

Direction des Programmes et de la Stratégie
Thème 6 : Circulation et écosystèmes marins : mécanismes, évolution et prévision
Programme PGF03 : Océanographie Côtière Opérationnelle
Direction des Opérations – Centre de Brest
Département Dynamiques de l'Environnement Côtier
Laboratoire Physique Hydrodynamique et Sédimentaire

Pierre Le Hir - Fabrice LECORNU - Nicolas LE FLOCH

Mars 2007 – DOP/CB/DYNECO/PHYSED/2007-05 version 1.0
Référence DAJ : 07/2 210 095

PREVIMER

*Démonstrateur D4 – Prévisions de la turbidité en Bretagne
Sud*

Conception et mise en œuvre d'un dispositif de contrôle in
situ du profil vertical de la turbidité

Avis de marché 2007/S48-059076

Cahier des Clauses Techniques Particulières

Historique du document

<i>Version</i>	<i>Date</i>	<i>Auteurs</i>	<i>Commentaires</i>
1.0	07/03/07	P. Le Hir, F. Lecornu, N. Le Floch	Document initial.

<i>Auteurs</i> P. Le Hir F. Lecornu N. Le Floch	<i>Date</i> : 07/03/2007	<i>Visa</i> :
<i>Vérifié par</i> : Y.-H. De Roeck	<i>Date</i> : 07/03/2007	<i>Visa</i> :
<i>Approuvé par</i> : J. Legrand	<i>Date</i> : 07/03/2007	<i>Visa</i> :

© Ifremer

Hormis les cas expressément prévus par le Code de la Propriété Intellectuelle au titre de l'article L.122-5 2° d'une part et de l'article L.122-5 3° d'autre part, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite (article L.122-4) » et qu'une telle représentation ou reproduction constitue un délit de contrefaçon sanctionné par deux ans d'emprisonnement et 150 000 euros d'amende. L'Ifremer se réserve le droit à réparation de tout préjudice subi.

© Ifremer

All rights reserved. No part of this work covered by the copyrights herein may be reproduced or copied in any form or by any means – electronic, graphic or mechanical, including photocopying, recording, taping or information and retrieval systems- without written permission.

sommaire

1. CONTEXTE DE L'APPEL D'OFFRES	4
1.1. GENERALITES	4
1.2. FOURNITURE	5
1.3. FORME ET MODALITES DE REMISE DE L'OFFRE	6
1.4. CONFIDENTIALITE	7
2. ÉLÉMENTS ATTENDUS DANS L'OFFRE	8
3. CRITERES DE CHOIX	10
3.1. DEFINITIONS ET ORDRE D'IMPORTANCE	10
3.1.1. <i>Critères par ordre décroissant</i>	10
3.2. NOTATION ET PONDERATION DES CRITERES	11
3.2.1. <i>Barème de notation</i>	11
3.2.2. <i>Evaluation</i>	11
3.3. CHOIX FINAL	12
4. CALENDRIER	12
5. CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN DISPOSITIF DE CONTROLE IN SITU DU PROFIL VERTICAL DE LA TURBIDITE	13
5.1. CONTEXTE : FINALITE DES TRAVAUX DEMANDES	13
5.2. OBJECTIF DES TRAVAUX DEMANDES	15
5.3. SPECIFICATIONS	15
5.4. DECOMPOSITION EN PHASE DE LA PRESTATION	20
5.5. EXIGENCES IFREMER	21
5.5.1. <i>Propriété du travail réalisé</i>	21
5.5.2. <i>Exigences relatives aux données et aux outils</i>	21
5.6. ELEMENTS FOURNIS PAR L'IFREMER	21
5.7. ELEMENTS FOURNIS PAR LE CANDIDAT	22
5.8. REUNIONS D'AVANCEMENT	23
5.9. PROTOCOLE DE RECETTE	23



1. Contexte de l'appel d'offres

1.1. Généralités

PREVIMER est un projet partenarial d'Océanographie Côtière Opérationnelle identifié au sein du Contrat de Plan État Région Bretagne qui a pour objectif de construire et mettre en ligne sur le site www.previmer.org un système d'informations et de prévisions multi échelles sur les façades métropolitaines Manche et Atlantique.

L'objectif du projet PREVIMER est d'acquérir les données in situ nécessaires aux modèles de prévisions côtières, de les archiver dans un centre de données d'océanographie côtière opérationnelle et de mettre en ligne (ou indiquer les liens URL d'accès à) un ensemble de mesures et de résultats de modèles sur le site www.previmer.org.

Il comprend dans un premier temps des démonstrateurs portant sur la circulation hydrodynamique, l'état de mer, la possibilité de suivi de traceurs passifs conservatifs ou non (en particulier d'origine microbiologique), l'état biogéochimique et la production primaire, la possibilité de brancher des systèmes d'alerte à partir de critères sur les paramètres produits.

Entièrement voué à la connaissance du domaine marin côtier, PREVIMER associe un volet « données in situ et de télédétection » à un volet modélisation pour permettre de réaliser des prévisions et des analyses de ces paramètres environnementaux.

Toutes ces prévisions sont basées sur des modèles hydrodynamiques allant de l'échelle de la façade (Atlantique et Manche) à l'échelle locale qui sont développés par l'équipe d'Ifremer Dyneco/physed¹. Sur la base de ce modèle, cette équipe a également développé un modèle de calcul de la **turbidité dans la zone Bretagne Sud**.

