

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française

FLOTTE OCEANOGRAPHIQUE FRANCAISE

APPEL D'OFFRES 2013

« Recherche scientifique »

Nom de la campagne : EPURE - LEG 01, LEG 02, LEG 03 et LEG 04

Nom du responsable du projet / programme : Luis TITO DE MORAIS

Nom du chef de mission principal :

Leg 01 : Anne Deschamps (Chargée de Recherche - CNRS - UMR 6538 « Domaines Océaniques »), Anne-Deschamps@univ-brest .fr

Leg 02 : Luis Tito de Morais (Directeur de Recherche IRD-LEMAR), Luis.Tito-de-Morais@ird.fr

Leg 03 : Anne Deschamps (Chargée de Recherche - CNRS - UMR 6538 « Domaines Océaniques »), Anne-Deschamps@univ-brest .fr

Leg 04 : Luis Tito de Morais (Directeur de Recherche IRD-LEMAR), Luis.Tito-de-Morais@ird.fr

**Institut Universitaire Européen de Mer
Place Nicolas Copernic 29280 Plouzané
France**

ANNEXES

Lien vers le site web du projet EPURE : <http://www.anr-epure.net>

Références citées

Exemples de montage de la perche (sur des embarcations de taille inférieure à celle de l'ANTEA)

Positions approximatives des stations

Problématique générale, contexte national et international.

« L'approvisionnement de l'humanité en aliments d'origine aquatique représente un enjeu considérable et la plus grande partie des captures provient du plateau continental (profondeurs inférieures à 200 m) et des zones d'upwelling (remontées d'eaux profondes riches en éléments nutritifs) » (Gros, 2010). La zone de l'écosystème du Courant des Canaries, au large de l'Afrique de l'Ouest représente un potentiel halieutique considérable estimé à plus de 2 milliards de \$US dans les années 70 et seulement près de la moitié en 2006 (1,077 milliards de \$US), selon les données « Sea Around Us » (Pauly, 2007). Au-delà de la surpêche, les zones Ouest Africaines sont sous la menace des impacts de pollutions d'origine anthropique (UNEP, 1999; 2006) et des changements globaux qui agiront sur les ressources aquatiques soit directement (Biswas et al., 2008), soit par potentialisation des impacts des contaminants (Parry et al., 2007; Couillard et al., 2008), notamment au travers des modifications apportées à la dynamique des océans et à l'upwelling. L'analyse pluridisciplinaire d'un cas d'étude pris dans cette zone revêt donc un intérêt majeur.

En effet, comme souligné par Beltrando (2010) : « Les outils d'analyse et de simulation ont évolué, la demande sociétale se précise et les études sur l'adaptation au changement climatique ne pourront pas se contenter d'analyses combinant des résultats issus de modèles climatiques à ceux issus de modèles économiques pour tenter de se préparer à un futur climatique ». Il est donc plus que jamais nécessaire d'appréhender la complexité en menant des approches pluridisciplinaires, tant sur le terrain que dans l'exploitation et l'interprétation des données et modèles (Foley et al., 2010). Notre projet se propose d'y contribuer par l'analyse concertée d'un cas d'étude centré sur la zone d'upwelling marocain où il existe un risque de transmission de micro-contaminants depuis le milieu marin vers la filière pêche, susceptible de subir une potentialisation importante induite par les changements environnementaux attendus. Ce cas d'étude revêt une valeur particulière au moment où des résultats scientifiques sur les effets du changement climatique renforçant les relargages de contaminants, ont récemment fait les grands titres de journaux (voir par exemple : AFP, 2011; L'Humanité, 2011; Le Monde, 2011; 20 mn, 2011). Directement utiles dans le contexte de la filière pêche marocaine qui est un enjeu majeur aussi bien pour le pays que pour l'Europe et la France (Anonyme, 2008), les produits attendus du projet sont également conçus dans l'optique d'une valorisation plus large en relation avec les études sur les autres systèmes d'upwelling de bord Est où existent d'importantes sources de contamination potentielle : dans le Benguela (Taljaard, 2006), au Pérou (Badjeck, 2008), et en Californie (Teck et al., 2010).

Le projet ÉPURE se situe dans un contexte particulièrement favorable pour les études sur le grand écosystème marin des Canaries qui a été le dernier des grands écosystèmes d'upwelling à voir se mettre en place un grand projet international d'études : le programme dit « CCLME » porté par la FAO et qui a été lancé officiellement en novembre 2010 à Dakar. Le porteur du projet ÉPURE fait partie du comité de pilotage du CCLME en tant qu'observateur invité au titre de l'IRD et plusieurs membres du consortium ont participé au symposium de démarrage de Dakar.

Au sein de l'ANR, et plus spécifiquement de l'AAP CEP&S, ÉPURE s'inscrit dans l'axe 2 (CEP et interactions avec les Ecosystèmes et leurs Biodiversités). Mais ÉPURE développera une approche fortement orientée vers les impacts et la modélisation des vulnérabilités induites par les CEP sur la filière pêche qui nous placent clairement dans une logique de superposition thématique avec l'axe 1 (Les Sociétés et Territoires face aux CEP - Vulnérabilité, Adaptation et Mitigation).

Objectifs spécifiques de la demande et résultats escomptés.

