une ouverture à la mer la plus large possible. Les espaces dans les laboratoires doivent être suffisamment grands pour l'installation d'équipements, la maintenance des systèmes mis en

œuvre et l'installation des postes de pilotage pour les engins. Il faut prévoir dans ces locaux les interfaces électriques, informatiques et capteurs du bord.

Lors des campagnes avec engin, de nombreuses pièces de rechanges conditionnées en caisses sont embarquées. Prévoir dès la conception du navire un volume de stockage abrité de quelques m³ (ou la possibilité d'embarquement d'un container 10 pieds) dédié à la mission apparaît incontournable.

4.3. Campagnes en biologie des écosystèmes et écologie.

L'arrivée d'un navire semi-hauturier dans la FOF est saluée par la communauté des biologistes au sens large. A l'instar des disciplines précédentes, cette nouvelle offre d'un navire de taille intermédiaire va combler un manque actuel de la flotte, et devrait permettre aux équipes scientifiques de travailler dans des mers plus agitées (avec des houles supérieures à 1,50 mètres, pourtant fréquentes sur la façade Atlantique et Manche, en particulier en hiver), ce qui n'est pas possible aujourd'hui sur les N/O Thalia ou Côtes de la Manche, et d'envisager plus sereinement des travaux sur les habitats du large (comme les habitats circalittoraux en Manche, ceux de la Grande Vasière dans le Golfe de Gascogne et plus généralement ceux du plateau et des marges continentales) au-delà de la frange côtière où se cantonnent la majorité des travaux actuels réalisés sur les navires côtiers de façade.

Le NSH, tout en conservant la facilité de mise à l'eau des petits équipements océanographiques disponibles sur les navires côtiers (CTD, profileur d'image sédimentaire, profileur microélectrodes, bennes Hamon et Shipek, chalutage et carottier multitude) devrait permettre l'organisation de campagnes de recherche pluridisciplinaire, et donc le dépôt de tels projets d'envergure, y compris en zone métropolitaine, auprès des différentes instances de financement de la recherche.

Par ailleurs, de nouvelles méthodes moins (ou non) intrusives sont aujourd'hui en cours de développement pour estimer la présence/absence voire l'abondance d'espèces animales ou végétales. L'étude de l'ADN environnemental (eDNA) par prise d'échantillons d'eau près du fond et/ou dans la colonne d'eau, la généralisation des systèmes d'analyse en flux continu dans des systèmes de type « Ferrybox » pour l'analyse de la chlorophylle, des micro-algues et cyanobactéries, permettant le couplage avec d'autres capteurs biogéochimiques (pCO₂, pH, nutriments) et biologiques (cytomètres en flux et systèmes d'imagerie en continu) et des systèmes d'imagerie et d'étude des processus photosynthétiques immergés en font partie. Il en est de même du déploiement des techniques pour l'observation des habitats benthiques (par exemple à l'aide du traineau vidéo remorqué Page 2). Ces méthodes sont complémentaires à la prise d'échantillons de composés dissous et particuliers et de matière vivante, et seront de plus en plus utilisées. Elles nécessitent que les équipes scientifiques puissent disposer à bord de laboratoires suffisamment spacieux et équipés, de systèmes de prélèvements et de filtration et d'un poste d'analyse de données importantes. Une meilleure stabilité permettra un meilleur travail d'observation microscopique *in vivo* et d'isolement de microorganismes pour analyses moléculaires et biogéochimiques ultérieures (directes ou à partir de leur mise en culture).

L'existence d'un NSH jouera un rôle important pour mener différents types de campagne de recherche promouvant une approche intégrée des écosystèmes (colonne d'eau et benthos) ou des campagnes en relation avec la mise en œuvre de la DCSMM à l'échelle du plateau pour plusieurs descripteurs appréhendés conjointement. Quelques exemples de campagnes sont :

- Campagnes de cartographie des habitats benthiques combinant données biologiques par prélèvements directs (bennes, carottiers) et observation indirecte (données vidéo), et données de géosciences,
- Campagnes écosystémiques décrivant simultanément les structures et fonctionnement des écosystèmes benthiques et pélagiques, en réponse à différentes perturbations anthropiques par exemple, y compris celles liées au changement global.