Dans le cadre de ce projet PREVIMER, l'Ifremer souhaite lancer un appel à propositions d'actions qui vise à démontrer la faisabilité d'un **suiti en continu du profil de turbidité en station fixe côtière**. Ce type de mesures doit permettre la validation du modèle de turbidité côtière, mais aussi apporter une méthode de contrôle des variations de la turbidité à l'échelle côtière, des tendances et des anomalies éventuelles.

Cette proposition d'actions n'inclut pas la mise en conditions opérationnelles ni même la validation du modèle de turbidité qui devrait faire l'objet d'actions ultérieures à partir de 2008.

¹ Département Dynamiques de l'Environnement Côtier - Laboratoire Physique Hydrodynamique et Sédimentaire.

1.2. Fourniture

On entend par FOURNITURE la **conception, mise en œuvre et restitution d'un dispositif de contrôle in situ du profil vertical de la turbidité.**

Cette Fourniture comporte deux options définies par l'Ifremer :

Option 1 : mesures en continu de paramètres complémentaires.

Option 2 : transmission des données des instruments de mesure.

Les variantes étant admises par l'Ifremer, le candidat est invité à proposer ses alternatives techniques pour la FOURNITURE et chacune des options. Le candidat pourra éventuellement proposer de nouvelles options étant entendu que la fourchette de prix mentionnée dans l'avis de marché s'entend comme incluant le coût de la FOURNITURE et des options. Chaque candidat devra chiffrer le coût des options 1 et 2 et/ou leurs variantes.

Les spécifications de cette fourniture et des options sont décrites au chapitre 5 ci-dessous.

1.3. Forme et modalités de remise de l'offre

Chaque offre, composée de 2 enveloppes, revêtira la forme suivante :

- Une enveloppe extérieure sur laquelle il sera fait mention : « *appel d'offres PREVIMER, ne pas ouvrir* »
- 2 enveloppes intérieures, l'une contenant toutes les références administratives du candidat décrites dans la section III de l'avis de marché, l'autre contenant l'offre technique et commerciale du candidat, sur laquelle seront indiqués « *appel d'offres PREVIMER* » ainsi que le nom du candidat. L'offre devra être fournie sur supports papier et électronique (CD-ROM). Les offres devront être envoyées ou remises à l'adresse suivante pour le **2 Mai 2007 12h** :

Ifremer
Centre de Brest
DAJ
A l'attention de Monsieur Nicolas Le Floch
BP 70
29280 Plouzané - France

La remise en mains propres de l'offre ne pourra se faire après le 2 Mai 12H00, délai de rigueur. En outre, seule la date de réception de l'offre sera prise en compte. Toute offre parvenant après le 2 Mai 2007, 12h sera retournée en l'état au candidat qui l'aura émise. En outre, toute offre ne contenant pas l'enveloppe renseignant les informations visées à la section III de l'avis de marché serait considérée comme irrecevable et l'Ifremer dans ce cas, ne procédera pas à l'ouverture de la 2^e enveloppe contenant l'offre technique et commerciale proprement dite.

Les questions éventuelles relatives au présent document pourront être posées à l'Ifremer du 19 mars au 20 avril 2007 (date à partir de laquelle l'Ifremer peut ne plus répondre aux questions) aux personnes mentionnées ci-dessous de préférence par e-mail :

Pour des questions d'ordre technique, à :

M. Pierre Le Hir – Chercheur en dynamique sédimentaire

Téléphone : 02 98 22 43 40 - E-mail : Pierre.Le.Hir@ifremer.fr

M. Fabrice Lecornu – Chef de projet PREVIMER

Téléphone : 02 98 22 41 95 - E-mail : Fabrice.Lecornu@ifremer.fr

Pour des questions d'ordre juridique ou administratif, à :

M. Nicolas Le Floch – Juriste contrats

Téléphone : 02 98 22 49 43 - E-mail : Nicolas.Le.Floch@ifremer.fr



Les candidats pourront également, sur leur demande, rencontrer l'équipe projet entre le 19 mars et le 30 mars 2007.

Chaque candidat ayant téléchargé le présent document depuis le site www.previmer.org (ou tout site indiqué sur l'avis de marché) **est invité à transmettre ses coordonnées** (et le nom d'un interlocuteur) **à Ifremer par E-mail** à :

M. Nicolas Le Floch – Juriste contrats, E-mail : Nicolas.Le.Floch@ifremer.fr

Le candidat pourra ainsi recevoir les réponses de l'Ifremer aux questions posées par d'autres candidats sur le présent document.

1.4. Confidentialité

Le candidat s'engage à ne pas utiliser les informations fournies par l'Ifremer pour un tout autre usage que cette invitation à remettre une offre. Le candidat s'engage à ne pas divulguer les informations et les documents transmis par l'Ifremer sans l'accord préalable et écrit de l'Ifremer. En cas de non sélection de l'offre du candidat par l'Ifremer, le candidat sera averti par écrit.



2. Éléments attendus dans l'offre

Le contenu de l'offre technique et commerciale devra être présenté dans un dossier de 50 pages maximum (hors annexes, CV, documentations constructeurs, ...).

