



ifremer

IRD  
Centre de Nouméa

IFREMER  
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

Patrick Marchesiello, Pascal Douillet, Fabrice Lecornu

Janvier 2007 – DOP/CB/DYNECO/PHYSED/2006-64 version 1.1

---

## PREVIMER

Démonstrateur d'un système opérationnel de surveillance et de prévision océanique et lagonaire de la ZEE de Nouvelle-Calédonie

Institut de recherche  
pour le développement

Demande de devis

## Historique du document

<i>Version</i>	<i>Date</i>	<i>Auteurs</i>	<i>Commentaires</i>
0.1	10/10/2006	P. Marchesiello, P. Douillet	Création du document provisoire
0.2 – 0.4	06/11/2006	P. Marchesiello, P. Douillet, F. Lecornu	Correction du document
1.0	22/01/2007	F. Lecornu	Révision des interfaces pour le site WEB Previmer
1.1	25/01/2007	F. Lecornu	Ajout de la livraison MARS dans la fourniture Ifremer

<i>Auteurs</i> P. Marchesiello, P. Douillet, F. Lecornu	<i>Date</i> : 25/01/2007	<i>Visa</i> :
<i>Vérifié par</i> : Franck Dumas Claude Roy (IRD)	<i>Date</i> : 25/01/2007	<i>Visa</i> :
<i>Approuvé par</i> : J. Legrand (Ifremer)	<i>Date</i> : 25/01/2007	<i>Visa</i> :

© Ifremer-IRD

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 et l'IRD se réservent le droit à réparation de tout préjudice subi.

© Ifremer-IRD

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

<b>1.</b>	<b>DEFINITION DE L'INVITATION A REMETTRE UNE OFFRE</b>	<b>4</b>
1.1.	GENERALITES	4
1.2.	DOCUMENTS DE REFERENCES	5
1.3.	ALLOTISSEMENT	5
1.4.	MODALITES DE L'OFFRE	5
<b>2.</b>	<b>OBJECTIFS DES TRAVAUX DEMANDES</b>	<b>6</b>
2.1.	CONTEXTE OCEANOGRAPHIQUE	6
2.2.	OBJECTIF GENERAL	6
2.3.	ETAT DES LIEUX	7
2.4.	SPECIFICATIONS	10
2.4.1.	Prévisions océaniques	10
2.4.2.	Prévisions lagonaire et couplage avec l'océan	13
2.4.3.	Surveillance	14
<b>3.</b>	<b>EXIGENCES IFREMER ET IRD</b>	<b>15</b>
3.1.	PROPRIETE DU TRAVAIL REALISE	15
3.2.	EXIGENCES RELATIVES AUX DONNEES ET AUX OUTILS	15
<b>4.</b>	<b>ELEMENTS FOURNIS PAR L'IFREMER ET L'IRD</b>	<b>15</b>
<b>5.</b>	<b>TACHES A REALISER ET ELEMENTS FOURNIS PAR LE CONTRACTANT</b>	<b>16</b>
<b>6.</b>	<b>AUTRES POINTS</b>	<b>18</b>
6.1.	PLANNING ET REPARTITION DES TACHES	18
6.2.	REUNIONS D'AVANCEMENT	18
6.3.	PROTOCOLE DE RECETTE	18
<b>7.</b>	<b>ELEMENTS ATTENDUS DANS L'OFFRE</b>	<b>19</b>
7.1.	CONTENU DE L'OFFRE	19
7.2.	ELEMENTS ATTENDUS	19

# 1. Définition de l'invitation à remettre une offre

## 1.1. Généralités

Dans le cadre du projet PREVIMER identifié au sein du Contrat de Plan Etat Région Bretagne [R0], l'IRD avec l'Ifremer souhaitent créer des systèmes opérationnels de surveillance et de prévision océanique qui soient simples et portables pour les pays du Sud. La Nouvelle-Calédonie apparaît comme un terrain de choix de par l'intérêt des collectivités locales, la présence d'équipes océanographiques compétentes, et une activité de modélisation en plein essor.

