

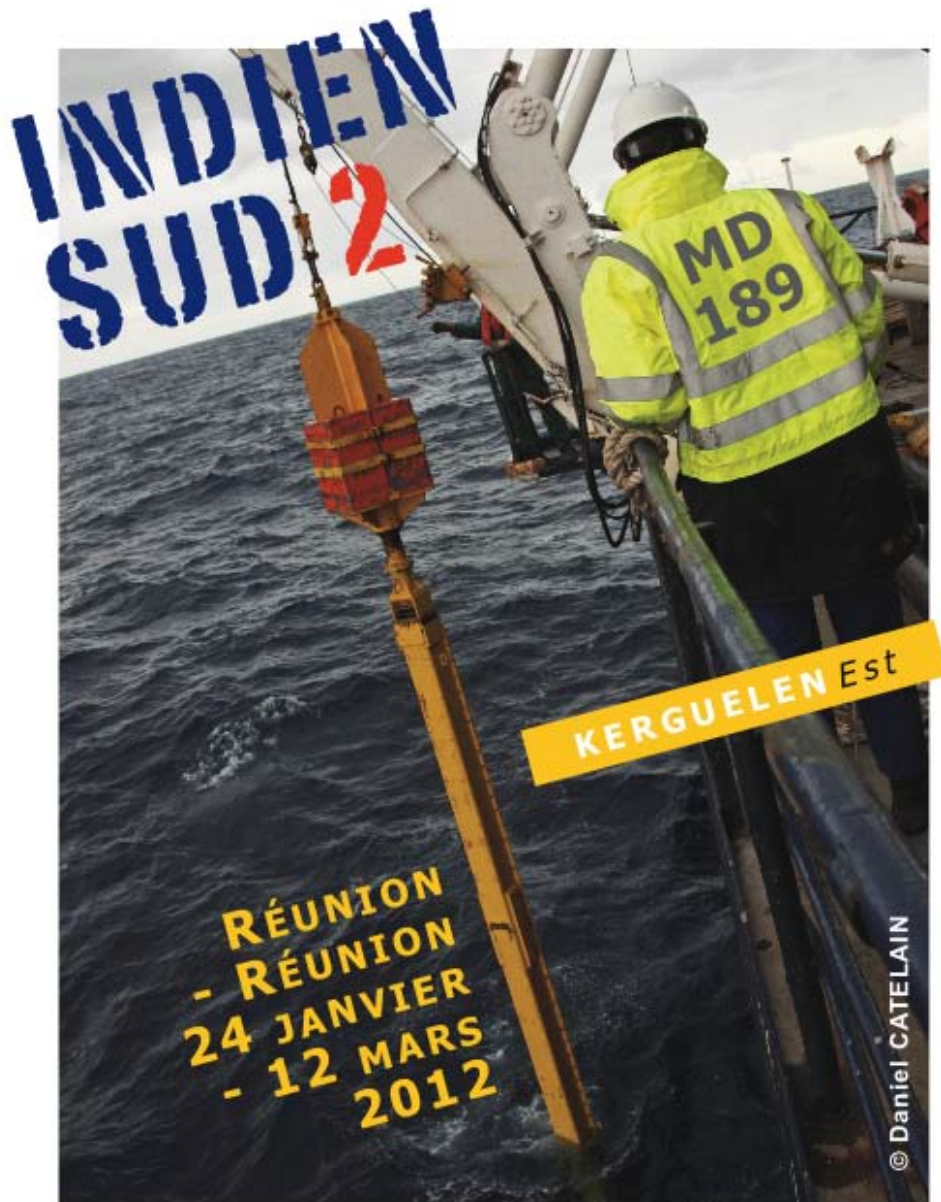
LES RAPPORTS DES CAMPAGNES A LA MER

MD 189/INDIEN SUD-2 à bord du R/V Marion Dufresne



La Réunion 24 janvier 2012 - La Réunion 11 mars 2012

Réf : OCE 2015/02



CHEF DE MISSION
Alain MAZAUD

CHEF DES OPÉRATIONS
Bernard OLLIVIER



Commandant : Bernard LASSIETTE

SOMMAIRE

Remerciements.....	2
Liste des participants et adresses emails.....	4
1. Résumé.....	6
1.1. Objectifs Scientifiques.....	7
1.1.1. Objectifs scientifiques des carottages.....	7
1.1.2. Objectifs des prélèvements au filet multinet.....	10
1.1.3. Références.....	11
2. Carottages : opérations et mesures à bord.....	13
2.1. Zone Ouest Kerguelen : CAROTTE MD12-3394.....	13
2.2. Zone Ouest Kerguelen : Station 3.....	16
2.3. Kerguelen - Baie de la Table : CAROTTE MD12-3395 (Station 4).....	17
2.4. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3396Cq (Station 6).....	21
2.5. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3397Cq (Station 7).....	24
2.6. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3398Cq et MD12-3399 (Station 8).....	27
2.7. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3400Cq (Station 9).....	33
2.8. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3401Cq (Station 10).....	36
2.9. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3402 (Station 9bis).....	39
2.10. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3403Cq et MD12-3404 (Station 12).....	43
2.11. Nord-Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3405Cq et MD12-3406 (Station 13).....	49
2.12. Ouest Kerguelen : CAROTTE MD12-3407Cq (Station 14).....	55
3. Filet Multinet : opérations et individus triés à bord.....	58
4. Déroulement de la campagne.....	63
5. Bilan et perspectives.....	68
6. Annexes.....	70
6.1. Multifaisceaux et repérage des sites de carottage.....	70
6.2. Carottages Calypso.....	72
6.3. Carottages Casq.....	73
6.4. Echantillonnage et marquage des carottes Calypso.....	75
6.5. Mesures physiques « MST ».....	77
6.5.1. Analyses du sédiment à bord.....	77
6.6. Mesures « CTD » : Température et Salinité.....	78
6.7. Le « Multinet ».....	79

Remerciements