4.4. Campagnes en halieutique écosystémique et technologie des pêches.

Depuis la sortie de flotte du N/O Gwen Drez en 2014, les chercheurs/ingénieurs en halieutique et technologie des pêches ne disposent plus d'un navire océanographique côtier permettant l'organisation de campagnes de chalutage classique. Seules les campagnes mettant en œuvre des dragues (campagnes d'évaluation de stocks de coquilles Saint-Jacques) ou des chaluts à perche (campagne de type ORHAGO ou NURSE dans le Golfe de Gascogne) utilisent les navires côtiers de la FOF (N/O Thalia ou Côtes de la Manche). Les autres campagnes ont soit basculé sur le N/O Thalassa et sont devenues des campagnes écosystémiques associant plusieurs thématiques de recherche (halieutique *sensu stricto*, observation/comptage des oiseaux et mammifères marins, étude des larves et œufs de poissons, du macro-benthos, des déchets, de la chlorophylle, des micro-algues, du méso-zooplancton, du zooplancton gélatineux, des réseaux trophiques), soit ont été organisées sur des navires professionnels (toutes les campagnes en technologie des pêches, toutes les campagnes de type « nourriceries » en Manche). Ces campagnes scientifiques menées à bord de navires professionnels représentent un nombre de jours de mer important et concernent de nombreuses équipes scientifiques, mais elles n'apparaissent de fait plus dans le paysage des demandes de campagnes déposées auprès de la CNFC.

Comme cela a été noté précédemment, le navire semi-hauturier ne sera pas adapté pour l'échantillonnage à l'aide de chaluts à panneaux des zones peu profondes. Néanmoins, l'arrivée du NSH est une opportunité puisqu'il permet d'envisager plusieurs scénarios-type de campagnes :

- Transfert vers le NSH de campagnes halieutiques récurrentes (financées par le FEAMP – Fonds Européen aux Affaires Maritimes et à la Pêche ou par la PCP-DCF – Data Collection Framework) comme ORHAGO. L'utilisation du NSH permettrait aux équipes scientifiques concernées de disposer d'une plateforme plus adaptée aux conditions de mer souvent difficile dans le Golfe de Gascogne en octobre et novembre. Cela permettrait également d'envisager une évolution de cette campagne vers une campagne écosystémique similaire à celles déployées sur N/O Thalassa (IBTS, EVHOE, CGFS), avec recueil de données nécessaires dans le cadre de l'évaluation de plusieurs descripteurs de la DCSMM, comme les D1MM, D1O, D1PC et D1HP (respectivement Biodiversité Mammifères