**L'invitation porte sur la création d'un démonstrateur d'un système de surveillance et prévision océanique et lagonaire pour la ZEE de Nouvelle-Calédonie, à partir du réseau de stations côtières de l'IRD, des modèles hydrodynamiques de l'IRD (ROMS\_AGRIF) et l'Ifremer (MARS) et des données océanographiques et atmosphériques disponibles en temps réel sur le Pacifique sud-ouest.**

Cette démarche s'inscrit dans une perspective d'aide à la gestion des écosystèmes, des pêcheries et des conditions météorologiques qui affectent la société calédonienne telles que potentiel cyclonique et sécheresse. La régionalisation des phénomènes climatiques tropicaux tels qu'ENSO (modulé par les changements globaux) est un point central dans ce projet car il s'agit de signaux majeurs, qui ont un fort impact sur le milieu marin comme sur les conditions météorologiques dans cette région du monde. La demande actuelle des collectivités est donc clairement orientée vers le suivi d'indicateurs des impacts climatiques régionaux.

La définition du besoin est décrite au chapitre 2 « Objectifs des travaux demandés ».

L'offre devra parvenir à l'IRD et l'Ifremer par e-mail :

IRD : à l'attention de Patrick Marchesiello [Patrick.Marchesiello@noumea.ird.nc](mailto:Patrick.Marchesiello@noumea.ird.nc)  
 et  
 Ifremer : à l'attention de Fabrice Lecornu [Fabrice.Lecornu@ifremer.fr](mailto:Fabrice.Lecornu@ifremer.fr)

Les questions éventuelles relatives aux spécifications définies au chapitre 2 pourront être posées à l'IRD aux personnes mentionnées ci-dessous, de préférence par e-mail :

Patrick Marchesiello ([Patrick.Marchesiello@noumea.ird.nc](mailto:Patrick.Marchesiello@noumea.ird.nc))

Pascal Douillet ([Pascal.Douillet@noumea.ird.nc](mailto:Pascal.Douillet@noumea.ird.nc))

Une copie des mails sera systématiquement envoyée à :  
[Fabrice.Lecornu@ifremer.fr](mailto:Fabrice.Lecornu@ifremer.fr)

## 1.2. Documents de références

- [R0] « Projet Océanographie Côtière Opérationnelle – CPER Bretagne 2000-2006, volet III – Programme 12 – Conformer les pôles bretons de recherche et d'innovation ». Novembre 2004.

## 1.3. Allotissement

On entend par la Fourniture l'unique lot suivant :

- **Lot 1** : développement d'un démonstrateur de système de surveillance et prévision océanique et lagonaire pour la ZEE de Nouvelle-Calédonie.
- **Option 1** : développement du démonstrateur de prévision océanique.
- **Option 2** : développement du démonstrateur lagonaire et couplage avec l'océan.

## 1.4. Modalités de l'offre

- Le candidat devra faire une offre hors taxes en euros pour la totalité des travaux décrits au chapitre 2 et en conformité avec les termes et les conditions du présent dossier de consultation. Il devra clairement faire apparaître la durée de validité de l'offre.
- Tous les points du chapitre 2 non traités dans la réponse devront être précisés et dûment justifiés dans l'offre.
- Le candidat devra fournir une proposition détaillée pour chaque élément de la Fourniture.
- Le candidat s'engage à ne pas utiliser les informations fournies par l'Ifremer et l'IRD pour un tout autre usage que la réponse à cette invitation à remettre une offre.
- En dehors du cas visé ci-dessus, le candidat s'engage à ne pas divulguer à des tiers les informations et les documents transmis par l'Ifremer et l'IRD sans l'accord préalable et écrit de l'Ifremer et de l'IRD.
- Le candidat devra préciser dans son offre où seront exécutés les travaux. Si pour des raisons techniques, les travaux doivent être réalisés dans les locaux de l'Ifremer ou de l'IRD, le candidat devra en faire la demande et restera responsable juridique des personnes présentes dans ces locaux.