La campagne prévue se déroulera sur 4 legs à deux périodes de l'année : autour du mois de juillet (période de fort upwelling, legs 01 et 02) et en novembre (période de faible upwelling, legs 03 et 04). Les opérations conduites lors de chacune de ces deux périodes seront identiques. Le leg 01 et le leg 03 représentent les mêmes opérations, de même que les legs 02 et 04. Les legs 01 et 03 se dérouleront au voisinage d'Agadir, et les legs 02 et 04, sur une aire plus vaste entre Agadir et une zone au sud de Dakhla.

Chaque partie ayant chacune ses objectifs spécifiques. Un changement d'équipage scientifique aura lieu après les legs 01 et 03 de la campagne, au port d'Agadir.

Première partie - leg 01 et leg 03 (zone Nord), les objectifs sont ceux associés à la tâche P3 du projet ANR EPURE - « Mesure des sédiments mis en suspension et déposés par les courants ». Les micropolluants métalliques s'accumulent dans les sédiments. En période de forte activité de l'upwelling, la quantité de sédiments remise en suspension serait plus importante et entraînerait des concentrations plus fortes de certains métaux. Il s'agit donc de prélever et mesurer la quantité de sédiments en suspension dans la colonne d'eau à différentes périodes de temps pour préciser les liens entre quantité de sédiments en suspension et déposés, intensité des courants et concentrations en métaux lourds.

Les résultats escomptés pour cette partie sont :

- 1) la quantification du transport sédimentaire dans les zones d'upwelling,
- 2) la mesure de la quantité de sédiments en suspension,
- 3) l'analyse des ETM des sédiments de surface et en suspension et la détermination de leur origine (source continentale (e.g. apports éoliens), source océanique (e.g. remise en suspension par les courants)).

Deuxième partie - leg 02 et leg 04 (de la zone Nord vers la zone Sud), les objectifs sont ceux associés aux tâches P2 - « Dosage des ETM dans l'eau et leur spéciation (cas du cadmium) », B1 - « Enregistrements spatio-temporels (eau, sédiments, coquilles et otolithes) », B2 - « Distribution et composition des échelons trophiques intermédiaires par acoustique et filets » et B3 - « Évaluation des transferts de contaminants et des risques pour les écosystèmes et la pêche ».

En termes pratiques, il s'agit d'évaluer les concentrations de contaminants dans l'eau et de suivre l'éventuelle augmentation, à chaque maillon de la chaîne alimentaire, de la concentration de ces contaminants dans les organismes. Ce processus de bioamplification consiste pour un prédateur à concentrer une substance (ou un élément) à un niveau supérieur à celui où il se trouve dans sa proie. Afin d'évaluer le risque toxicologique encouru par les prédateurs supérieurs, homme compris, consommateurs de produits marins contaminés, il est important de bien connaître les voies de transfert et de bioaccumulation car les contaminants présentent des comportements divers selon les espèces et les conditions environnementales du milieu marin.

Rattachement au programme EPURE (ANR CEP&S)

La campagne demandée est un élément essentiel pour le programme ANR EPURE. En 2012, il est attendu que les résultats de deux campagnes menées sur le bateau de l'INRH (le NO « Al Amir Moulay Abdallah ») servent de socle aux opérations à conduire au cours des campagnes demandées au CNFC pour 2013. Deux campagnes sont prévues en 2012, la première étant très exploratoire pour ce qui est des activités d'EPURE, c'est surtout la deuxième campagne (Octobre 2012) qui produira effectivement les résultats préliminaires exploitables pour le programme. Nous attendons en 2012 le suivi des concentrations en contaminants du Sud de Safi au Sud Maroc par l'échantillonnage de 200 stations réalisé dans le cadre des suivis de routine effectués depuis le N.O marocain « Al Amir Moulay Abdallah ».

À la suite de cette opération, la campagne demandée au CNFC nous servira à concentrer nos investigations en 2013 sur trois zones à deux périodes de l'année. Le programme EPURE est subdivisé en trois grandes familles de tâches, celles associées aux processus physiques (P), celles rattachées aux processus biologiques (B) et celles associées aux processus sociétaux (S). Au-delà des tâches indiquées ci-dessus (dans les « Objectifs spécifiques »), les résultats attendus des opérations prévues seront directement exploitables par la tâche P1 - « Modélisation des masses d'eau enrichies en ETM » et transférées à la tâche S1 - « Impact des contaminants, Vulnérabilités environnementales et stratégies adaptatives de la filière Pêche » par le biais de la réalisation en commun d'un SIG.

Stratégie des acquisitions et méthodologie

Nos investigations en 2013 seront concentrées sur trois zones (figure 1). Des échantillonnages seront effectués pendant les deux saisons principales : forte (juillet) et faible (novembre) intensité de l'upwelling.

La zone nord, au voisinage du Cap Drâa, est susceptible d'être sous influence directe des apports par les activités côtières. Il est à noter aussi la présence de deux Oueds (Oued Draa et Oued Chebeïka) par lesquels peuvent transiter une certaine quantité de matériel lithogénique. Dans cette zone, où le plateau continental est relativement large, Le Corre et Tréguer (1975, 1979) ont mis en évidence, en période d'upwelling, la présence d'un bourrelet froid avec un minimum d'oxygène à environ 30-40 m de profondeur. La régénération des éléments nutritifs y est particulièrement active et peut également jouer un rôle important sur le devenir du cadmium.