- Marins, Oiseaux, Poissons Céphalopodes et Habitats Pélagiques), D4 (Réseaux Trophiques), D6 (Intégrité des fonds), D10 (Déchets Marins), etc.,
- Transfert vers le NSH de campagnes d'évaluation des stocks de langoustines par imagerie, actuellement organisées sur le Celtic Voyager, N/O irlandais de taille comparable (32 mètres) au NSH,
 - Organisation de campagnes pluridisciplinaires sur des chantiers dédiés, hors ou en métropole, comme évoqué précédemment. Des campagnes de recherche pluridisciplinaires sur les impacts multiples des usages du milieu marin (Energies Marines Renouvelables par exemple) pourraient notamment être organisées (du type des campagnes EchoSonde menées aujourd'hui sur N/O Thalia),
 - Organisation de campagnes écosystémiques pour le programme de surveillance des habitats pélagiques pour la DCSMM, des microorganismes hétérotrophes aux larves de poissons, comme les campagnes exploratoires ECOPEL 2018 en Manche Mer du Nord et Mers Celtiques,
 - Organisation de campagnes de recherche et d'innovations technologiques (couplage imagerie optique et acoustique sous-marine / engins de prélèvement classiques / méthodes « omiques » (eDNA) afin de développer des méthodes d'étude des compartiments mal échantillonnés, et tenter de réduire à terme l'utilisation des méthodes de prélèvement invasives (chalutage et dragage),
 - Campagnes en technologie des pêches (voir Annexe 3) : elles peuvent être centrées sur plusieurs objectifs, comme évaluer la sélectivité d'un engin de pêche, observer les engins de pêche et tester des engins de pêche à faible impact environnemental, observer le comportement des espèces ciblées face à l'engin de pêche et leur survie, mais également évaluer la biodiversité benthique (y compris les populations de poissons) par imagerie. Pour cela, il serait utile de pouvoir disposer sur le NSH, d'une part d'enrouleurs de chalut plus volumineux que ceux classiquement installés sur les chalutiers professionnels de taille comparable, et d'autre part d'un vire ligne/vire filet (amovible).

Le format des campagnes en technologie des pêches et en halieutique écosystémique peut considérablement varier en fonction des objectifs recherchés, et des zones à échantillonner. Cela peut correspondre à des campagnes de quelques jours à une ou deux semaines, avec une équipe scientifique (chercheurs, ingénieurs et techniciens) entre 6 et 12 personnes.

4.5. Campagnes en géosciences et paléoclimat.

Ces campagnes nécessitent généralement de réaliser des travaux en route pour l'acquisition de profils d'imagerie acoustique (sismique, SMF, sonar à balayage latéral) et sont à ce titre généralement relativement longues, d'une part en raison des contraintes d'acquisition de données acoustiques (vitesse limitée, espacement de profils contraints pour l'obtention d'une couverture exhaustive...) et d'autre part parce qu'il est assez difficile de travailler 24 heures sur 24 sur les navires côtiers (personnels embarqués trop peu nombreux pour assurer un

fonctionnement en quart) et/ou que les zones d'études sont situées à une distance importante des ports d'escales.

Elles peuvent aussi nécessiter de mettre en œuvre des moyens lourds (carottiers, HROV, AUV, ...) qui sont, à l'heure actuelle, très difficilement opérables sur les navires côtiers.

L'arrivée du navire semi-hauturier dans la FOF devra ainsi permettre :

- De réaliser, à l'instar de ce qui est déjà fait sur les navires côtiers, l'acquisition simultanée de données SMF, Chirp (coque ou tracté), sismiques (HR ou THR ou SMT) et sonar à balayage latéral ainsi que des opérations avec de petits moyens de prélèvements (bennes, Carottier roche, carottier interface) et de vidéo. Dans ce premier scénario, la possibilité de bénéficier d'un navire semi-hauturier permettra de pouvoir opérer 24 heures sur 24, et donc de gagner du temps d'acquisition, et/ou de pouvoir travailler plus efficacement sur la plateforme continentale (et notamment sur certains secteurs) aujourd'hui difficilement accessible,
- Une plus grande polyvalence en ayant la possibilité de disposer, en attente sur la plage arrière, d'un équipement dit "second leg" de type carottier (gravitaire ou vibrocarottier), AUV, HROV Ariane, qui pourrait ainsi être mis en œuvre sans retour à quai. Dans cette configuration polyvalente les deux principaux scénarios envisagés correspondent à :
 - L'acquisition de données SMF, Chirp (coque ou tracté), sismiques (HR ou THR ou SMT) et sonar à balayage latéral (avec petits moyens de prélèvements et de vidéo) et d'un système de carottage (scénario 2),
 - L'acquisition de données SMF, Chirp (coque ou tracté), sismiques (HR ou THR ou SMT) et sonar à balayage latéral (avec petits moyens de prélèvements et de vidéo) et la possibilité de déployer le HROV ou un AUV (scénario 3).