## 2. Objectifs des travaux demandés

### 2.1. Contexte océanographique

Des études récentes dans le Pacifique sud-ouest ont montré que la présence de vastes archipels et d'îles de grande taille module la circulation océanique et atmosphérique de grande échelle, résultant en un système dynamique régional complexe. Celle-ci est associée à une redistribution des caractéristiques de masses d'eau tropicales et subtropicales autour de la Nouvelle-Calédonie. La redistribution est structurée par des phénomènes à moyenne et petite échelle : jets, fronts thermiques, méandres et tourbillons et phénomènes de résurgence d'eau profonde (upwelling côtier). La combinaison de ces structures détermine les zones influencées par les eaux tropicales chaudes et peu salées associées à des signaux climatiques forts (ENSO), et celles qui sont d'avantage influencées par les eaux subtropicales en provenance de la mer de Tasman. La régionalisation concerne également le lagon qui communique avec l'océan par les passes et par l'intermédiaire de la houle au-dessus du récif barrière. La dynamique océanique régionale peut également affecter, par son interaction avec l'atmosphère, le potentiel cyclonique et les épisodes de sécheresse (pendant El Nino) qui ont un impact majeur sur l'activité calédonienne, sans oublier le risque sanitaire lié aux maladies à vecteur (dengue), sensible aux précipitations. L'upwelling côtier étant un signal fort des conditions océaniques dans la ZEE, une partie des efforts de mesure de l'IRD y est consacrée. Dans une zone oligotrophe comme la ZEE calédonienne, les événements d'upwelling, mais aussi les structures frontales et les tourbillons de moyenne échelle, peuvent enrichir les eaux en éléments nutritifs et influencer ainsi tout l'écosystème jusqu'aux gros prédateurs. Le renouvellement des eaux du lagon par les eaux du large présente une forte hétérogénéité spatiale. Il est très rapide dans les zones lagunaires d'arrière récif, les phénomènes océaniques sont alors ressentis par l'écosystème lagunaire. Dans les baies et près de la côte, les temps de résidences sont beaucoup plus longs. Dans ces zones les apports terrigènes influencent plus fortement l'écosystème lagunaire. Le fonctionnement du lagon est donc la résultante de l'influence océanique et des apports côtiers.

### 2.2. Objectif général

PREVIMER est un projet partenarial d'Océanographie Côtière Opérationnelle qui a pour objectif de construire et mettre en ligne sur le site [www.previmer.org](http://www.previmer.org) un système d'information et de prévision multi échelles sur les façades métropolitaines, mais aussi en conformité avec les missions de l'IRD sur d'autres zones côtières intéressants les pays du Sud. Le projet vise également au développement d'outils de mise en œuvre des modèles ou de leurs résultats. Ces outils sont destinés au plus grand nombre : chercheurs, communautés scientifiques et bureaux d'études. Finalement une part du projet est dédiée à l'évaluation de la prévision océanique côtière.

**L'objectif des travaux demandés est de créer un démonstrateur pour un système de surveillance et prévision océanique et lagonaire de la ZEE de Nouvelle-Calédonie**, à partir du réseau de stations côtières de l'IRD, des modèles hydrodynamiques de l'IRD (ROMS\_AGRIF) et l'Ifremer (MARS3D mis en œuvre et développé par l'IRD en Nouvelle-Calédonie) et des données océanographiques et atmosphériques disponibles en temps réel sur le Pacifique sud-ouest. Cette opération s'inscrit dans une perspective d'aide à la gestion des écosystèmes, des pêcheries et des conditions météorologiques qui affectent la société calédonienne telles que potentiel cyclonique et sécheresse. Dans ce sens, il est crucial de considérer la régionalisation des phénomènes climatiques tropicaux tels qu'ENSO car ces signaux, majeurs dans la région, ont un fort impact sur le milieu marin comme sur les conditions météorologiques.

### 2.3. Etat des lieux

Sur proposition des UR 65 et 103, le centre de Nouméa, avec le soutien de sa Direction des Systèmes Informatiques (DSI), l'IRD s'est doté d'une architecture de calcul scientifique dédiée aux modèles de circulation ROMS (*Regional Ocean Modeling System* ; [http://www.brest.ird.fr/Roms\\_tools/](http://www.brest.ird.fr/Roms_tools/)), MARS et WRF (*Weather Research and Forecast* ; [www.wrf-model.org](http://www.wrf-model.org)).