La zone centrale, au voisinage du Cap Boujdour, possède un plateau continental étroit et un talus de pente prononcée. L'upwelling est donc susceptible d'influencer beaucoup plus fortement la bande côtière dans cette zone. L'échantillonnage des eaux les plus profondes permettra la caractérisation chimique des eaux « sources » de l'upwelling.

La zone Sud, au nord du Cap Barbas, est potentiellement soumise à des dépôts importants de matériel sédimentaire. Le plateau continental, peu profond et large, est caractérisé par des eaux chaudes et pauvres en éléments nutritifs. Les eaux riches en éléments nutritifs restant confinées aux abords du talus à des profondeurs supérieures à 100 m (Le Corre et Tréguer, 1975).

Legs 01 et 03

Lors des legs 01 et 03 de la campagne (les premiers de chaque période de mission) seule une partie de la zone Nord sera prospectée (figure 2).

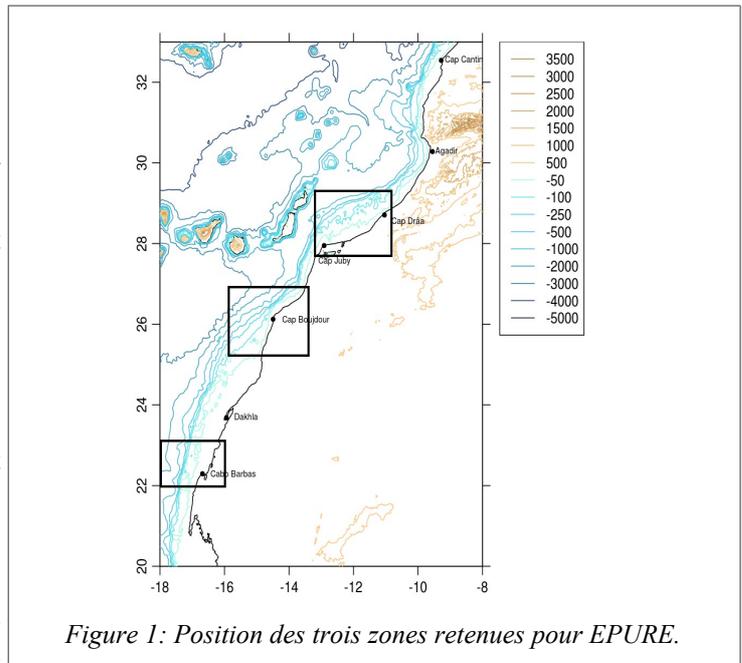


Figure 1: Position des trois zones retenues pour EPURE.



Figure 2: Position approximative de la zone de prospection Nord au cours des legs 01 et 03. Le trait rouge est l'itinéraire de transit entre Agadir et la zone de prospection. Image GoogleEarth (R).



Figure 3: Zoom sur la zone de prospection nord des legs 01 et 03. Le rectangle noir représente une zone d'environ 10x13 km au sein de laquelle seront réalisées les opérations, centrée sur 28°15'46"N et 12°14'32"O. Image GoogleEarth (R).

Au cours des legs 01 et 03 seront réalisées :

1- des bathymétries multifaisceaux à l'aide du sondeur Reson Seabat 8101, 240 Khz, monté sur une perche sur le côté du navire. L'objectif est de suivre l'évolution des fonds sédimentaires avant et après (volume de sédiments déplacés) une période de fort upwelling. Le protocole de mesure a été validé dans

le Finistère (Jaud, PhD, 2011; Jaud et al., en prep., 2012). Lors de chaque mission de la campagne, 1 levé bathymétrique aura lieu sur la zone Nord. En 6 x 24h, il est possible de cartographier une zone de 10x13km environ, à une profondeur moyenne de 50 mètres (figure 3).

2- parallèlement à l'acquisition bathymétrique, sera mesurée la quantité de sédiments en suspension (mesure de la turbidité et quantité de matière en suspension et mesures de courants pour obtenir des données hydrodynamiques précises pour supporter les modèles de circulation hydrodynamiques du courant des Canaries et des courants d'upwellings de la zone).

Lors de cette première partie seront utilisés les appareils suivants :

- Turbidimètre (YSI), granulomètre laser in situ (LISST), sondeur colonne d'eau (EK60 et/ou MiniSounder)
- Prélèvement d'eau (rosette) pour analyse granulométrique laser (classes de taille)
- Mesure des courants (direction et vitesse) en station fixe pour une période de 1 semaine : ADP 400 KHz Aquadop Nortek déployé par deux plongeurs à -30 mètres
- Profils de courant : ADCP 1200 KHz (jusque -20m) et/ou ADCP 600KHz (-60 m) sur perche (vitesse du bateau max : 4 nds).

Limitations :

- pendant le sondage bathymétrique, la vitesse maximale du navire sera de 6 nds max
- pendant les levés ADCP, la vitesse maximale du navire sera de 4 nds

Besoins, matériel et personnel demandé :

- alimentation 220V
- fabrication de 2 perches adaptées au navire (nous avons l'expérience de l'adaptation de perches à tout navire) : 1 pour le sondeur multifaisceaux et 1 pour l'ADCP. Étant donné le tirant d'eau de l'Antea (>3,3m), une étude préalable devra être effectuée environ 6 mois avant la campagne pour choisir la solution technique adéquate sur le design des perches et le système de fixation au navire.
- rosette pour l'échantillonnage de l'eau (stockage en bidons de 5 litres) (**Demande de prêt matériel**).
- sondeur monofaisceaux ER60 de l'Antea (**Demande de prêt matériel**).
- 2 plongeurs professionnels.