*Un grand merci tout d'abord à l'IPEV et Hélène Leau qui nous ont permis de réaliser cette seconde campagne INDIENSUD-2, ainsi qu'à tout le personnel du bord du Marion Dufresne pour sa gentillesse, son efficacité et sa disponibilité. A nouveau un grand merci à Bernard Lassiette, notre Commandant, pour sa disponibilité et sa gentillesse, son écoute et les discussions instructives et toujours très agréables. Il nous a toujours tenu parfaitement informés des décisions et des opérations en fonction des conditions de mer. Je tiens à remercier les équipes techniques et en particulier Bernard Ollivier, chef des opérations, dont la parfaite connaissance des différentes opérations mises en œuvre a été un atout majeur pour la réussite de cette campagne. Je le remercie pour cela en tant que chef de mission. Nous le remercions également pour la parfaite organisation des courtes escales à Terre, qui ont été très appréciées par tous lors de cette longue mission. Un très grand merci à Yvan Réaud, notre « carotteur » pour sa passion pour améliorer la technique des carottages, sa disponibilité et sa gentillesse même en période de « bourre ». Bravo à lui pour les belles carottes que nous avons ainsi obtenues ! Mes vifs remerciements vont aussi à Xavier Morin et Alain Jaouen, que je n'ai pas ménagés avec mes questions informatiques, demandes diverses, emails en dehors des heures de transfert notamment lors de la préparation de l'émission de Gérard Feldzer sur France Info « **Circulez il y a le monde à voir** », que nous avons pu écouter à bord du Marion en approche de la Réunion.*

Un grand merci à l'équipe scientifique embarquée des « carotteurs » INDIENSUD pour son professionnalisme, son efficacité et sa bonne humeur. Merci donc aux « Bordelais (Jean-Louis Turon, Marie-Hélène Castéra, Stéphane Bujan), aux « Giffois » (Elisabeth Michel, Nicolas Caillon, Timothé Bolliet, Nicolas Roux). Merci aussi à Hélène Howa de l'Université d'Angers, Jean-Yves Royer et Alexey Sukhovich (opérations OHA-SIS-BIO-3), Claire Lo Monaco, et son équipe (opérations OISO), et Patrick Albéric de l'Université d'Angers. Ca a été un plaisir d'interagir avec eux. Ca a été également un plaisir de retrouver Julie Meilland, intégrée à l'équipe OISO lors cette seconde campagne, et Doris Thuillier, qui a maintenant rejoint l'équipe Paléocéan du LSCE.