**ROMS** est un modèle de circulation des océans conçu pour s'appliquer préférentiellement à une échelle régionale. Le module AGRIF (Adaptive Grid Refinement In Fortran) permet la gestion de domaines à haute résolution spatiale emboîtés dans des domaines à plus basse résolution et rend possible l'application de ce modèle à des problématiques côtières comme l'étude des processus d'upwelling et l'interaction des grands courants avec les îles qui génère jets, tourbillons, méandres et fronts thermiques. Le système de prévision développé au centre de Nouméa repose sur le modèle régional ROMS, tandis que les solutions globales proviennent du projet U.S. **ECCO** ([www.ecco-group.org](http://www.ecco-group.org)). Le projet Français **Mercator** ([www.mercator-ocean.fr](http://www.mercator-ocean.fr)) et le projet Australien **Bluelink** ([www.cmar.csiro.au/bluelink](http://www.cmar.csiro.au/bluelink)) sont à plus haute résolution mais n'atteignent pas encore le même niveau de disponibilité et de maturité. Ces systèmes de prévision globale intègrent les données d'observation en temps réel, in-situ et satellites. La stratégie repose sur l'emploi du modèle régional ROMS contraint aux limites de la grille par les prévisions globales. Ainsi, le modèle régional bénéficie de cette assimilation des données et opère un transfert des informations des grandes échelles vers l'échelle de la ZEE (downscaling). Le forçage en surface utilise les données globales de prévisions atmosphériques **GFS** à haute résolution (0.5°) fournies par le centre de prévision U.S. NCEP/NOAA (<http://nomad5.ncep.noaa.gov>). Un premier prototype de notre système de prévision régional est en place sur le site : <http://www.ird.nc/UR65/Marchesiello/>.

Une composante majeure de la génération de nos prévisions est le package **ROMS\_Forecast** (issue des Roms\_tools, Penven 2003). Celui-ci inclue un outil générique de prétraitement capable de télécharger sous OpenDAP une extraction des données de forçage (latérale et en surface) et de les interpoler sur la grille de ROMS. Un script Shell gère l'ensemble du processus : du prétraitement aux simulations et à la génération des cartes et animations. Ce package reste à consolider, notamment en ce qui concerne les problèmes de téléchargement et de disponibilité des données de prévisions, qui contient une part aléatoire. Un certain nombre de « garde-fous » sont à mettre en place pour éviter les « pannes ».

Dans le milieu peu profond et très particulier que constituent les **lagons tropicaux**, l'IRD développe également avec le modèle **MARS-3D** un outil adapté à des applications opérationnelles. Ce modèle permet l'étude de la circulation lagonaire et du fonctionnement biogéochimique à partir des différents forçages agissant sur le lagon, qu'ils soient locales (vent, rivières) ou régionales (marée, circulation régionale, température). Comme pour le modèle ROMS le module AGRIF de MARS-3D permet la gestion de domaines à haute résolution spatiale emboîtés dans des domaines à plus basse résolution. Le couplage des deux modèles (régional et lagonaire) devra permettre d'introduire une large gamme d'échelle dans le lagon calédonien, qui par sa taille et sa richesse est d'un intérêt considérable pour les populations locales comme pour le patrimoine mondiale (le lagon de la Nouvelle-Calédonie fait actuellement l'objet d'une étude pour son classement au patrimoine mondial par l'Unesco).

**WRF** est l'équivalent de ROMS en modélisation régionale atmosphérique. Il est doté d'outils de pré-processing qui permettent son utilisation simple en mode de prévision. Cela nous a permis de mettre en place un système de prévision expérimental à Nouméa ([www.ird.nc/UR65/Marchesiello](http://www.ird.nc/UR65/Marchesiello)), qui permet actuellement une résolution de 6 Km, c'est-à-dire bien supérieure à tout ce qui est disponible sur le territoire. Nous envisageons d'utiliser ces données pour forcer le modèle océanique, avec le résultat attendu d'améliorer les solutions sur le lagon.

**La station d'acquisition d'images satellitaires** à « large champ » du type NOAA ou SeaWiFS installée à l'IRD de Nouvelle-Calédonie fait partie d'un réseau de 5 stations situées en Guyane française, aux Canaries, à la Réunion, en Nouvelle-Calédonie et enfin à Tahiti. Une station d'acquisition couvre une zone d'environ 30° de latitude sur 30° de longitude. Ainsi la « ceinture » de stations du réseau SEAS (Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite) couvre 75 % de la zone intertropicale. En Nouvelle-Calédonie, la chaîne de traitement des images mise en place autorise l'obtention de synthèse journalière et

hebdomadaire pour la température de surface de la mer (SST) et la Chlorophylle-A. La chaîne de traitement des SST a été élaborée entièrement par l'US ESPACE tandis que le calcul de la concentration chlorophyllienne repose en partie sur l'utilisation du logiciel SeaDAS développé par la NASA. Des images complémentaires seront fournies par l'US025 (Dominique Dagorne) dans le cadre du projet IRD SPIRALES. Ce projet encourage les développements d'outils, en l'occurrence satellitaires, pour la surveillance de l'environnement des régions du Sud. Une compilation de différents produits satellitaires pour la région calédonienne est déjà disponible.