Matériel embarqué fourni par l'équipe

- GPS RTK, LISST, sonde YSI, ADCP, sonde de célérité
- sondeur multifaisceaux Reson Seabat 8101 (240kHz) ou Simrad EM3002 (300kHz) + centrale inertielle Octans,
- benne Van Veen pour l'échantillonnage des sédiments
- ADP 400 KHz Aquadop Nortek
- matériel pour stockage des échantillons d'eau et des échantillons de sédiment.

Legs 02 et 04

Lors des legs 02 et 04 (de la zone Nord à la zone Sud) de la mission les trois zones (Sud, Centre et Nord) de la figure 1 seront prospectées (voir figures 4, 5 et 6).



Figure 4: Position approximative des stations de la zone Nord. Le trait rouge représente le transit depuis le port d'Agadir où aura lieu la fin des legs 01 et 03 et où commenceront les legs 02 et 04 de la campagne. Image GoogleEarth (R).

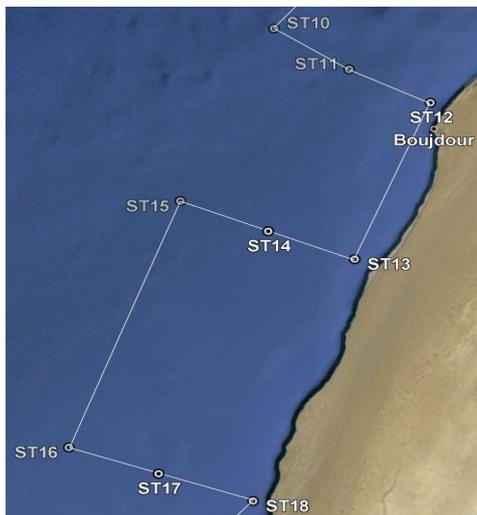


Figure 5: Position approximative des stations de la zone centre, dans la zone du cap Boujdour. Image GoogleEarth (R).



Figure 6: Position approximative des stations de la zone sud. Le trait rouge représente le transit vers le port de Dakhla où aura lieu la démobilisation et le débarquement de l'équipage scientifique après les legs 02 et 04. Image GoogleEarth (R).

Au cours des legs 02 et 04 seront réalisées les opérations suivantes :

À chaque station, des prélèvements d'eau seront faits à différentes profondeurs ainsi que du phytoplancton et du zooplancton à l'aide d'un filet multinet. Des pêches au chalut pélagique et au chalut de fond seront réalisées de manière à couvrir une large gamme d'espèces et des niveaux trophiques variés. L'utilisation d'une drague permettra également de remonter à bord du benthos dont les coquilles sont visées. Les filtrations, extraction d'otolithes, prélèvements de muscle, de foie, de reins seront faits à bord. Les échantillons seront soit congelés, soit préservés dans l'azote liquide. Les prélèvements d'eau devront permettre la mesure des paramètres suivants :

- dioxygène dissous (méthode Winkler). Prélèvements discrets pour calibration sonde. Volume d'eau utilisé 300 mL.
- éléments nutritifs (nitrate, nitrite, phosphate, silicate). V=100 mL.
- Cd total. V=100 mL, Cd dissous et Cd labile (après filtration sur filtre HATF 0.45 μ m directement à la sortie de la bouteille, en circuit fermé). V=100 mL
- pigments chlorophylliens (Chla et phaeophytine, filtres GFF 0.7 μ M). V=500 mL
- carbone organique particulaire (filtre GFF, 0.7 μ M). V=500 mL
- Cd particulaire et autres éléments chimiques particuliers (Al, P, Mn, Fe). V=5 à 7 L. filtration sur filtre HATF 0.45 μ m directement à la sortie de la bouteille, en circuit fermé ; le filtrat étant utilisé pour Cd dissous et éventuellement éléments nutritifs.

Les profils de zooplancton doivent être mis en relation avec leur environnement abiotique et biotique, d'où le besoin du couplage de la CTD+fluorescence+oxygène et de la Rosette avec les profils de zooplancton faits par acoustique et par multinet, ainsi qu'avec les données acquises au sondeur multifréquence sur les poissons et les chalutages pélagiques.

Besoins :

- Le sondeur multifréquence (ER60 38/70/12/200 kHz) de l'ANTEA doit être opérationnel pour l'acquisition des données acoustiques en continu.
- Le matériel de calibration du sondeur acoustique doit être prévu pour les 4 fréquences ; une calibration doit être effectuée soit au début de la campagne, soit un peu avant si possible
- Le TAPS peut être monté sur la CTD+rosette ou sur l'Hydrobios
- Treuil hydraulique et câble Kevlar (si possible).

