Financé par
l'Union européenne

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
DELEGATION COTE D'AZUR

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

MARCHE PUBLIC PORTANT SUR LE DEPLOIEMENT D'UNE FLOTTILLE DE CINQ PLANEURS EQUIPES DE CAPTEURS DANS LE CADRE D'UNE EXPEDITION OCEANOGRAPHIQUE POUR LE COMPTE DU LOV

Consultation n° 2026-09

Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV)
UMR 7093

29/09/2026

SOMMAIRE

PREAMBULE **3**
ARTICLE 1 – CONTEXTE ET DESTINATION DU BESOIN **3**
ARTICLE 2 – OBJET DU MARCHE **3**
ARTICLE 3 – CADRE D'UTILISATION **4**
ARTICLE 4 – PRESTATIONS MINIMALES ATTENDUES **5**
4.1 ETAPES DES PRESTATIONS 5
4.2 CARACTERISTIQUES DES 5 PLANEURS SOUS MARIN 6
ARTICLE 5 – DOCUMENTATIONS **7**
ARTICLE 6 – FORMATIONS **7**
ARTICLE 7 – LIEUX D'EXECUTION **8**
ARTICLE 8 – CONDITIONS D'ADMISSION **8**
LEXIQUE **10**

PREAMBULE

Ce marché s'inscrit dans le cadre des activités du Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) à Villefranche-sur-Mer. Le LOV est une Unité Mixte de Recherche (UMR) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), elle est pluridisciplinaire composée de biogéochimistes, de physiciens et de biologistes. Les travaux de recherche de l'unité sont consacrés à l'étude de l'océan mondial, de sa réponse et de son rôle dans le changement global, dans le but de prédire son évolution future.

Les études sont développées dans les disciplines de l'écologie, de la biologie, de la chimie et biogéochimie et de la physique (optique et hydrodynamique) en couplant les données d'observation in situ et satellitaire, l'expérimentation et la modélisation. Le LOV a une forte expertise pour les observations in situ de l'océan hauturier, notamment dans le cadre de larges expéditions océanographiques.

ARTICLE 1 – CONTEXTE ET DESTINATION DU BESOIN

La prestation objet du marché s'inscrit dans le cadre du projet HARVEST, une bourse ERC SYNERGY financée par l'ERC (European Research Council) de l'Union Européenne. Le projet HARVEST est porté par le CNRS et par l'IRD. Il est mis en œuvre par le CNRS (via les unités mixte de recherche Géoazur et LOV) et par l'IRD (unité mixte de recherche MARBEC).

Le projet HARVEST étudie comment le fer émis par les volcans sous-marins stimule la croissance du phytoplancton - illustrant la dynamique interdisciplinaire entre géophysique, océanographie et climatologie.

Le fer est un élément nutritif essentiel à la vie marine, mais la contribution du fer hydrothermal à la productivité biologique reste encore peu connue. C'est particulièrement vrai pour le volcanisme peu profond dans les océans, susceptible d'influencer directement les eaux de surface. Le projet vise à combler cette lacune en évaluant le rôle du fer issu de sources hydrothermales profondes et peu profondes dans la production primaire des zones océaniques limitées en fer. Pour cela, HARVEST s'appuie sur une approche intégrée, combinant observations de terrain, dispositifs expérimentaux et modélisation numérique avancée.
Les données recueillies, appuyées par des modèles biogéochimiques de nouvelle génération, permettront de simuler le devenir du fer hydrothermal et d'en estimer les effets sur la production primaire et le cycle du carbone à l'échelle régionale et mondiale, aujourd'hui et dans le futur. En révélant l'impact encore méconnu du volcanisme sous-marin sur la fertilisation des océans, HARVEST offrira un nouvel éclairage sur les interactions entre la Terre solide, la dynamique océanique et les écosystèmes marins.