En outre, le candidat fournira un résumé de sa proposition en 2 pages insistant sur les atouts de son offre. L'Ifremer attend dans l'offre les éléments suivants :

1. une proposition répondant à la FOURNITURE détaillant en particulier la stratégie de mesure envisagée, présentant le matériel sélectionné, précisant les protocoles de mise en œuvre à la mer et donnant la liste des résultats attendus ainsi que la méthode de dépouillement des données,
2. la liste des documents associés à la FOURNITURE, dont des références de l'équipe candidate,
3. le calendrier détaillé de la réalisation des opérations. Le candidat prévoira des réunions d'avancement avec l'Ifremer,
4. les coûts détaillés exprimés en euros hors taxes pour la FOURNITURE, des options 1 et 2 et éventuellement des alternatives proposées par le candidat. Le candidat détaillera en particulier le coût de chaque phase du projet :
 - Phase n°1 : rapport d'étude sur la solution technique adoptée.
 - Phase n°2 : fourniture de l'ensemble du dispositif de mesure: instruments, mouillage et systèmes d'acquisitions, logiciels (prévoir un tableau de prix).
 - Phase n°3 : réalisation des mesures pendant 2 mois (détailler la préparation, les opérations en mer, les interventions par plongeurs, les tâches de collecte de données et la restitution des instruments en bon état et des appareils de mouillage en fin de campagne).
 - Phase n°4 : fourniture des résultats bruts et d'un rapport d'analyse.
5. les conditions de paiement, étant précisé que le montant maximal de l'avance susceptible d'être versée par l'Ifremer est fixé à 5% du montant forfaitaire contre la fourniture d'une garantie bancaire à première demande de restitution d'avance que l'Ifremer se réserve le droit de demander.
6. la composition (association avec des sous-traitants possible) et les CV de tous les membres de l'équipe projet mise en place pour la réalisation des travaux. Le candidat s'engage à ne pas remplacer ces membres pendant la durée du projet, sauf cas de force majeure. Dans ce cas, tout remplacement sera soumis à l'accord de l'Ifremer. Le candidat désignera dans sa réponse un responsable, chargé notamment d'organiser des réunions d'avancement de l'exécution des travaux

avec l'Ifremer qui s'organisera pour répondre le plus efficacement possible aux demandes d'informations du candidat.



3. Critères de choix

3.1. Définitions et ordre d'importance

Les offres seront examinées par l'Ifremer et classées selon les trois critères mentionnés dans l'avis de marché.

Il est entendu qu'au titre de condition de participation, réhabilitaire en cas de réponse non conforme, la réponse du candidat devra inclure un délai de fin d'exécution ne pouvant être postérieur au 14 décembre 2007, condition préalable d'engagement de l'Ifremer pour conclure le contrat.

Une fois cette condition vérifiée dans l'offre du candidat, l'Ifremer examinera les propositions selon les critères définis ci-après.

3.1.1. Critères par ordre décroissant

Critère n°1 - Adéquation aux spécifications

Pour évaluer ce critère, l'Ifremer examinera le contenu de la proposition du candidat au regard des travaux demandés.

Critère n°2 – L'expérience professionnelle

Pour évaluer ce second critère, l'Ifremer examinera l'expérience des candidats dans les domaines concernés et évaluera l'aptitude à mener à bien les travaux demandés.

Critère n°3 – Prix de l'offre

Le prix devra être ferme et forfaitaire et valable 3 mois minimum. Le prix sera évalué conformément à la formule visée ci-après.

3.2. Notation et pondération des critères

3.2.1. Barème de notation

Les propositions des candidats seront évaluées par l'Ifremer. Les notes maximales susceptibles d'être attribuées à chaque critère sont définies ci-après :

Critères	Note maximale
1 - Adéquation aux besoins opérationnels	8
2 – Expérience professionnelle, dont travail en mer	6
3 – Prix de l'offre	6
TOTAL	20

3.2.2. Evaluation

En vue de l'attribution des notes définies ci-dessus, l'Ifremer retiendra pour les critères 1 et 2 la grille d'évaluation suivante dans laquelle N = Note attribuée à chaque critère.

- La note maximale N_{max} sera attribuée à une offre excellente et/ou, à valeur ajoutée, c'est-à-dire dont la qualité est au-delà de l'attente de l'Ifremer.
- La note $3N_{max}/4$ sera attribuée à une offre répondant bien aux attentes de l'Ifremer.
- La note $N_{max}/2$ sera attribuée à une offre répondant de manière insuffisante aux attentes de l'Ifremer.
- La note 0 sera attribuée à une offre ne satisfaisant pas du tout aux exigences de l'Ifremer.

Pour l'évaluation du critère de prix n°3, l'Ifremer appliquera la formule suivante :

$$Note_{prix} = ((\text{Prix le moins disant}) / (\text{Prix considéré})) * 6.$$

Le prix le moins disant est le moins cher des propositions reçues. Il obtient donc la meilleure note à savoir 6.

3.3. Choix final

Le candidat obtenant la meilleure note globale sur 20 sera retenu, sauf si l'appel d'offres est déclaré infructueux par l'Ifremer.

En cas d'égalité de notes, l'offre comportant la meilleure note technique sera retenue, sauf si l'appel d'offres est déclaré infructueux par l'Ifremer. La note technique est définie par la note globale diminuée de la note du critère de prix (n°3).