Lors de cette deuxième partie seront utilisés les appareils suivants :

- Sonde CTD de type Seabird équipée avec un capteur d'oxygène, un fluorimètre et un turbidimètre
- Rosette (type SBE32) équipée de 12 Bouteilles Go-Flo (12 L) adaptées aux prélèvements d'éléments traces métalliques. Matériel de filtration.
- Filet multinet pour le zooplancton (Hydrobios), Chalut pélagique, Chalut de fond, Drague.

Matériel demandé

- Sonde CTD de type Seabird équipée avec un capteur d'oxygène, un fluorimètre et un turbidimètre.
Demande de prêt matériel INSU ou IRD
- Rosette (type SBE32) équipée de 12 Bouteilles Go-Flo (12 L). **Demande de prêt matériel INSU**
- Chalut pélagique. **Demande de prêt matériel INSU**
- Chalut de fond. **Demande de prêt matériel IRD**
- GPT 38/70/120/200 kHz. Matériel partagé entre l'ALIS et l'ANTEA

Le matériel restant sera fourni par l'équipe : matériel de filtration, filet multinet pour le zooplancton (Hydrobios), drague, matériel de stockage des échantillons.

Réactifs chimiques embarqués. Uniquement ceux nécessaires à l'analyse du dioxygène dissous, soit : Solution de chlorure de manganèse Mn(II) ; Solution basique d'iodure: (I⁻ :4,0 M), (OH⁻ :8,0 M); Solution d'acide sulfurique concentrée (18 M). Solution d'iodate de potassium ($5,95 \cdot 10^{-3}$ M).

A l'exception des flacons de dioxygène dissous stockés en caisse à température ambiante (mesure possible à bord avec petit spectrophotomètre), l'ensemble des échantillons d'eau (soit 3 filtres et 3 flacons de 125 ml par prélèvement) devra être stocké au congélateur ainsi que les prélèvements disséqués sur les échantillons biologiques. Les échantillons de zooplancton seront conditionnés en flaconnages (environ 400 échantillons dans l'alcool à 70°).

Plan journalier de la campagne et calendrier prévisionnel

Succession des opérations à la mer (détails en fiche 1)

Nous prévoyons que toutes les opérations mentionnées (y compris le levé bathymétrique) pour les legs 01 et 03, seront effectuées sur une durée de 11 jours y compris la mobilisation du navire, installation des perches, transits entre Agadir et la zone d'étude, retour à Agadir et démobilisation. Lors des legs 02 et 04 de la mission, nous prévoyons 9 stations sur 3 transects dans chacune des trois zones, soit 27 stations en tout. Avec les déplacements entre zones, il faut prévoir 22 jours de mer pour ces legs. La durée totale d'une mission (legs 01+02 ou legs 03+04) est donc de 33 jours depuis le départ d'Agadir jusqu'à l'arrivée à Dakhla, après une escale et un changement d'équipage scientifique à Agadir (24h d'arrêt). La durée totale de la campagne demandée est de 66 jours (legs 01+02+03+04).

Legs 01 et 03 :

- * Jour 1 matin : Mobilisation du navire à Agadir pendant 24h pour installer les 2 perches
- * Jour 2 : Départ d'Agadir à 10h00, calibration des sondeurs par 15m de fond minimum, zone calme, jusqu'à 20h00, puis route vers la zone de prospection nord (durée de route 24h00)
- * Jour 3 20h00 : arrivée sur zone de prospection Nord et début des opérations de bathymétrie/ADCP qui vont se dérouler 24h/24 pendant 6 jours à 6 noeuds maximum avec des arrêts pour échantillonnage d'eau, de sédiments, et des mesures de quantité de matière en suspension.
- * Jour 4, 8h-10h : Arrêt des sondages acoustiques pour déploiement ADP par 2 plongeurs et treuil (2h)
- * Jour 4, 10h-13h : arrêt de 1h en station pour mesure de célérité et 1 benne à sédiment.
- * Jour 4, 13h: reprise des sondages acoustiques bathy/ADCP jusque jour 9
- * Puis chaque jour :
 - 1 arrêt de 1h en station de jour pour mesure de célérité (descente et remontée immédiate d'une sonde par treuil)
 - 1 arrêt de 2h en station de jour pour échantillonnage à la benne
 - 2 arrêts de 1h en station de jour pour profils LISST et YSI + rosette
- * Jour 9, à 8h00 : arrêt bathymétrie. Relève ADP par 2 plongeurs et treuil (durée 3h00)
- * Reprise des opérations bathy/ADCP jusqu'à 20h00 du jour 9.
- * Jour 9 à 20h: départ vers Agadir, 24h de route
- * Jour 10 à 20h: arrivée à Agadir
- * Jour 11: démobilisation: retrait des perches et du matériel acoustique.

Legs 02 et 04

Jour 12 à 10h : départ d'Agadir.

Les durées approximatives des opérations sont les suivantes :

* Profil TAPS+CTD+rosette	0h45
* Profil Hydrobios	1h00
* 1 chalutage pélagique	1h30
* 1 chalut démersal	2h00
* Drague	1h00
* Benne	0h45

Les stations prévues sont de deux types :

- * Des stations qui seront échantillonnées de jour et de nuit, le bateau étant en station fixe :
 - le jour seules seront effectuées les 3 premières opérations ci-dessus (durée : 2h15 à 3h00, prévues)
 - la nuit toutes les opérations seront réalisées (durée : 7h00 prévues)Soit une durée totale d'opérations de 10h00 environ par station. Il s'agit des stations les plus extrêmes de chaque transect : ST01, ST03, ST04, ST06, ST07, ST09, ST10, ST12, ST13, ST15, ST16, ST18, ST19, ST21, ST22, ST24, ST25, ST27.
- * Les autres stations ne seront échantillonnées que de jour. Dans ces stations :
 - toutes les opérations seront réalisées (durée : 7h00 prévues)Il s'agit des stations médianes des transects: ST02, ST05, ST08, ST11, ST14, ST17, ST20, ST23, ST26.