ARTICLE 2 – OBJET DU MARCHE

Le présent marché a pour objet la réalisation de prestations de services portant sur l'intégration d'un nouveau capteur sur des planeurs sous-marins ainsi que sur le déploiement d'une flottille de cinq planeurs équipés de ces capteurs et d'autres capteurs, destinés à l'acquisition et au traitement de données dans le cadre d'une expédition océanographique pour le compte du Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV).

Le marché contient à minima les éléments suivants :

- Location de 5 planeurs sous-marins,
- Service d'ingénierie,
- Pilotage et acquisition de données,
- Transport,
- Formation,
- Assistance technique,
- Mise à disposition de personnel de bord,
- Production de livrables.

ARTICLE 3 – CADRE D'UTILISATION

Les 5 planneurs sous marin déployés en flotille seront utilisés dans le cadre d'une expédition océanographique programmée en fin 2027 à bord d'un navire de la Flotte Océanographique Française. Cette expédition océanographique sera composée de deux LEGS à forte composante exploratoire.

- LEG 1 : (37 jours) exploration de la zone peu profonde de l'Arc des Tonga caractérisée par une forte densité de monts sous-marins peu profonds (~200 m) que le projet va caractériser en termes d'activité volcanique, sismique et hydrothermale dans des zones qui ne sont pas toutes cartographiées.
- LEG 2 (35 jours) : utilisation du volcan hydrothermalement actif identifié lors du LEG1 comme laboratoire pour étudier comment un volcan influence la physique de l'océan, la chimie du fer et l'activité biologique. Exploration de l'impact des sources profondes situées dans le bassin profond en expansion.

Une flotte de 5 planeurs chargés de capteurs cartographiera en 3D les panaches hydrothermaux sur une zone d'exploration s'étendant sur 1000 km. Le nombre de planeurs doit permettre de cartographier une bande de largeur 20 km, ce qui permet d'englober généralement la taille des monts sous-marins, soit une zone de 1000 x 20 = 20 000 km2.
Les planeurs ayant une vitesse de 25 km/jour et une autonomie -avec les capteurs nécessaires- estimée à 20 jours, chaque déploiement couvrira une zone de 10 000 km2 et 2 déploiements seront nécessaires :

- les planeurs seront déployés/relevés/redéployés pendant le LEG1.
- les planeurs seront définitivement relevés pendant le LEG2

Les objectifs de la mission sont les suivants :

1. évaluer les risques pour le navire de recherche (qui suivra la flottille de planeurs) de passer sur les zones étudiées par les planeurs sous-marins en établissant la bathymétrie de la zone traversée par la flottille.
2. localiser les sources hydrothermales et cartographier les panaches hydrothermaux dans la zone désignée.
3. découvrir et caractériser à haute résolution un mont sous-marin actif dit "SUPERSITE" qui sera la cible d'une étude intensive chimie-physique-biologie au cours du LEG2.

ARTICLE 4 – PRESTATIONS MINIMALES ATTENDUES

Les prestations seront ajustées avec l'équipe scientifique avec qui un dialogue constant devra être établi.

4.1 Etapes des prestations

- **Etape 1 : Avant l'expédition océanographique**

1. **Phase d'étude et d'implémentation des capteurs**:

En amont de la phase d'essais (voir section 2.), le titulaire devra réaliser l'implémentation d'un capteur de mesure des concentrations de fer désigné par l'équipe demandeuse. Ces capteurs seront achetés séparément par le CNRS et fournis au titulaire.

- Le titulaire devra étudier la possibilité d'équiper les planeurs avec un nombre optimal de capteurs permettant de mesurer les grandeurs, nécessaires pour suivre les panaches hydrothermaux parmi lesquels :
  - turbidité
  - potentiel redox
  - méthane
  - oxygène
  - salinité
  - température
  - pression
  - profondeur du fond
  - mesure de courant.

La qualité et quantité de données attendues sont celles des capteurs suivants: turbidité et mesure de courant : Signature 1000 ou AD2CP (NORTEK) ou leur équivalent; Conductivity température pression: CTD : Legato (RBR) ou leur équivalent; Oxygene dissous: Coda (RBR) ou leur équivalent; potentiel redox (AMT) ou leur équivalent ; méthane (METS) ou leur équivalent.