4. Calendrier

1.	Envoi de l'avis de marché :	9 mars 2007
2.	Réception des offres par l'Ifremer :	2 mai 2007, 12h
3.	Commission d'ouverture des plis :	2 mai 2007, 14h
4.	Choix final de l'offre :	18 mai 2007
5.	Signature du contrat et début des travaux :	1 ^{er} juin 2007
6.	Début des mesures opérationnelles en mer :	24 septembre 2007
6.	Date limite de réception du rapport final :	14 décembre 2007

5. Conception et mise en œuvre d'un dispositif de contrôle in situ du profil vertical de la turbidité

5.1. Contexte : finalité des travaux demandés

L'objectif du démonstrateur de turbidité dans le cadre du projet PREVIMER est d'évaluer la possibilité d'établir une prévision à court terme des turbidités dans la zone côtière de Bretagne Sud (*figure 1*), d'en mémoriser la variabilité spatio-temporelle pour permettre une analyse statistique de ce paramètre, et d'aider à diagnostiquer d'éventuelles dérives à plus ou moins long terme. Une telle démarche nécessite une validation sur le court et le moyen terme qui repose sur une acquisition en continu de données in situ et sur des images satellites "couleur de l'eau". Afin de s'assurer de la faisabilité de la mesure en continu, il est prévu de l'expérimenter en 2007 : c'est l'objet du présent appel d'offres.

La notion de **turbidité de l'eau de mer** n'est pas très bien définie : elle correspond au défaut de transparence de l'eau, induite par la présence de particules en suspension. Dans bien des cas elle se quantifie par la réponse d'un instrument spécifique tel qu'un transmissiomètre optique (qui mesure la fraction d'énergie lumineuse émise parvenant à un récepteur après parcours dans une portion du milieu analysé ("chemin optique") ou un néphélomètre (quantité de lumière rétrodiffusée dans une direction faisant un angle supérieur ou égal à 90° par rapport à celle de l'émission). Ce dernier type de mesure a donné lieu à une unité spécifique, nommée NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Enfin la turbidité d'une eau est fonction de la quantité de matières minérales et organiques en suspension (MES) présentes, et bien souvent est assimilée à cette quantité de MES. C'est cette dernière approche que nous retenons ici, la turbidité étant un raccourci pour signifier la *concentration massique de matières en suspension*. Ainsi définie, la turbidité devient un paramètre pertinent pour quantifier l'intensité des remises en suspensions et les transports sédimentaires en zone côtière. Mais la turbidité reste aussi un paramètre qui influe sur la pénétration de la lumière en profondeur depuis la surface de l'eau, et donc conditionne la production primaire. La connaissance de la variabilité spatiotemporelle de la turbidité et de ses tendances éventuelles est donc l'un des facteurs-clés pour comprendre la structuration de la production primaire en milieu côtier et prédire son évolution. Cette production primaire est aussi bien relative au phytoplancton qu'aux végétaux benthiques (algues et microalgues, phanérogames). La turbidité est donc un paramètre qui mérite d'être suivi, aussi bien pour l'étude de la dynamique des sédiments marins que pour celle de la production biologique (phytoplancton et couverture algale). Elle constitue une variable d'environnement des habitats marins.

La correspondance entre atténuation de la lumière dans l'eau et concentration en MES n'est pas univoque, et varie en particulier en fonction du type de matières en suspension (densité, géométrie, nature organique ou minérale...). Il faut donc

admettre que la concentration en MES ne constitue qu'un "proxy" commode pour représenter la turbidité dans tous ses aspects.

Les concentrations massiques de plusieurs classes de MES ont été choisies comme variables d'état du modèle hydrosédimentaire de Bretagne Sud qui doit être utilisé pour le démonstrateur PREVIMER/turbidité.

De nombreuses stratégies de validation sont envisageables, se déclinant en un nombre plus ou moins important de points de mesures, des investigations plus ou moins continues sur la colonne d'eau, des durées de mesures plus ou moins longues, une capacité à réaliser des observations dans des conditions (météo-océaniques) plus ou moins difficiles. Dans la suite nous avons sélectionné une stratégie de mesure bien précise, basée sur l'acquisition en continu au point fixe de données relatives aux vagues, aux courants et aux turbidités sur toute la colonne d'eau. Le candidat est invité à proposer, s'il le souhaite, une stratégie différente, qui pourra aussi faire l'objet d'une alternative complémentaire.

La validation portera principalement sur la mesure du profil de courant et de turbidité (méthode acoustique) en un point, la turbidité étant elle-même validée par des mesures de turbidité optique et des pesées de MES. Pour conforter l'interprétation des données et la comparaison ultérieure avec le modèle, en particulier pour faire la part entre contribution des remises en suspension locales et rôle de l'advection, il est prévu de mesurer directement des érosions/dépôts locaux, par altimétrie fine.