Merci à vous, Jean-Louis et Elisabeth de m'avoir fait partager votre expérience pour ce rôle de chef de mission. Cela a été une aide précieuse !!

Et un grand merci à Valérie Hadoux et le personnel logistique « à Terre » de l'IPEV à Brest pour son efficacité et sa disponibilité, aussi bien avant la mission qu'au retour. Merci !!



La traditionnelle photo de groupe



La Marion Dufresne mouillant à la Nouvelle Amsterdam

Liste des participants et adresses emails

Equipe INDIEN SUD			
ALBERIC	Patrick	CNRS Orléans	patrick.alberic@univ-orleans.fr
BOLLIET	Timothé	Université d'Angers	
BUJAN	Stéphane	EPOC, CNRS, Bordeaux I	s.bujan@epoc.u-bordeaux1.fr
CAILLON	Nicolas	LSCE, CNRS, Gif-sur-Yvette	Nicolas.Caillon@lsce.ipsl.fr
CASTERA	Marie-Hélène	EPOC, Univ. Bordeaux I	mh.castera@epoc.u-bordeaux1.fr
HOWA	Hélène	LPGN-BIAF, Univ. Angers	helene.howa@univ-angers.fr
MAZAUD	Alain	LSCE, CEA, Gif-sur-Yvette	alain.mazaud@lsce.ipsl.fr
MICHEL	Elisabeth	LSCE, CEA Gif-sur-Yvette	Elisabeth.Michel@lsce.ipsl.fr
ROUX	Nicolas	LSCE, CNRS, Gif-sur-Yvette	Nicolas.Roux@lsce.ipsl.fr
TURON	Jean-Louis	Université Bordeaux I	jl.turon@epoc.u-bordeaux1.fr

Equipe OISO			
BEAUVERGER	Mickaël	UPMC - Paris 6 - LOCEAN	mickael.beauverger@locean-ipsl.upmc.fr
LE GARNEC	Claude	UPMC - Paris 6 - LOCEAN	Claude.Legarnec@locean-ipsl.upmc.fr
LO MONACO	Claire	UPMC - Paris 6 - LOCEAN	Claire.Lomonaco@locean-ipsl.upmc.fr
MEILLAND	Julie	UPMC - Paris 6 - LOCEAN	
RACAPE	Virginie	UPMC - Paris 6 - LOCEAN	Virginie.Racape@locean-ipsl.upmc.fr
THUILLIER	Doris	UPMC - Paris 6 - LOCEAN	doris.thuillier@upmc.fr

Equipe OHA-SIS-BIO-3			
ROYER	Jean-Yves	IUEM	jroyer@univ-brest.fr
SUKHOVICH	Alexey	IUEM	alexey.sukhovich@univ-brest.fr

Equipe IPEV			
JAOUEN	Alain	IPEV	Alain.Jaouen@ipev.fr
MORIN	Xavier	IPEV	Xavier.Morin@ipev.fr
OLLIVIER	Bernard	IPEV	Bernard.Ollivier@ipev.fr
REAUD	Yvan	IPEV	Yvan.Reaud@ipev.fr
DUVAL	Gilbert	IPEV	

IPEV : Institut Polaire Français Paul-Emile Victor
 Technopôle Brest Iroise
 CS 60 075
 29280 PLOUZANE - FRANCE

IUEM : Institut Universitaire Européen de la Mer
 Domaines Océaniques - UMR 6538
 Technopôle Brest Iroise
 Place Nicolas Copernic
 29280 PLOUZANE - FRANCE