2. **Phase d'essais**

A minima 6 mois avant l'expédition océanographique: l'organisation par le titulaire des essais en mer de la flottille (rade de Villefranche ou proche Méditerranée) équipée avec l'ensemble des capteurs qui auront été choisis en concertation. Ces essais seront également l'occasion de former 3 personnels scientifiques qui embarquent (ayant déjà une expérience en planeurs) afin que les 2 déploiements et les 2 récupérations aient lieu dans les meilleures conditions. Ce personnel sera aussi formé pour retirer les capteurs de fer avant de procéder à la mise en caisses des 5 planeurs en fin de LEG2.

L'étalonnage des capteurs sera également réalisé.

3. **Phase de la préparation du matériel pour le transport des cinq planeurs entièrement équipés pour les mesures simultanées et continues des paramètres à mesurer**

Le titulaire assure le transport aller et retour des planeurs entre ses locaux et le port de Nouméa.

➢ **Etape 2 : pendant l'expédition océanographique**

- Le titulaire assure pendant les LEGS 1 et 2, deux déploiements de 20 jours des cinq planeurs comprenant : le pilotage à bord et à distance, la surveillance, l'acquisition, le formatage et la visualisation journalière des données de chaque capteur en 3D. Le titulaire produit en temps réel, une carte 2D représentant toutes les informations de sonde verticale vue par le planeur afin d'appréhender la bathymétrie sur site.
- Le titulaire s'assure à bord et à distance de la cohérence et de la précision des paramètres acquis, permettant le cas échéant d'ajuster la mission. Par exemple, si un site présente une forte activité hydrothermale, il sera possible de décider de changer la fréquence d'acquisition des données et/ou de modifier le plan de vol des planeurs. Une adaptabilité est donc nécessaire permettant de faire évoluer la mission si nécessaire. Le titulaire s'assure de l'accessibilité de l'acquisition des données à bord pendant les LEG1 & LEG2 (interface informatique installée sur un PC permettant le pilotage des planeurs et la visualisation scientifique des données en acquisition)
- Le titulaire est à bord sur le LEG1 pour assurer la prestation en plus des personnels formés.
- En fin de chaque LEG, le titulaire assurera l'extraction et la livraison de l'ensemble des données acquises.

➢ **Etape 3 : après l'expédition océanographique**

- Le titulaire organise, l'expédition retour de ses planeurs (transport et douane) de Nouméa à ses locaux.
- Le titulaire fournit un rapport technique environ une semaine après la fin de l'expédition océanographique
- Le titulaire fournit un rapport scientifique (comprenant l'ensemble des données acquises et leur analyse) environ un mois après la fin de l'expédition océanographique.

4.2 Caractéristiques des 5 planeurs sous marin

- Le planeur doit permettre de recueillir des données chimiques, physiques, biologiques et acoustiques le long de la colonne d'eau. Il doit opérer entre la surface et 1 000 mètres de profondeur afin de pouvoir explorer la zone ciblée où des structures volcaniques peuvent être proches de la surface, avec de fortes variations de bathymétrie entre deux volcans.
- Le planeur doit pouvoir être piloté à distance via satellite via une station de pilotage à bord et/ou à terre. Le pilote peut modifier la trajectoire du planeur, le profil de navigation et le schéma d'échantillonnage.
- Le planeur doit pouvoir opérer en pleine autonomie en mer pendant 20 jours sans nécessiter l'intervention d'un navire de supervision à la surface à proximité, ce qui sera particulièrement le cas pendant le LEG2 où le navire sera éloigné de la flottille.
- Chaque fois qu'il atteint la surface en naviguant, le planeur doit avoir la possibilité d'envoyer à la station de pilotage sa position GPS, les données scientifiques collectées ainsi que des informations sur son état et ses paramètres de navigation.