Période demandée

Il est prévu que les échantillonnages soient effectués pendant les deux saisons principales en fonction de l'intensité de l'upwelling dans la région : juillet est la période de forte intensité, alors que novembre est la période de faible intensité de l'upwelling. C'est pourquoi, **la demande concerne ces deux périodes en 2013**. L'objectif est d'obtenir des échantillonnages à deux périodes aussi contrastées que possible. Si le mois de juillet comme de novembre complets ne sont pas impératifs, il est essentiel d'inclure au moins une partie de ces 2 mois dans les période de campagne.

Plan d'exploitation des résultats

En complément des prélèvements des legs 01 et 03, il sera procédé à l'analyse de la turbidité par image satellite réalisés en dehors de la campagne mais en concomitance avec celle-ci. Les dosages in-situ effectués dans l'eau et aux différents niveaux de la chaîne trophique au cours des legs 02 et 04, seront complétés au laboratoire par des expérimentations de transfert entre niveaux trophiques en milieu contrôlé. Les résultats obtenus seront ensuite (fin 2014 - début 2015) appliqués au sein d'une approche associant risques, résilience et savoirs traditionnels au sein d'un SIG qui contribuera à la description du socio-écosystème et de la vulnérabilité des filières de pêche marocaines dans l'optique des changements climatiques globaux attendus.

Les données hydrologiques et échantillons biologiques seront traités au laboratoire à l'INRH. Les données acoustiques seront traitées à l'IRD Brest. Ces analyses permettront d'une part d'obtenir une vision synthétique du milieu en représentant avec une même résolution la structuration hydrologique, les structururations des productions primaire et secondaire et des petits pélagiques, ce qui permettra également d'en extraire les interactions spatiales ; d'autre part les contaminants seront dosés dans ces divers échelons trophiques. La valorisation de l'ensemble des résultats se fera pendant la durée de réalisation du programme EPURE (2012-2015).

Composition de l'équipe, rôle des participants dans le projet

Legs 01 et 03

- Anne Deschamps(CNRS DO) : mesures bathymétriques et de la matière en suspension.
- Maître de conférence (UBO) spécialisé en hydrodynamique sédimentaire (recrutement en mai 2012)
- A. Makaoui (INRH) : océanographe, biogéochimie
- F. Zohra-Bouthir (INRH) : océanographe, sédimentologue
- S. Révillon (UBO) : sédimentologie, prélèvement d'eau et sédiments
- M. Sedrati (UBO) : courantologie (ADP et ADCP)

- R. Cancouet (IUEM): ingénieur opérateur sondeurs acoustiques et mesures de la turbidité
- Étudiant (UBO) : sédimentologie.
- 2 plongeurs professionnels (-30 mètres) pour déploiement et récupération de l'ADP.

Legs 02 et 04

- L. Tito de Morais (IRD LEMAR) : poissons et bivalves.
- R. Laë (IRD LEMAR) : poissons.
- M. Waeles (UBO LEMAR) : chimie.
- A. Lebourges-Dhaussy (IRD LEMAR) : TAPS, acoustique.
- G. Roudaut (IRD LEMAR) : TAPS, acoustique.
- J. Raffray (IRD LEMAR) : technicien polyvalent.
- H. Masski (INRH) : poissons et bivalves.
- O. Ettahiri (INRH) : zooplancton.
- A. Benrha (INRH) : écotoxicologie.
- Étudiante (INRH) : chimie.

Références des publications antérieures récentes de l'équipe sur le sujet

En gras les membres embarquant dans la campagne. *En Gras et italique* les membres en soutien n'embarquant pas.