LSCE : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CEA-CNRS-UVSQ)
 Bât. 12, avenue de la Terrasse
 91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX – France

Université d'Angers :
 LPGN-BIAF | UMR CNRS 6112
 40 rue de Rennes
 49035 ANGERS CEDEX 01 - FRANCE

Université de Bordeaux I :

Département de Géologie et d'Océanographie - UMR 5805 - E.P.O.C.
Avenue des Facultés
33405 TALENCE CEDEX - France

Université d'Orléans :

Institut des Sciences de la Terre d'Orléans -ISTO
UMR 7327 - CNRS/Université d'Orléans
1A, rue de la Férollerie
45071 ORLEANS CEDEX 2 - France

UPMC-Paris-6 : Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques
(LOCEAN) - UMR7159

4 place Jussieu
Case 100, Tour 46/00
75252 PARIS CEDEX 05 - FRANCE

I. Résumé

Cette campagne MDI82 INDIEN-SUD-2 a comporté plusieurs volets :

- un programme du Service d'Observation OISO (mesures CTD, des prélèvements d'eau et des mesures en continu du CO₂ dissous) ;
- un programme OHA-SIS-BIO, comportant des récupérations et remises à l'eau de balises acoustiques ;
- un programme de carottages INDIEN-SUD-2 (carottes Calypso et Casq). Des séries de prélèvements avec un filet « multinet » ont été également effectuées.

Le présent rapport retrace les opérations de carottage et les prélèvements au filet « multinet ». Les opérations OISO et OHA-SIS-BIO font l'objet de comptes-rendus séparés.

L'objectif général du programme de carottages INDIEN SUD-2 **MDI89** était d'obtenir des enregistrements à haute résolution de l'évolution climatique et océanique passée dans un large secteur de l'océan Indien Sud parcouru par le courant circum-Antarctique (ACC). Il s'agissait de compléter les carottages de la campagne INDIEN SUD-1 MDI85 qui s'est déroulée en 2011, et qui avait été interrompue par une réquisition du navire pour évacuer un blessé de Kerguelen vers La Réunion.

Le projet INDIEN SUD a pour principal objectif de reconstruire, notamment grâce aux méthodes du magnétisme environnemental qui déterminent la taille et abondance des grains magnétiques érodés transportés par l'ACC, les variations de ce courant en force et en latitude au cours des derniers cycles climatiques, avec un focus sur les 20 000 dernières années et des périodes clés telles que les transitions glaciaires-interglaciaires. Pour évaluer les variations climatiques associées, nous reconstruirons également les variations de la température et de salinité de l'océan sur la zone, à partir d'analyses de la microfaune (abondance des différentes espèces) et d'analyses isotopiques du carbone et de l'oxygène de coquilles de foraminifères).

Les carottages à (grande) section carrée (CASQ) ont pour but d'obtenir des séries sédimentaires complètes et non déformées pour les périodes plus récentes telles que l'Holocène et le dernier cycle climatique.

Les carottages Calypso permettent de couvrir plusieurs cycles climatiques et donc de déterminer l'évolution à plus long terme de l'ACC et des conditions climatiques dans le secteur. Elles permettent aussi d'étudier les liens avec les variations dans d'autres régions du globe, en Antarctique (Forage EPICA) et en Atlantique du Nord notamment. Nos objectifs étaient d'obtenir une carotte CASQ et une carotte Calypso sur chacune des zones que nous avons déterminées.

Nous avons également effectué un carottage côtier dans la baie de la Table à Kerguelen pour le projet KAVIAR (Patrick Albéric et Elisabeth Michel).