Les planeurs doivent être alimentés par des batteries rechargeables qu'il conviendra de recharger à bord du navire de recherche entre les 2 déploiements des planeurs.

ARTICLE 5 – DOCUMENTATIONS

Pendant l'exécution des prestations le titulaire devra remettre la documentation ci-dessous au cours des événements décrits ci-dessous :

- **A compter de la notification du marché et sous 15 jours maximum :** une planification montrant le calendrier détaillé que le titulaire suivra, incluant les réunions de suivi avec le CNRS.

- **Etape 1 : Avant l'expédition en mer,** le titulaire fournira un rapport technique décrivant l'ensemble des équipements utilisés (planeurs et capteurs), les calibrations de chaque capteur ainsi que le déroulé de la préparation (incluant les tests en mer en amont)

- **Etape 2** : **Pendant chacuns des deux LEGs** le titulaire s'assure de l'accessibilité de l'acquisition des données à bord (interface informatique installée sur un PC permettant le pilotage de planeurs et la visualisation scientifique des données en acquisition : le titulaire produit (1) en temps réel une carte 2D représentant toutes les informations de sonde verticale vu par le planeur d'une manière permettant d'appréhender la bathymétrie sur site et (2) produit journalièrement des cartes 3D de visualisation des données. Le titulaire assure une communication régulière avec l'équipe scientifique (en particulier les cheffes de mission et les personnels formés en amont).

- **Etape 3 : À l'issue de la mission, le titulaire livrera les jeux de données acquises et 2 rapports** : (1) environ une semaine après la fin du LEG 2, le titulaire fournira un rapport technique décrivant les différentes étapes de préparation des planeurs, l'ensemble des tests réalisés avant la mission ainsi que toutes les fiches de calibration des instruments ; (2) environ un mois après la fin du LEG2, le titulaire fournira un rapport scientifique décrivant les jeux de données, les traitements effectués en temps réel ainsi que les traitements a postériori (transformation de données ou QC), ainsi que 2 jeux de données : données brutes et données finales.

ARTICLE 6 – FORMATIONS

Le titulaire formera 3 agents embarquants (personnel scientifique désigné par le CNRS) qui assisteront le titulaire embarqué au LEG1 pour la mise à l'eau, la récupération en mer, le redéploiement et la récupération finale.

Ce personnel sera formé aux prestations suivantes :

1. Extraction de l'ensemble complet des jeux de données des planeurs ;
2. Reconditionnement des planeurs entre récupération 1 et mise à l'eau 2 - ce qui correspond à :
    - charge des batteries des 5 planeurs et,
    - extraction des données brutes acquises sur 20 jours par les 5 planeurs ;
3. Déploiements/récupération LEG1 et récupération LEG2 ;
4. Extraction de l'ensemble complet des jeux de données des planeurs (40 jours) ;

5. Utilisation de l'interface qui devra être mise en place par le titulaire sur un PC à bord servant au pilotage des planeurs et à la visualisation scientifique des données.

En fin du LEG2, les personnes formées devront retirer les capteurs de fer avant de procéder à la mise en caisse des 5 planeurs.

La formation se déroulera en 2 parties :

- partie 1 :

Au cours de la phase de test en Méditerranée.

- partie 2 :

À Nouméa à bord du navire pendant la journée de mobilisation du LEG1.

ARTICLE 7 – LIEUX D'EXECUTION

Les lieux d'exécution des prestations sont les suivants :

- **Etape 1 : avant l'expédition océanographique :**

  - phase d'étude dans les locaux du titulaire,
  - phase de test : en Méditerranée (rade de Villefranche ou autre site choisi par le titulaire)
  - le titulaire organise le transport depuis ses locaux jusqu'au pont du navire à Nouméa.

- **Etape 2 : pendant l'expédition océanographique :**

Le lieu d'exécution est dans le Sud-Ouest Pacifique, Port de Nouméa puis le long de l'Arc volcanique des Tonga pendant les LEG1 et LEG2.