- Ait Fdil, M., A. Mouabad, A. Outzourhit, **A. Benhra**, A. Maarouf, et J. C. Pihan. 2006. Valve movement response of the mussel *Mytilus galloprovincialis* to metals (Cu, Hg, Cd and Zn) and phosphate industry effluents from Moroccan Atlantic coast. *Ecotoxicology* 15:477-486.
- Albaret, J. J., M. Simier, F. S. Darboe, J. M. Ecoutin, J. Raffray, et **L. Tito de Morais**. 2004. Fish diversity and distribution in the Gambia Estuary, West Africa, in relation to environmental variables. *Aquatic Living Resources* 17:35-46.
- Aristegui, J., E. D. Barton, X. A. Álvarez-Salgado, A. M. P. Santos, F. G. Figueiras, **S. Kifani**, S. Hernández-León, E. Mason, **E. Machu**, et H. Demarcq. 2009. Sub-regional ecosystem variability in the Canary Current upwelling. *Progress In Oceanography* 83:33-48.
- Ballón, M., A. Bertrand, **A. Lebourges-Dhaussy**, M. Gutiérrez, P. Ayón, D. Grados, et F. Gerlotto. 2011. Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. *Progress In Oceanography*.
- Boutet, I., A. Tanguy, M. Auffret, **R. Riso**, et D. Moraga. 2002. Immunochemical quantification of metallothioneins in marine mollusks: characterization of a metal exposure bioindicator. *Environmental toxicology and chemistry* 21:1009-1014.
- Brochier, T., E. Mason, M. Moyano, **A. Berraho**, F. Colas, P. Sangrá, S. Hernandez-Leon, **O. Ettahiri**, et C. Lett. 2011. Ichthyoplankton transport from the African coast to the Canary Islands. *Journal of Marine Systems* 87:109-122.
- Cheggour, M., A. Chafik, N. S. Fisher, et **S. Benbrahim**. 2005. Metal concentrations in sediments and clams in four Moroccan estuaries. *Marine Environmental Research* 59:119-137.
- Ciobanu, M. C., M. Rabineau, L. Droz, **S. Révillon**, J. F. Ghiglione, B. Dennielou, S. J. Jorry, J. Kallmeyer, J. Etoubleau, et P. Pignet. 2012. Paleoenvironmental imprint on subseafloor microbial communities in Western Mediterranean Sea Quaternary sediments. *Biogeosciences Discuss* 9:253-310.
- Daverat, F., N. Tapie, L. Quiniou, R. Maury Brachet, **R. Riso**, M. Eon, J. Laroche, et H. Budzinski. 2011. Otolith microchemistry interrogation of comparative contamination by Cd, Cu and PCBs of eel and flounder, in a large SW France catchment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Ecoutin, J. M., M. Simier, J. J. Albaret, **R. Laë**, et **L. Tito de Morais**. 2010. Changes over a decade in fish assemblages exposed to both environmental and fishing constraints in the Sine Saloum estuary (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 87:284 - 292.
- El Ghazi, I., S. Menge, J. Miersch, A. Chafik, **A. Benhra**, M. K. Elamrani, et G. J. Krauss. 2003. Quantification of metallothionein-like proteins in the mussel *Mytilus galloprovincialis* using RP-HPLC fluorescence detection. *Environmental science & technology* 37:5739-5744.
- Ettahiri, O., A. Berraho**, G. Vidy, M. Ramdani, et Do chi T. 2003. Observation on the spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan Atlantic coast (21-26°N). *Fisheries Research* 60:207-222.
- Ettahiri, O., A. Berraho**, S. Zizah, A. Makaoui, et A. Orbi. 2001. Ecologie, hydrodynamique et dispersion larvaire de la sardine *Sardina pilchardus* le long de la côte atlantique sud marocaine. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat* 23:29-35.
- Faraj, A.**, et **H. Masski**. 2006. Spatial pattern of demersal fish in the upper continental slope off Northeast Atlantic in Moroccan waters. Page 28 *Deep Sea 2003: conference on the governance and management of deep-sea fisheries*. Food & Agriculture Org.
- Fréon, P., J. Aristegui, A. Bertrand, R. J. Crawford, J. C. Field, M. J. Gibbons, J. Tam, L. Hutchings, **H. Masski**, et C. Mullon. 2009. Functional group biodiversity in Eastern Boundary Upwelling Ecosystems questions the wasp-waist trophic structure. *Progress in Oceanography* 83:97-106.
- Geret, F., **R. Riso**, P. M. Sarradin, J. C. Caprais, et R. P. Cosson. 2002. Metal bioaccumulation and storage forms in the shrimp, *Rimicaris exoculata*, from the Rainbow hydrothermal field (Mid-Atlantic Ridge); preliminary approach to the fluid-organism relationship. *Cahiers de biologie marine* 43:43-52.
- Hickey-Vargas, R., M. Bizimis, et **A. Deschamps**. 2008. Onset of the Indian Ocean isotopic signature in the Philippine Sea Plate: Hf and Pb isotope evidence from Early Cretaceous terranes. *Earth and Planetary Science Letters* 268:255-267.