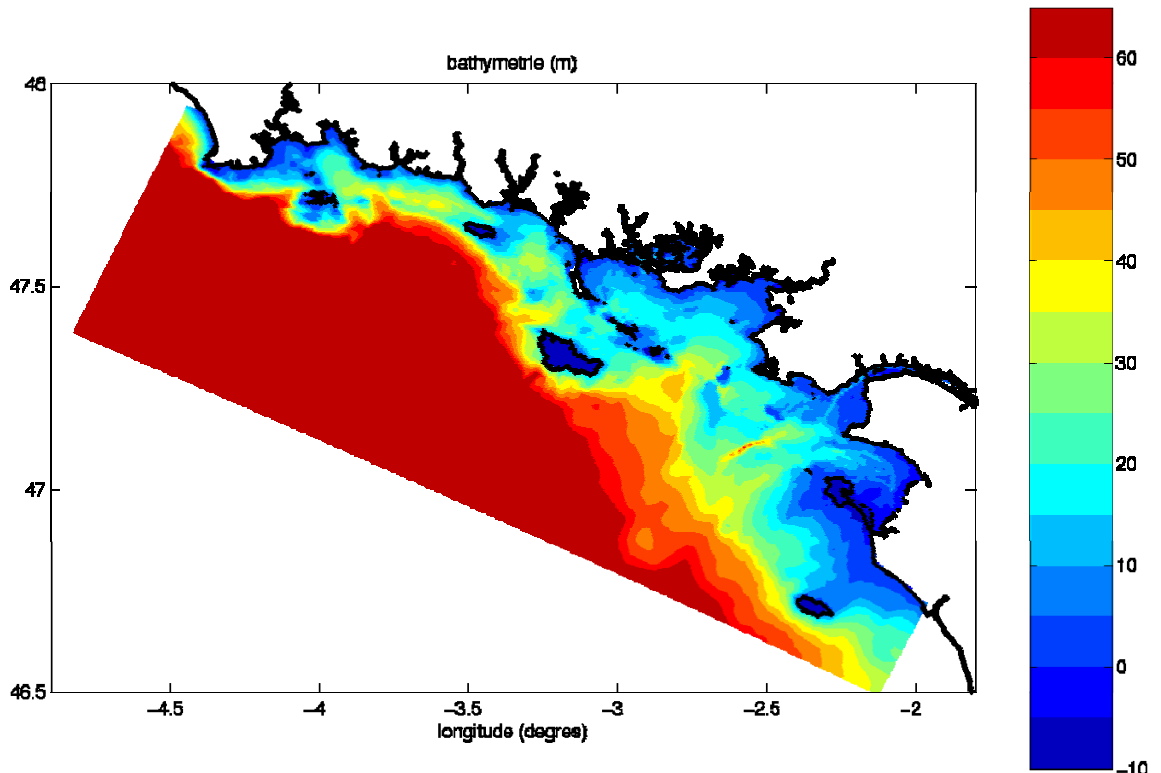


Figure 1 : Emprise de la zone "Bretagne-Sud"



5.2. Objectif des travaux demandés

L'objectif est de concevoir une méthodologie de mesure en continu in situ de la turbidité en un point, qui puisse apporter une information pertinente sur la variabilité spatio-temporelle de ce paramètre. L'espace est alors "réduit" à la dimension verticale, avec l'idée qu'en phase ultérieure, l'Ifremer pourra mettre en œuvre une modélisation opérationnelle 3D du secteur côtier qui permettra, après validation par cette donnée, de décrire une variabilité spatiale complète et réaliste de la turbidité, et d'en faire la prévision.

Le marché prévoit la démonstration du concept de mesure par une mise en œuvre complète du dispositif sur une période de 2 mois à l'automne 2007, et une restitution des données acquises.

5.3. Spécifications

Le dispositif de mesure envisagé est composé d'appareils autonomes et comprend un profileur acoustique Doppler haute fréquence (minimum 600 kHz) mesurant le profil de courant et l'intensité rétrodiffusée sur toute la colonne d'eau ainsi qu'un spectre directionnel de vagues, un turbidimètre ponctuel destiné à calibrer en turbidité le profileur acoustique et un altimètre de précision fournissant les variations locales du niveau de sédiment (érosion/dépôt).

Spécifications générales relatives à l'ensemble du dispositif de mesure

Le dispositif comprend une station de fond comportant le profileur acoustique Doppler et l'altimètre, un turbidimètre avec son support pouvant être positionné à une distance fixe du fond, ou de la surface, au choix de l'Ifremer, et une ligne de mouillage d'ensemble.

La station de fond sera balisée par un mouillage comportant en surface une bouée respectant les normes de sécurité en vigueur, que le candidat se chargera d'obtenir (feux, couleur, voyant, réflecteur radar ...), une ligne de mouillage dimensionnée pour une utilisation continue d'un an dans l'environnement météo-océanique de Bretagne sud (voir profondeur plus loin), et un corps-mort ad hoc. Le candidat décrira la stratégie de mise en place de la station de fond afin de réduire les risques de chalutage ou autre dégradation par les usagers du domaine marin : il précisera en particulier si une liaison fixe est prévue entre la station de fond et la ligne de mouillage dédiée au balisage.

Le dispositif doit pouvoir être mis en œuvre par des fonds compris entre 5 m et 20 m sous le zéro des cartes marines, pour toutes opérations (mouillage/relevage, acquisition des données, nettoyage des capteurs par plongeurs).



La récupération des données doit pouvoir être faite sans relevage complet de la station de fond et de la ligne de mouillage. Des interventions par plongeurs sont envisageables à cette fin. Cependant le dispositif doit avoir une autonomie de 2 mois minimum en nombre de mesures, avant récupération des données.

Il est demandé aux proposant de chiffrer (voir option 2) le transfert des données depuis les instruments vers le Centre Ifremer de Brest. Les solutions envisageables sont variées, mais devront être compatibles avec un positionnement du point de mesure en mer jusqu'à une distance de l'ordre de 10 milles nautiques des côtes : le proposant est invité à présenter une carte des zones de mesure envisageables sur le secteur de Bretagne sud tel que limité sur la figure 1.