Les océanographes du centre IRD de Nouméa ont mis en place depuis 1969 un **réseau d'observations** hauturières de surface par navires de commerce dans le Pacifique intertropical. Les observations se sont étendues à la subsurface en 1979 lorsque les XBTs (Expendable Bathy-Thermographes) ont été installés sur ces navires. Ces réseaux ont été modernisés en 1990 par l'installation de systèmes de thermosalinographes donnant des mesures automatiques de la température et de la salinité. Ces données sont traitées et distribuées par le centre IRD de Nouméa. Depuis 1958 notre laboratoire a parallèlement développé un **réseau de stations côtières** dans le Pacifique tropical sud-ouest. Une partie de ces stations est gérée dans le cadre du programme ZoNéCo depuis 1992. D'abord basées sur des prélèvements manuels d'eau de mer, toutes ces stations sont maintenant automatisées pour la mesure de la température de surface (entre 0 et 10 m). Les deux stations (Uitoe et Wallis) font également l'acquisition de la salinité de surface. Ces stations sont souvent situées sur la pente extérieure de la barrière récif, ou près des passes, et permettent donc d'accéder à une information sur les conditions hauturières près de la Nouvelle Calédonie. Les mesures ont été utilisées pour la caractérisation saisonnière de l'upwelling calédonien ainsi que pour une validation préliminaire de du modèle régional de la ZEE. Une évaluation plus fine des capacités de prévision du modèle est encore à réaliser. Dans le domaine lagonaire, l'IRD a mis en place depuis 1997 un réseau de mesures comprenant des capteurs de températures, des stations météorologiques et des marégraphes. Parallèlement des campagnes de mesures, mensuelles, à l'aide d'une sonde CTD ont permis la caractérisation saisonnière des eaux lagonaires et la validation du modèle lagonaire.

## 2.4. Spécifications

Le projet proposé repose sur des objectifs principaux qui s'articulent autour de la prévision et de la surveillance par l'installation sur une machine dédiée d'un système opérationnel existant et par le développement d'une interface Web, d'indices d'agrément et d'indicateurs d'impact. L'état des lieux réalisé dans la section précédente doit permettre au contractant d'évaluer le travail car les détails concernant les outils de la surveillance et de la prévision y sont donnés. L'installation et l'utilisation de ces outils devront donc se faire suivant les indications données précédemment et les spécifications données ci-dessous.

### 2.4.1. Prévisions océaniques

#### 1. Installation du système de prévision ROMS\_Forecast sur un serveur dédié et mise en ligne des prévisions

Le contractant devra s'inspirer du site expérimental de prévision déjà mis en place à l'IRD-Nouméa par l'UR65 (LEGOS):  
[www.ird.nc/UR65/Marchesiello/forecast\\_roms\\_nc.html](http://www.ird.nc/UR65/Marchesiello/forecast_roms_nc.html).

Un appel automatique par Crontab aux scripts Matlab permettra de contrôler les différentes parties du processus de manière journalière (J : jour de la prévision) :

- téléchargement des données extraites par OpenDAP
- interpolation des données sur la grille du modèle
- intégration de ROMS pour la prévision,
- production de cartes graphiques.

La simulation débutera à J-1 en utilisant les analyses atmosphériques GDAS (données de surface) et les simulations océaniques ECCO (hypothèse de persistance des derniers champs datant de à J-20). En mode prévision, les données de prévisions GFS de surface seront utilisées et il faudra supposer encore la persistance des champs océaniques ECCO. Le modèle sera intégré jusqu'à J+7. Le démonstrateur devra présenter les résultats de la fenêtre temporelle [J : J+7]. Dans cette fenêtre de prévision, une information représentant les moyennes journalières sera produite. La prévision sera réactualisée chaque jour de manière automatique. La résolution horizontale du modèle sera de 15km avec 30 niveaux verticaux.

Les informations à fournir seront les suivantes :

- les vents utilisés pour le forçage (en nœud),
- les températures de surface océanique (avec vecteur de courant de surface en surimposition),
- la hauteur d'eau (cm),

- la profondeur de la couche de mélange (m),
- les courants intégrés sur [0-500m] (en nœuds).

La dernière étape de la prévision est la présentation des cartes sur le site Web dédié. Ce site pourra être directement copié du site expérimental actuel dans un premier temps, puis évoluer pour rassembler les autres aspects opérationnels du projet.