- **Etape 3 : après l'expédition océanographique**

Les flotteurs retournent dans les locaux du titulaire.

ARTICLE 8 – CONDITIONS D'ADMISSION

Les étapes seront validées comme suit :

- **Etape 1 : Avant l'éxpédition océanographique.**

Des tests (d'un minimum de 5 jours) seront effectués en Méditerranée (rade de Villefranche ou proche Méditerranée) en amont de l'expédition dans le Pacifique pour tester le bon fonctionnement des capteurs de fer et de l'ensemble des autres capteurs montés sur les planeurs sous des conditions réalistes. Ces tests permettront de valider ce qui devra être fait pendant l'expédition océanographique dans le Pacifique, avec la configuration complète : 5 planeurs et

tous les capteurs ; avec les cheffes de mission et avec les personnes à former. Utilisation de l'interface à bord pour le pilotage et la visualisation,

Si les tests (au nombre de 3 au maximum) montrent une défaillance de qualité des données s'avérant être due aux planneurs, des améliorations devront être apportées par le titulaire pour atteindre la prestation attendue. Des comptes rendus suivront le.s test.s en Méditerranée afin de démontrer que la qualité des données est conformes aux caractéristiques fournies par les constructeurs des capteurs et que la même qualité sera attendu pour le déploiement en Pacifique. Si une défaillance de qualité des données s'avérait être due aux planeurs, un deuxième test en Méditerranée, confirmé par un compte rendu, sera effectué.

- **Etape 2 : Pendant l'expédition océanographique.**

A l'issue du premier déploiement de la flottille pendant l'expédition dans le Pacifique et avant le deuxième déploiement, le titulaire et l'équipe scientifique feront un bilan qui permettra d'éventuellement apporter des améliorations pour le 2ème déploiement des planeurs.

Le titulaire produira un compte rendu intermédiaire permettant de confirmer que la qualité et la quantité des données sont conformes aux caractéristiques fournies par les constructeurs des capteurs.

Un point sera fait concernant la communication entre le titulaire et l'équipe scientifique.

- **Etape 3 : Après l'expédition**

Les rapports techniques portant sur le fonctionnement des flotteurs (fournis dans un délai d'une semaine suivant la fin du LEG2) et les rapports scientifiques portant sur les données récoltées (fournis dans un délai d'un mois après la fin du LEG2) permettront de constater la bonne exécution de la prestation. Les données et métadonnées brutes et finales seront fournies ainsi que les logiciels pour pouvoir les lire et les convertir dans des formats SIG standard et/ou des formats lisibles par l'homme et/ou non propriétaires couramment utilisés pour les différents types de données. Une documentation complète des caractéristiques des capteurs et des loggeurs numériques qui ont enregistré sera également fournie. Un soutien technique est attendu à l'issue de l'expédition pour vérifier que la qualité de l'ensemble des données acquises est bien conforme aux caractéristiques fournies par les constructeurs des capteurs.

LEXIQUE

- Leg : un segment d'une expédition océanographique avec retour à quai. L'expédition HARVEST est organisée en 2 LEGS au départ de Nouméa. Les dates actuelles (pouvant être modifiées par la programmation de la Flotte Océanographique Française) sont : mobilisation à Nouméa 8/11/2027. LEG1 du 9/11/2027 au 15/12/2027. Escale à Nouméa : 16 et 17 décembre 2027. LEG2 : 18/12/2027 au 21/01/2028. Demobilisation à Nouméa 22/01/2028.

- Flottille : Une flottille désigne un ensemble de gliders alignés sur une même ligne, séparés par un espacement régulier, se déplaçant à la même vitesse dans la même direction.

- CNRS : Centre national de la recherche scientifique. Dans le cadre du présent lexique et des procédures de marchés publics, le terme « CNRS » désigne l'acheteur, à savoir le Centre national de la recherche scientifique, agissant pour ses besoins et, le cas échéant, pour ceux de ses unités de recherche, notamment le Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) et Géoazur.