Spécifications relatives au profileur acoustique Doppler

La portée du profileur doit être de 15m minimum, pour une résolution verticale de l'ordre de 50cm. Le candidat devra préciser cette résolution et l'erreur de mesure attendue, ainsi que les zones non accessibles à la mesure près du fond et près de la surface, qui devront être les plus réduites possibles.

L'échantillonnage temporel de la mesure du profil de courant et d'intensité rétrodiffusée sera régulier et le plus fréquent possible, l'intervalle entre 2 mesures successives ne devant pas dépasser une demi-heure. Les signaux de rétrodiffusion seront enregistrés pour chaque émetteur/récepteur, apportant ainsi une validation partielle de la mesure. La hauteur d'eau devra également être mesurée, à une fréquence au moins aussi élevée que le courant.

L'instrument pourra mesurer un spectre directionnel de vagues (basé sur une acquisition de 18 minutes à 2 Hz), le plus fréquemment possible, l'intervalle entre 2 mesures successives ne devant pas dépasser trois heures. Si la profondeur d'eau dépasse la portée de l'appareil, la mesure de vagues peut être réalisée à partir des vitesses orbitales dans les tranches d'eau intermédiaires.

Afin de rendre possible la calibration de l'instrument en turbidité, l'intensité acoustique émise doit être fournie par le candidat, et doit pouvoir être suivie au cours de la mesure, par exemple par l'intermédiaire du suivi de la puissance électrique fournie aux transducteurs.

Le mouillage du profileur acoustique Doppler doit être stable et sécurisé par un système anti-chalutage. Le candidat doit préciser le dispositif envisagé à cette fin, ainsi que la méthode de mise en œuvre.

Spécifications relatives au turbidimètre autonome

Le turbidimètre autonome doit pouvoir être mouillé à une altitude donnée à partir du fond ou à une immersion donnée à partir de la surface. Dans chacun des cas l'utilisateur choisirait la position sur la verticale qui devra correspondre à une cote où le profileur fournit une donnée de rétrodiffusion acoustique.

L'échantillonnage temporel de la mesure de turbidité sera régulier et le plus fréquent possible, l'intervalle entre 2 mesures successives ne devant pas dépasser une demi-heure. Si cet intervalle dépasse dix minutes, une synchronisation avec l'acquisition des profils de rétrodiffusion est demandée, à la minute près. La possibilité d'enregistrer une valeur moyenne pour une salve de mesures serait appréciée. La gamme de turbidité attendue est 0-100 NTU, mais le candidat est invité à suggérer des variantes, par exemple un capteur à gamme ajustable. La résolution de la mesure doit être inférieure à 0.1 NTU.

Le turbidimètre doit pouvoir fonctionner dans un milieu soumis à des salissures d'origine biologique (fouling), et doit donc comporter un système de protection antifouling actif. Dans sa réponse, le candidat doit en justifier l'efficacité par des exemples.

Le candidat doit préciser la méthode de mouillage du turbidimètre.

Spécifications relatives à l'altimètre de fond

L'interprétation de mesures au point fixe est souvent compliquée par l'ambiguïté entre processus locaux et processus liés à l'advection : ainsi une augmentation de concentration dans la colonne d'eau peut provenir d'une remise en suspension locale ou de l'advection de MES depuis une zone plus chargée. L'ambiguïté est difficile à lever même si la mesure d'un profil donne accès aux gradients près du fond, compte tenu du phénomène additionnel de sédimentation. C'est pour lever ces ambiguïtés que le candidat devra mettre en place un altimètre, mesurant les érosions/dépôts à proximité du profileur acoustique Doppler.

L'altimètre de fond doit fournir les variations de la cote du fond en un point voisin du profileur acoustique (moins de 10m), par rapport à un niveau de référence qui doit être stable sur une période d'un an, quels que soient les forçages météo-océaniques. La précision verticale attendue est le mm.

L'échantillonnage temporel de la mesure de cote relative du fond sera régulier et le plus fréquent possible, l'intervalle entre 2 mesures successives ne devant pas dépasser une demi-heure. Si cet intervalle dépasse dix minutes, une synchronisation avec l'acquisition de la turbidité et des profils de rétrodiffusion est demandée, à la minute près.

L'instrument ne doit pas être sensible au biofouling sur une période de 2 mois, quelle que soit la saison.

Le candidat devra préciser le matériel choisi et les conditions de mise en œuvre (type de support, garantie de stabilité du support, nécessité éventuelle de mise en place par plongeur...).

Option 1 – mesures en continu de paramètres complémentaires :

le candidat proposera des mesures en continu de paramètres complémentaires tels que la température et la salinité, en surface et/ou au fond, qui sont utiles autant pour une connaissance générale de l'hydrologie du milieu que pour la calibration des instruments acoustiques relativement à la célérité du son.

Le candidat pourra également proposer en alternative une stratégie différente qu'il détaillera, comme évoqué en paragraphe 5.1.

Option 2 - transmission des données des instruments de mesure

Cette option doit permettre la transmission vers le centre Ifremer de Brest (ou leur mise à disposition sur un site ftp) des données acquises par le profileur acoustique, et en sous-option les données acquises par les autres instruments (turbidimètre, altimètre, thermo-salinomètre de surface), au cours des mesures.