Parallèlement à la prévision océanique, la prévision météo du centre IRD de Nouméa sera transférer sur le même serveur opérationnel. Il s'agira d'installer d'abord les logiciels de préparation WRFSI et le modèle WRF (installation des données statiques telles que topographie, substrat, ... et compilation du code). Il faudra ensuite mettre en place la procédure d'appel automatique (Crontab) du script Shell qui contrôle le téléchargement des données GFS (sur toute la colonne d'air cette fois), la procédure de préparation WRFSI réalisant l'interpolation des données sur la grille régionale, la simulation WRF et le lancement de la routine graphique Matlab. Les cartes seront intégrées au site Web existant (site expérimental [www.ird.nc/UR65/Marchesiello/forecast\\_wrf\\_nc.html](http://www.ird.nc/UR65/Marchesiello/forecast_wrf_nc.html)) qui sera lui-même centralisé sur le serveur opérationnel. Les prévisions seront faites sur la fenêtre temporelle [J-1 : J+3] et présentés sur [J : J+3]. A l'intérieur de cette fenêtre, le démonstrateur fournira une information toutes les 3 heures. La prévision sera journalière et déclenchée par un appel automatique (Crontab).

Le modèle WRF sera utilisé sur une configuration de 2 grilles emboîtées à la résolution horizontale de 20 km et 6 km respectivement. Les informations à donner sont :

- les vents à 10m,
- la température atmosphérique à 2m,
- l'humidité relative à 2m,
- la couverture nuageuse,
- les précipitations.

## 2. Générer des cartes à l'aide du logiciel graphique GeoDataProcessor développé pour le site de PREVIMER, et les transférer vers PREVIMER : [www.previmer.org](http://www.previmer.org)

L'Ifremer mettra à disposition du prestataire l'outil GeoDataProcessor (et sa documentation) qui devra être mis en œuvre dans le cadre de ce démonstrateur. La configuration de l'outil et les scripts de génération des images seront préparés par l'équipe PREVIMER à partir de résultats de modèles de prévisions du lagon et des échanges lagon-large qui seront fournis pas le prestataire.

Le prestataire devra donc simplement insérer les scripts de génération des images à partir des résultats et les mettre à disposition du centre de données d'océanographie côtière opérationnelle de Brest sur un site ftp.

### 3. Evaluer la prévision en développant des indices d'agrément entre prévisions et observations.

Cette opération implique la création d'une interface entre bases de données (IRD ou extérieur) et le site opérationnel. La base de données de température et de salinité de l'IRD est une base Oracle en cours de transfert vers une base PostgreSQL. Il faudra extraire les données disponibles issues des stations côtières et des navires marchands volontaires. Une compilation de ces données permettra d'établir des climatologies de surface (température et salinité) et de sub-surface (température) de la région calédonienne qui serviront à estimer :

- des moyennes des températures et salinités de surface
- des moyennes de température de sub-surface
- des anomalies saisonnières et interannuelles de température et salinité de surface
- des anomalies saisonnières et interannuelles de température de sub-surface

Le contractant devra également produire une extraction et une compilation de courants de surface mesurés. Ces données sont disponibles dans une autre base de données de l'IRD rassemblant des mesures réalisées avec ADCP de coques durant les campagnes de l'IRD depuis plus de 10 ans. Il s'agira pour l'extraction d'utiliser un logiciel Matlab développé par l'US025 de l'IRD. Pour la compilation, une procédure de mapping par interpolation optimale sera requise. A l'issue, une carte des courants moyens de surface observés sera produite pour la ZEE calédonienne.

Des données opérationnelles et climatologies satellitaires seront fournies par les Unités de Service de l'IRD (US025 dans le cadre du projet SPIRALE en cours, US ESPACE). Les cartes produites ou des liens vers celle-ci (y compris les liens vers d'autres sites opérationnels régionaux tels que Bluelink : [www.marine.csiro.au/remotesensing/oceancurrents](http://www.marine.csiro.au/remotesensing/oceancurrents)) devront apparaître sur le site Web. Il s'agit de:

- températures de surface océanique (issues des capteurs infrarouge et micro-onde),
- vents diffusiométriques,
- hauteurs de l'eau avec courants géostrophiques de surface.