La possibilité d'un scénario 4 permettant de disposer à bord d'un système de carottage, d'un engin type HROV ou AUV et de procéder à des acquisitions de données d'imagerie acoustique serait très appréciée mais nécessite d'être étudiée plus avant pour évaluer sa faisabilité.

Enfin, de manière très prospective, la communauté des géosciences rappelle son besoin d'être équipée en système de forage afin de bénéficier de prélèvements plus longs et donc profonds permettant ainsi de réviser la compréhension de l'histoire géologique, sédimentaire et environnementale de nos marges. Elle souhaiterait que puisse être évalué et pris en compte le déploiement de ce type d'outil à partir du NSH.

4.6. Campagnes d'enseignement.

Aujourd'hui, à quelques rares exceptions près, les campagnes d'enseignement se déroulent à la journée, et de ce fait ne s'éloignent guère des ports d'embarquement/débarquement pour les encadrants et les étudiants concernés. Les travaux à réaliser dans le cadre de la formation se trouvent de fait limités aux structures océaniques ou écosystèmes présents à proximité de ces ports d'embarquement, dont la pertinence au regard des objectifs de la formation n'est pas

toujours totalement assurée. Cela limite d'une part les types de travaux qui peuvent être effectués à bord, quelle que soit la discipline scientifique enseignée, et d'autre part n'apporte qu'un aperçu très partiel de ce que peut être une campagne scientifique dans sa globalité à des étudiants, souvent de M1 ou M2, qui seront les scientifiques de demain en océanographie. La durée typique de ces campagnes est actuellement de 3 à 5 jours, au cours desquels les étudiants sont embarqués par groupes de 5 à 6 pour des demi-journées ou journées, ou (très rarement) par créneaux de 2 ou 3 jours.

La disponibilité du NSH comme plateforme d'accueil et de formation d'étudiants pourrait permettre la réalisation de campagnes plus attrayantes, plus longues (jusqu'à des embarquements à la semaine, comme cela existe dans d'autres pays européens ou en Amérique du Nord). Ces campagnes rallongées pourraient permettre l'accès à des écosystèmes marins et des structures océaniques plus pertinents et plus éloignés, mettant en œuvre les techniques de mesure ou de prélèvement de référence et innovantes. Elles permettraient aussi de former les étudiants aux rythmes de travail en continu à bord, au respect des règles de vie et des contraintes environnementales actuelles sur un navire. Le dernier avantage, et non le moindre, serait de permettre d'impliquer des équipes de 12 à 15 personnes (dans une configuration idéale, entre 10 et 12 étudiants, accompagnés de 2 ou 3 enseignants-chercheurs et/ou ingénieurs).

Une perspective particulièrement attrayante serait la possibilité, du fait du plus grand espace de travail disponible et de sa segmentation en espaces indépendants (laboratoire sec/laboratoire humide réellement séparés, PC scientifique pour les discussions en groupes complets), de réaliser des campagnes conjointes à plusieurs formations (M2 océanographie physique et M2 biologie marine au sens large par exemple), permettant d'exposer les étudiants aux enjeux de l'interdisciplinarité dès ce stade crucial de leur formation. Enfin, la possibilité d'organiser des enseignements à distance (par exemple travaux de cartographie, observation sous-marine, analyse des données acquises en continu ...) pourrait être envisagée.

5. Conclusions et perspectives.

Toutes les disciplines scientifiques en océanographie saluent l'arrivée prochaine dans la flotte océanographique française d'un navire semi-hauturier. Toutefois, la communauté des halieutes tient à souligner que ce NSH ne pourra pas effectuer de campagnes océanographiques dans les zones ultra-côtières comme les estuaires, alors que l'absence d'un navire océanographique dédié à ces secteurs est criant depuis plusieurs années.