- Jaud, V.**, C. Gervaise, et A. Khenchaf. 2008. Performances of a multistatic model of sound scattering by rough surfaces. *Journal of the Acoustical Society of America* 123:3904.
- Kifani, S., H. Masski, et A. Faraj.** 2008. The need of an ecosystem approach to fisheries: The Moroccan upwelling-related resources case. *Fisheries Research* 94:36-42.
- Labonne, M., E. Morize, P. Scolan, R. Lae, E. Dabas, et M. Bohn.** 2009. Impact of salinity on early life history traits of three estuarine fish species in Senegal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82:673-681.
- Lebourges-Dhaussy, A., et J. Ballé-Béganton.** 2004. Multifrequency multimodel zooplankton classification. *ICES CM* 22.
- Lebourges-Dhaussy, A., J. Coetzee, L. Hutchings, G. Roudaut, et C. Nieuwenhuys.** 2009. Zooplankton spatial distribution along the South African coast studied by multifrequency acoustics, and its relationships with environmental parameters and anchovy distribution. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 66:1055-1062.
- Lebourges-Dhaussy, A., et E. Josse.** 2008. Acoustical methods that provide an integrated view of the marine ecosystem. *Acoustical Society of America Journal* 123:2992.
- Lebourges-Dhaussy, A., T. Knutsen, et R. J. Korneliussen.** 2004. Acoustic backscatter from zooplankton and fish explored through an optimized model framework. *ICES CM* 39.
- Machu, E., O. Ettahiri, S. Kifani, A. Benazzouz, A. Makaoui, et H. Demarcq.** 2009. Environmental control of the recruitment of sardines (*Sardina pilchardus*) over the western Saharan shelf between 1995 and 2002: a coupled physical/biogeochemical modelling experiment. *Fisheries Oceanography* 18:287-300.
- Maguer, J. F., S. L'Helguen, M. Waeles, P. Morin, R. Riso, et J. Caradec.** 2009. Size-fractionated phytoplankton biomass and nitrogen uptake in response to high nutrient load in the North Biscay Bay in spring. *Continental Shelf Research* 29:1103-1110.
- Mair, A. M., P. G. Fernandes, A. Lebourges-Dhaussy, et A. S. Brierley.** 2005. An investigation into the zooplankton composition of a prominent 38-kHz scattering layer in the North Sea. *Journal of plankton research* 27:623-633.
- Massou, A. M., J. Panfili, P. Y. Le Bail, R. Laë, O. Mikolasek, G. Fontenelle, et J. F. Baroiller.** 2004. Evidence of perturbations induced by reproduction on somatic growth and microincrement deposition in *Oreochromis niloticus* otoliths. *Journal of fish biology* 64:380-398.
- Radenac, M. H., P. E. Plimpton, A. Lebourges-Dhaussy, L. Commien, et M. J. McPhaden.** 2010. Impact of environmental forcing on the acoustic backscattering strength in the equatorial Pacific: Diurnal, lunar, intraseasonal, and interannual variability. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 57:1314-1328.
- Ramzi, A., M. L. Hbid, et O. Ettahiri.** 2006. Larval dynamics and recruitment modelling of the Moroccan Atlantic coast sardine (*Sardina pilchardus*). *Ecological Modelling* 197:296-302.
- Revel, M., E. Ducassou, F. E. Grousset, S. M. Bernasconi, S. Migeon, S. Révillon, J. Masclé, A. Murat, S. Zaragosi, et D. Bosch.** 2010. 100,000 Years of African monsoon variability recorded in sediments of the Nile margin. *Quaternary Science Reviews* 29:1342-1362.
- Révillon, S., S. Berne, G. Bayon, B. Dennielou, et C. Hémond.** 2008. Linking erosion rates and climatic variations in the Gulf of Lions, France: A geochemical approach. *Geochimica et Cosmochimica Acta Supplement* 72:789.
- Révillon, S., et D. Hureau-Mazaudier.** 2009. Improvements in Digestion Protocols for Trace Element and Isotope Determinations in Stream and Lake Sediment Reference Materials (JSd-1, JSd-2, JSd-3, JLk-1 and LKSD-1). *Geostandards and Geoanalytical Research* 33:397-413.
- Révillon, S., G. Jouet, G. Bayon, M. Rabineau, B. Dennielou, C. Hémond, et S. Berné.** 2011. The provenance of sediments in the Gulf of Lions, western Mediterranean Sea. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 12:Q08006.
- Sarradin, P. M., D. Lannuzel, M. Waeles, P. Crassous, N. Le Bris, J. C. Caprais, Y. Fouquet, M. C. Fabri, et R. Riso.** 2008. Dissolved and particulate metals (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb) in two habitats from an active hydrothermal field on the EPR at 13 N. *Science of the Total Environment* 392:119-129.
- Serghini, M., A. Boutayeb, P. Auger, N. Charouki, A. Ramzi, O. Ettahiri, et M. Tchente.** 2009. Multiregional Periodic Matrix for Modeling the Population Dynamics of Sardine (*Sardina pilchardus*) Along the Moroccan Atlantic Coast: Management Elements for Fisheries. *Acta Biotheoretica* 57:501-512.
- Somoue, L., N. Elkhiaati, M. Ramdani, T. L. Hoai, O. Ettahiri, A. Berraho, et T. D. Chi.** 2005. Abundance and structure of copepod communities along the Atlantic coast of southern Morocco. *Acta Adriatica* 46:63-76. Consulté avril 9, 2010, .
- Waeles, M., A. R. Baker, T. Jickells, et J. Hoogewerff.** 2007. Global dust teleconnections: aerosol iron solubility and stable isotope composition. *Environmental Chemistry* 4:233-237.
- Waeles, M., R. D. Riso, J. Y. Cabon, J. F. Maguer, et S. L'Helguen.** 2009. Speciation of dissolved copper and cadmium in the Loire estuary and over the North Biscay continental shelf in spring. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84:139-146.
- Waeles, M., R. D. Riso, et P. Le Corre.** 2005. Seasonal variations of cadmium speciation in the Penzé estuary, NW France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65:143-152.
- Waeles, M., R. D. Riso, J. F. Maguer, et P. Le Corre.** 2004. Distribution and chemical speciation of dissolved cadmium and copper in the Loire estuary and North Biscay continental shelf, France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59:49-57.
- Waeles, M., V. Tanguy, G. Lespes, et R. D. Riso.** 2008. Behaviour of colloidal trace metals (Cu, Pb and Cd) in estuarine waters: An approach using frontal ultrafiltration (UF) and stripping chronopotentiometric methods (SCP). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80:538-544.