Les indices d'agrément statistiques seront évalués en comparant les climatologies issues du modèle et celles provenant des observations (stations, bateaux, satellites). Ensuite les indices ponctuels seront évalués en comparant les données temps réel du phare Amédée et les données satellites opérationnelles. Le

contractant pourra estimer différents indices d'erreur et d'agrément en s'inspirant des travaux réalisés précédemment dans notre équipe (stage de Catherine Luconthe, Météo-France) pour une première évaluation du modèle atmosphérique.

Les indices d'agrément ponctuels seront finalement présentés sur le site opérationnel à côté des cartes de prévisions.

#### **4. Evaluer le gain pour la prévision de contraindre le modèle par assimilation de données avec le système BODAS**

Le système BODAS du projet opérationnel australien Bluelink sera implémenté début 2007 par P. Oke du CSIRO. Des essais seront faits sur le système de prévision. Le contractant devra sélectionner les données opérationnelles disponibles pour l'assimilation en mode prévision. Lorsque le système sera en place et utilisera les données proposées, il pourra évaluer l'avantage de cette opération grâce aux indices d'agrément.

### **2.4.2. Prévisions lagonaire et couplage avec l'océan**

#### **5. Installer et adapter au système lagonaire le système de prévision ROMS\_Forecast, avec mis en ligne des prévisions**

Le contractant devra s'inspirer des résultats du premier point pour adapter le système au modèle MARS-3D en procédant par étapes : installer d'abord une configuration où le modèle de lagon est forcé uniquement avec la marée, puis avec un vent faiblement spatialisé (GFS), et enfin avec les vents issus de WRF. La finalité de cette partie est la présentation d'une prévision de la circulation et des caractéristiques hydrodynamiques du lagon.

#### **6. Effectuer le couplage ROMS-MARS pour l'échange océan-lagon**

Le contractant étudiera une procédure d'interpolation des solutions de ROMS pour forcer MARS en vue de générer des prévisions 3D sur le lagon. Il pourra s'inspirer des procédures utilisées dans le système opérationnel océaniques pour interpoler les solutions globales sur les grilles de ROMS. A l'issue de cette étape, le système de prévision lagonaire inclura le forçage océanique.

### 2.4.3. Surveillance

7. **Ajouter au site opérationnel un aspect surveillance grâce aux données de stations côtières, aux images satellites et à la compilation des analyses et prévisions disponibles sur le pacifique sud-ouest. En particulier :**

- **Mettre en ligne les données de la station du phare Amédée, de l'île Maître et du récif Loro** produisant des données en temps réel. Les capteurs seront interrogés par ligne téléphonique à travers un logiciel d'acquisition. Le contractant devra établir la valeur climatologique à ces stations en ajustement les données pour tenir compte des discontinuités dues aux changements de capteurs. Le produit final sera une anomalie de température en temps réel, qui apparaîtra à côté des anomalies du modèle et de celle des données satellites.
- **Etablir un bulletin mensuel** des conditions océaniques dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie, s'appuyant sur les anomalies observées par satellites et calculées par le modèle. Pour ce bulletin, le contractant devra faire le lien avec la surveillance d'ENSO proposée sur les sites experts. Le bulletin présentera :
  - Une analyse de la situation météorologique océanographique en cours.
  - Un certificat de conformité des données produites et les indices d'agrément.
  - Un rapport des anomalies rencontrées au cours du processus de production des données.

Le contractant étudiera aussi la possibilité de générer des **indicateurs d'impact climatique régionaux**, de type potentiel cyclonique ou pluviométrie. Pour l'indicateur du potentiel cyclonique il faudra s'inspirer des indicateurs globaux proposés par exemple par l'IRI.

- **Développer l'aspect prévision saisonnière** en étudiant la possibilité d'extraire des solutions de modèles globaux de prévision saisonnière, et d'en déduire des prévisions sur les indicateurs d'impact régionaux.

### 3. Exigences Ifremer et IRD

#### 3.1. Propriété du travail réalisé

L'Ifremer et l'IRD seront propriétaires exclusifs des travaux réalisés au titre du contrat et doit pouvoir diffuser librement le produit final.

#### 3.2. Exigences relatives aux données et aux outils

Les outils sont développés dans le domaine public.

L'utilisation et la mise en œuvre du code MARS est conventionnée.

### 4. Éléments fournis par l'Ifremer et l'IRD

Dans le cadre des travaux, l'Ifremer et l'IRD fourniront les éléments suivants :

#### Fourniture des fichiers numériques :

- le code numérique MARS,
- le logiciel GéoDataProcessor et sa documentation,
- le logiciels ROMS\_Forecast et ROMS\_AGRIF.