Ce NSH devra être stable à la mer, y compris dans des conditions météorologiques difficiles, afin de pouvoir envisager une utilisation tout au long de l'année, et non plus concentrée entre les mois de mars et d'octobre, comme c'est le cas actuellement sur les navires côtiers. Ce navire devra être modulable, connecté et propre. Modulable car il devra pouvoir convenir aux attentes de toutes les disciplines en océanographie, sans nécessiter d'avoir à bord en permanence l'ensemble des équipements requis pour tous. Connecté pour répondre avec efficacité aux flux de données croissants entre terre et bord, et entre engins téléopérés et bord (utilisation croissante de robots/drones submersibles, mais aussi aériens et amphibies, pouvant travailler en « meute », enregistrements biogéochimiques, optiques et biologiques automatisés en continu, utilisation de l'intelligence artificielle). Propre évidemment, pour répondre à une demande sociétale forte, et puisqu'il en est de notre responsabilité scientifique d'être pilotes et novateurs en ce domaine.

Un nouveau navire entrant en flotte a une durée de vie opérationnelle de 30 à 40 ans, voire davantage. S'ils ne sont pas forcément faciles à anticiper, de nouvelles utilisations au-delà de la communauté scientifique nationale peuvent apparaître. Un tel navire polyvalent ouvre des perspectives en matière de coopération surtout si l'on peut essayer d'anticiper les profils de campagnes océanographiques à venir de la part de la communauté scientifique concernée à l'échelle européenne et internationale. De fait, nombre d'Etats voudront mieux connaître les ressources de leur plateau continental, et y installer des systèmes de mesure pour suivre les impacts du changement climatique sur leurs écosystèmes marins, en accompagnement de leurs activités, comme la pêche, la surveillance des flottilles étrangères, les parcs d'énergie renouvelable, les ressources minérales ou biologiques, la sécurité maritime, le contrôle de pollutions, la défense... Enfin, un tel navire a aussi vocation de développer les liens, dans le cadre des sciences participatives, avec un nombre croissant d'amateurs souvent très éclairés, et avec des outils de transmission et de visualisation de plus en plus puissants et précis, sans oublier la fonction éducative en milieu scolaire, en mission comme en escale. L'utilité de redonner confiance en la science et de faire mieux comprendre la valeur du travail des scientifiques n'est pas la moindre des missions d'un tel navire, sans compter les dimensions du rêve, de l'imaginaire, de l'exploration, de la stimulation de vocations professionnelles.

6. Annexes.

6.1. Annexe 1 : Membres du Groupe de Travail Scientifique NSH.

Nom	Discipline	Affiliation
<i>Eric Foucher, Président</i>	Halieutique	Laboratoire Ressources Halieutiques, Ifremer, Port-en-Bessin
<i>Eric Thiébaud, Vice-président</i>	Biologie Ecosystèmes	Station Biologique, Sorbonne Université, Roscoff
<i>Felipe Artigas</i>	Biologie Ecosystèmes	Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (CNRS UMR 8187), Université du Littoral et de la Côte d'Opale (ULCO), Wimereux
<i>Jérôme Aucan</i>	Physique-Biogéochimie	LEGOS, IRD Nouméa
<i>Bruno Deflandre</i>	Biogéochimie et Biologie Ecosystèmes	UMR CNRS 5805 EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux), Université de Bordeaux – OASU, Bordeaux
<i>Carl Gojak</i>	Technologie	CNRS, DT INSU, La Seyne-sur-Mer
<i>Gérald Grégori</i>	Physique-Biogéochimie	Institut Méditerranéen d'Océanologie, CNRS, Marseille
<i>Joël Knoery</i>	Biogéochimie-Ecotoxicologie	Laboratoire Biogéochimie des Contaminants Métalliques, Ifremer, Nantes
<i>Denis Lacroix</i>	Prospective scientifique	Direction Scientifique, Ifremer, Sète
<i>Louis Marié</i>	Physique-Biogéochimie	Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Ifremer, Brest
<i>Laure Simplet</i>	Géosciences	Laboratoire Géodynamique et Enregistrement Sédimentaire, Ifremer, Brest
<i>Alain Trentesaux</i>	Géosciences	Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (CNRS UMR 8187), Université de Lille, Villeneuve d'Ascq
<i>Benoit Vincent</i>	Technologie des pêches	Laboratoire de Technologie et de Biologie Halieutique, Ifremer, Lorient