La transmission des données peut ne pas concerner la totalité des données brutes, mais doit au minimum comprendre : les profils de courants horizontaux, les profils de rétrodiffusion, les spectres directionnels d'énergie de vagues et la hauteur d'eau à la cadence d'échantillonnage spécifiée ci-dessus (3 heures pour le spectre de vagues, une demi-heure pour l'ensemble des autres données). La transmission des données peut être en temps réel ou en temps peu différé, avec un délai ne devant pas dépasser 1 jour. Deux étapes sont à distinguer dans la transmission :

- la transmission dans l'eau, depuis le fond jusqu'en surface, sera soit acoustique, soit inductive via la ligne de mouillage de la bouée de surface.

- la transmission depuis la bouée de surface vers la terre sera hertzienne, soit par liaison UHF dédiée, soit par réseau GSM; dans le premier cas une station de réception devra être installée à terre et reliée au centre Ifremer de Brest par réseau informatique ou GSM; dans le second cas la liaison se fera directement jusqu'au centre Ifremer de Brest. D'autres solutions de technologies de transmission peuvent être proposées, on évitera cependant les liaisons satellites trop coûteuses pour le volume de données à transmettre.

Le candidat peut proposer l'une et/ou l'autre des solutions dans chacune des étapes. Dans tous les cas de figure, il doit préciser sur une carte de la zone (fig.1) les secteurs qui peuvent être "couverts" par le type de transmission proposé, et son offre doit comprendre l'ensemble des éléments nécessaires à une liaison opérationnelle (par exemple : coût d'installation et abri éventuel pour une station à terre, le cas échéant).

Les solutions envisageables sont variées, mais devront être compatibles avec un positionnement du point de mesure en mer jusqu'à une distance de l'ordre de 10 milles nautiques des côtes : en fonction de la solution technique proposée, le candidat est invité à présenter une carte des zones de mesure envisageables sur le secteur de Bretagne sud tel que limité sur la figure 1.

Mise en œuvre expérimentale

Un test "en conditions opérationnelles" du dispositif de mesure complet est prévu dans le cadre de la présente prestation. Il s'agit de réaliser entièrement une campagne de mesure de 2 mois, avec récupération intermédiaire des données. Cette action comprend la préparation du matériel, la recherche et la fourniture des moyens nautiques requis, la réalisation des mouillages sous la responsabilité du candidat, une ou plusieurs relèves intermédiaires, le relevage définitif de l'ensemble, la réalisation des mesures de calibration et la fourniture des données brutes accompagnées d'une analyse des résultats.

En particulier, le candidat devra préparer un dossier de demande d'autorisation du mouillage, soumis aux autorités compétentes (Préfecture Maritime et Affaires Maritimes) après approbation par l'Ifremer, rédiger les propositions d'AVURNAV, et prendre en charge l'avertissement sur la campagne de mesure prévue auprès des Comités Locaux des Pêches concernés.

Le point de mesure sera sélectionné en accord avec l'Ifremer. Il sera situé à une profondeur comprise entre 10 et 15 m (référence zéro des cartes marines), sur des fonds vaseux ou sablo-vaseux dans le secteur côtier de Bretagne sud (emprise de la figure 1).

Le candidat prévoira au minimum une intervention plongée (respect des règles de sécurité, sous la responsabilité du candidat) pour nettoyer les capteurs et, selon l'option choisie (i.e. avec ou sans transmission automatisée des données), récupérer les données à mi-parcours de la mesure. En outre, le candidat réalisera des mesures de concentrations en suspension (MES) par prélèvements bouteille (3 niveaux sur la verticale, déterminés avec précision et sans ambiguïté, dont un niveau à la cote d'immersion du turbidimètre) puis pesées des MES. Un minimum de 10 échantillons couvrant une gamme de concentration en MES aussi large que possible est demandé, pour permettre une calibration des mesures de turbidité. Des profils de turbidité/salinité/température seront réalisés à l'aide d'une bathysonde munie de capteurs calibrés. La calibration en MES du turbidimètre de cette sonde reposera aussi sur les prélèvements mentionnés ci-avant. Ces profils bathysonde et prélèvement seront réalisés au moins 4 fois, juste après mise en place du dispositif de mesure, juste avant et juste après nettoyage des capteurs au cours de l'opération intermédiaire, et juste avant relevage définitif du dispositif de mesure.

Les opérations en mer (mouillage, relève(s) intermédiaire(s) et relevage définitif de l'ensemble) seront intégralement réalisés par le candidat et/ou son sous-traitant éventuel; un représentant de l'Ifremer sera invité à bord du navire lors de chacune de ces opérations. L'Ifremer envisage de mesurer in situ le profil de granulométrie des MES à l'occasion des prélèvements et profils bathysonde effectués à des fins de calibration : le navire sélectionné par le candidat pour les opérations devra permettre la mise en œuvre d'un microgranulomètre in situ. La

période de mesure devra commencer en septembre 2007 de façon à acquérir des données automnales analysables avant la fin du contrat.

Les cadences d'échantillonnage, les paramètres de configuration des instruments et la stratégie d'échantillonnage des prélèvements (à une immersion connue) seront précisés par le candidat et soumis pour approbation à l'Ifremer, et devront respecter les spécifications générales mentionnées plus haut. Le candidat doit préciser dans son offre la stratégie adoptée pour concilier les nettoyages et récupérations de données intermédiaires, l'autonomie des instruments, et les opérations en mer.

Le candidat devra assurer le matériel de mesure pendant toute la durée du mouillage, et ainsi le remplacer ou le remettre en état en cas de dégradation des instruments (chalutage, abordage, dragage, déradage...).