#### Documentation :

- la documentation du code MARS existante,
- la documentation des outils de modélisation est disponible en ligne sur le site de ROMS\_AGRIF,
- les informations concernant les réseaux d'observations et bases de données sont disponibles au centre IRD de Nouméa sous forme de rapports ou de procédures d'acquisition produites par les ingénieurs de l'US025 et les chercheurs des UR 65 et 103.

Il est rappelé que le code MARS ne pourra en aucun cas être utilisé par le candidat en dehors de la prestation demandée sans convention particulière.

Le candidat s'engage à restituer les éléments fournis à la fin de la prestation.

## 5. Tâches à réaliser et éléments fournis par le contractant

Les tâches à réaliser dans le cadre des travaux à effectuer sont pour le projet les suivantes :

- J0 : 1<sup>er</sup> mars 2007 (ou date de signature du contrat si celle-ci est postérieure).
- J0 + 2 mois  
Installation du système ROMS\_Forecast sur serveur dédié.  
Livrable : premières prévisions océaniques à 1 semaine sur la ZEE calédonienne.
- J0 + 3 mois  
Création d'interface entre bases de données et site opérationnel.  
Calcul d'indices d'agrément entre prévisions et observations.  
Fourniture d'exemple de résultats de modèle pour le générateur d'images.
- J0 + 5 mois  
Mettre en ligne les données en temps réel de la station du phare Amédée (calcul d'anomalies).  
Intégration des scripts de génération d'images pour le site [www.previmer.org](http://www.previmer.org) et mise à disposition sur site ftp.  
Etablir un bulletin mensuel en référence aux différentes cartes d'anomalies disponibles.  
Adapter le système de prévision ROMS\_Forecast au modèle lagunaire.
- J0 + 7 mois  
Etablir des indicateurs d'impact climatique régionaux.  
Réaliser le couplage du modèle régional et du modèle lagunaire.
- J0 + 8 mois  
Etudier la possibilité d'extraire des solutions de modèles globaux de prévisions saisonnières.  
Si possible, faire les extractions et produire des prévisions saisonnières sur les indicateurs d'impact régionaux.
- J0 + 9 mois  
Finalisation du dossier technique  
Livrable : le dossier technique (code source + description des procédures). Le dossier de validation.

---

Pour l'ensemble des tâches le contractant fournira, sous forme électronique les programmes et codes sources utilisés ou développés correctement documentés (java, matlab...).

## 6. Autres points

### 6.1. Planning et répartition des tâches

Le projet doit impérativement être terminé à la fin 2007. Compte tenu de la charge de travail envisagée, nous suggérons que les tâches soient réparties en 2 sous projets, l'un dédiée à la partie océanique du projet et l'autre au lagon (adaptation et installation du package ROMS\_Forecast et couplage ROMS-MARS). Les deux sous projets pourront être réalisées par des contractants différents.

### 6.2. Réunions d'avancement

Le projet sera jalonné de plusieurs types de réunions sur le centre IRD de Nouméa :

- une réunion de lancement de projet, qui aura pour objectif la présentation du projet, du planning, les intervenants, l'identification des livrables, ...
- une réunion d'avancement tous les mois,
- une réunion de fin de projet avec présentation des résultats obtenus.

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

L'Ifremer et l'IRD disposeront d'une semaine pour fournir leurs remarques sur les comptes rendus.

### 6.3. Protocole de recette

A la livraison de chaque livrable identifiés au chapitre 5, l'Ifremer et l'IRD disposeront 15 jours pour apporter leurs commentaires et pourront recevoir l'assistance du prestataire.

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

## **7. Eléments attendus dans l'offre**

### **7.1. Contenu de l'offre**

Le contenu de l'offre devra être présenté dans un dossier de 50 pages maximum.

### **7.2. Eléments attendus**

L'Ifremer et l'IRD attendent dans l'offre les éléments suivants :

1. la proposition technique envisagée pour répondre aux besoins fonctionnels,
2. un calendrier détaillé du projet,
3. la décomposition détaillée de l'offre financière pour chaque tâche,
4. 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 total forfaitaire du contrat,
5. le CV de tous les membres de l'équipe projet. Le sous-traitant s'engage à ne pas les remplacer pendant la durée du projet, sauf cas de force majeure. Dans ce cas, ce remplacement sera soumis à l'accord de l'Ifremer et de l'IRD.