6.2. Annexe 2 : Plans prévisionnels Navire Semi-Hauturier.

6.3. Annexe 3 : Scénarios potentiel d'utilisation du Navire Semi-Hauturier en technologie des pêches.

Objectif	Stratégie	Contraintes sur équipements mis en œuvre par Génavir (ou laboratoire)
Evaluer la sélectivité d'un engin de pêche	Pêche, ouverture des culs dans des parcs différenciés (cas du chalut), transport des captures, tri, pesée ...	Convoyeur pour limiter les risques de blessure lors du transport des caisses de poissons (et du rejet des captures sauf si goulotte de rejet en labo humide). Enrouleurs suffisamment volumineux (présence de chaussettes, systèmes sélectifs, flotteurs ...).
Observer les engins de pêche	Filage engin pêche, filage EROC, observation, virage EROC, virage engin pêche.	Utilisation de l'EROC (container 1t5, treuil 3t et véhicule 0.5t). Poulie de renvoi du câble sur le portique oscillant. Alimentations : 380V TRI / 25 KW (treuil) 380V TRI / 10 KW (EROC) 220 V 16A (container). Alimentation en eau de mer pour refroidissement du treuil. Treuil positionné dans l'axe du navire.
Etudier la survie	Pêche, mise en vivier, diverses opérations sur animaux	Alimentation électrique des viviers. Tables de travail à proximité des viviers. Goulotte de remise à l'eau vivants.
Observer le comportement des poissons par rapport à un engin de pêche Observer l'environnement	Utilisation de traîneaux type Pagure, LangolfTV ou tout système vidéo remorqué.	Capacité du NSH à se positionner lors de l'observation d'un engin fixe à vitesse faible. Même problématique pour virage palangre. Capacité du NSH à avancer à faible vitesse en suivant une route prédéfinie. Présence de goulottes pour passer les câbles électriques du pont de pêche vers le labo humide/sec et PC science.
Tester des engins à faible impact environnemental	Filages, virages fréquents, observation, utilisation de capteurs, de systèmes vidéo	Possibilité de volume important stocké sur les enrouleurs. Possibilité de volume important stocké sur les treuils de pêche (exp. câble mixte diam40 ?). Réas positionnés hauts : tendance des panneaux de pêche vers un plus grand allongement vertical et accès aux panneaux en sécurité pour opération sur capteurs. Masse de panneaux potentiellement 1.5 t, dimensionnement grue en rapport (1t à 12m semble trop faible). Utilisation de chalut à perche, 4 m de large au niveau de la rampe.

Commun à différents projets	Mesure	<p>Réas instrumentés pour mesurer la tension et la longueur des funes.</p> <p>Système Marport préféré à Scanmar (proximité géographique de l'entreprise et projets communs entre les équipes).</p> <p>Positionnement du transducteur à définir avec le fournisseur des capteurs (expériences de transducteur mal positionné conduisant à une utilisation dégradée).</p> <p>Configuration minimale souhaitée : distance panneaux, angle panneaux (1 paire), hauteur panneaux (1 paires), distance ailes (1 paire), capteur de vitesse pour corde de dos, sondeur de corde de dos.</p>
Evaluer la biodiversité benthique	Vidéo sous-marine avec HROV Ariane / Pagure	Froid : Azote liquide stocké dans le labo humide
Etude des engins passifs	Filage/virage de filières, filets, palangres	Équipement de vire filet/vire lignes à positionner latéralement