Le candidat s'engage à fournir des données de qualité pendant une période minimale de 70% du temps d'expérimentation, soit 42 jours. En cas de manquement à cette obligation, les mesures seront poursuivies pendant une période complémentaire de un mois pour atteindre cet objectif minimal nécessaire à l'Ifremer pour valider cette expérimentation. Dans ce cas, le prestataire conservera à sa charge les frais générés par ce délai supplémentaire. Si le prestataire n'est pas en mesure de poursuivre l'exécution de l'expérimentation, l'Ifremer appliquera une pénalité de 10% calculée sur le montant total de la prestation défini au contrat.

Le candidat fournira les résultats bruts sous forme de fichiers constructeurs accompagnés du logiciel d'acquisition de données susceptible de les lire, et de fichiers ASCII. Les courbes de calibration et les résultats calibrés seront remis sous forme de fichiers ASCII et sous forme graphique (tracés des turbidités optiques et niveaux sédimentaires en fonction du temps, diagrammes (z,t) des vitesses et de l'indice de rétrodiffusion acoustique, après correction géométrique et prise en compte de l'absorption, selon un protocole fourni par l'Ifremer, tracé de la puissance électrique fournie aux transducteurs...), accompagnés d'une note d'analyse des mesures effectuées. Les données brutes seront fournies à l'Ifremer au plus tard 2 semaines après chaque relève (intermédiaire ou définitive).

A l'issue de cette expérimentation, le candidat doit remettre l'ensemble des instruments de mesure et appareils de mouillage à l'Ifremer, en état de bon fonctionnement.

5.4. Décomposition en phase de la prestation

Ainsi la prestation demandée se décompose en 4 phases :

- Phase n°1 : étude sur la solution technique adoptée.
- Phase n°2 : fourniture de l'ensemble du dispositif de mesure : instruments, mouillage et systèmes d'acquisitions, logiciels.



- Phase n°3 : réalisation des mesures pendant 2 mois (détailler la préparation, les opérations en mer, les interventions par plongeurs, les tâches de collecte de données et la restitution des instruments en bon état et des appareils de mouillage en fin de campagne).
- Phase n°4 : fourniture des résultats bruts et d'un rapport d'analyse.

5.5. Exigences Ifremer

5.5.1. Propriété du travail réalisé

L'Ifremer sera le propriétaire exclusif des travaux réalisés et du matériel fourni au titre du contrat et doit pouvoir diffuser librement les produits obtenus.

5.5.2. Exigences relatives aux données et aux outils

Le candidat fournira les résultats bruts sous forme de fichiers constructeurs accompagnés du logiciel d'acquisition de données susceptible de les lire, et de fichiers ASCII.

Pour l'option 2, les données seront transmises à l'Ifremer par voie électronique ou mises à disposition de l'Ifremer sur un site ftp sécurisé par mot de passe.

5.6. Eléments fournis par l'Ifremer

Dans le cadre des travaux, l'Ifremer fournira les éléments suivants :

- les algorithmes de traitement des données de rétrodiffusion du profileur acoustique,
- document de référence sur la turbidité dans le secteur côtier Bretagne Sud : thèse de Caroline Tessier.

5.7. Eléments fournis par le candidat

- Phase n°1 : fourniture du rapport étude sur la solution technique adoptée incluant la carte des zones d'implantations possibles pour l'option 2.
- Phase n°2 : fourniture de l'ensemble du dispositif de mesure : instruments, mouillage et systèmes d'acquisitions, logiciels et de leur documentation.
- Phase n°3 : fourniture des mesures pendant 2 mois ; fourniture du document détaillant la préparation, les opérations en mer, les interventions par plongeurs, les tâches de collecte de données et la restitution des instruments en bon état et des appareils de mouillage en fin de campagne.
- Phase n°4 : fourniture des données brutes et résultats ; fourniture d'un rapport d'analyse ; fourniture du rapport final.

L'ensemble des fournitures sera livré sous forme électronique. Les rapports seront au format Microsoft Word.

5.8. Réunions d'avancement

Le projet sera jalonné de plusieurs types de réunions :

- une réunion de lancement de projet, qui aura pour objectif la présentation du projet, du planning, les intervenants, l'identification des livrables,...
- une réunion après la phase de définition de la solution adoptée (instruments retenus, stratégie de mise en œuvre, type de mouillage...), sur le site d'Ifremer-Brest
- une réunion en fin de premier semestre 2007 sur la définition de la mesure expérimentale d'automne, sur le site d'Ifremer Brest,
- une réunion après récupération intermédiaire des mesures réalisées sur site, par visioconférence ou sur le site d'Ifremer Brest.
- une réunion de fin de projet avec présentation des résultats obtenus, sur le site d'Ifremer Brest.

Chacune de ces réunions donnera lieu à la rédaction d'un compte rendu soumis pour approbation à Ifremer. Il sera diffusé sur support informatique (Microsoft Word) et transmis à l'Ifremer.

Ifremer disposera de deux semaines pour fournir ses remarques sur les comptes rendus.

5.9. Protocole de recette

A la livraison de chacun des livrables identifiés au chapitre 5.7, l'Ifremer disposera de 2 semaines pour apporter ses commentaires ou questionner le candidat.

Le candidat procédera alors à la correction des documents pendant les quinze jours qui suivront, sur la base des remarques fournies par l'Ifremer.