Des prélèvements avec un filet à plancton ont été effectués sur certaines stations OISO de la VT OISO-21. Ils répondent aux besoins de 4 programmes scientifiques impliquant 6 laboratoires (Adaptation et Diversité en Milieu Marin, BIAF, CEREGE, LOCEAN, LSCE, PEPS). Il s'agit d'étudier les assemblages des foraminifères au travers des fronts de l'océan austral, d'effectuer des analyses génétiques et morphologiques de différentes espèces cryptiques, et de quantifier la contribution des foraminifères aux flux verticaux de carbone.

Des prélèvements d'eau y ont également été effectués, pour le LSCE, en plus de ceux du programme OISO, pour le carbone-14 et le Bore : la répartition du 14C dans l'océan résulte des échanges océan – atmosphère, du mélange entre les eaux superficielles et plus profondes, et de la circulation océanique globale. Les prélèvements ont été effectués sur trois stations OISO, aux extrémités Nord et Sud de la route, et à la station OISO6. Sur 8 stations OISO, des échantillons d'eau ont également été prélevés pour mesurer la répartition des isotopes du Bore dans cette zone peu documentée.

Nous avons également effectué des prélèvements d'air à 3 latitudes différentes pour des études du rapport He3/He4 de la basse atmosphère.

Enfin, des actions pédagogiques ont été menées depuis le bord pendant cette campagne, vers des écoles élémentaires de Limeil-Brévannes et Villenave d'Ornon en périphérie de Bordeaux par Nicolas Caillon (LSCE) et Stéphane Bujan (Université Bordeaux I).

I.1. Objectifs Scientifiques

I.1.1. Objectifs scientifiques des carottages

L'objectif général des carottages est d'obtenir des enregistrements à haute résolution de l'évolution climatique et océanique passée dans un large secteur de l'océan Indien Sud parcouru par le courant circum-Antarctique (ACC). Ce courant qui connecte tous les océans dans l'hémisphère Sud est en effet le plus puissant de la planète [Rintoul et al., 2001 ; Roquet, 2009]. Maillon important de la circulation thermohaline il redistribue masses d'eaux et chaleur entre les différents océans.

- Il ne rencontre aucune terre le long de son trajet autour de l'Antarctique, et distribue donc efficacement chaleur, sel et gaz carbonique (CO₂) et autres caractères hydrologiques dans les trois grands bassins océaniques de l'hémisphère sud, l'Atlantique, le Pacifique et l'océan Indien.

- Il contrôle la circulation océanique méridionale, non seulement dans l'océan sud, mais aussi à l'échelle globale. Les forces d'inertie associées à la rotation de la Terre (Coriolis) créent un transport d'Ekman dirigé vers le Nord (Fig. 1). Cela provoque au sud de l'ACC une montée en surface d'eaux profondes (upwelling), issues notamment de l'Atlantique nord (NADW). Ces eaux sont alors ventilées au contact de l'atmosphère. Une fraction replonge le long des côtes de l'Antarctique pour former les eaux abyssales antarctiques (AABW). Une autre fraction est transportée vers Nord de l'ACC par les courants d'Ekman où elle plonge pour former les eaux antarctiques intermédiaires (AAIW) (Fig. 1).

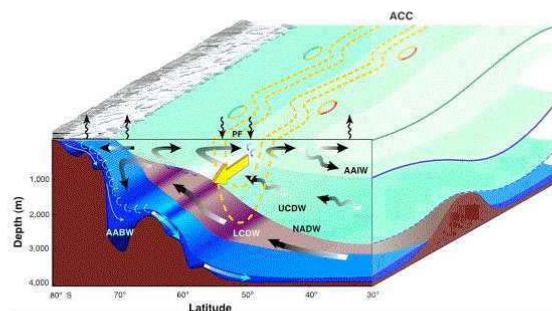


Figure 1 : Vue schématique de la circulation dans l'Océan Austral. ACC : courant circum Antarctique ; AAIW : eau intermédiaire Antarctique ; UCDW : eau profonde circumpolaire supérieure ; NADW : eau profonde de l'Atlantique Nord ; LCDW : eau profonde circumpolaire inférieure ; AABW : eau Antarctique de fond (figure adaptée de Sallée, 2007, d'après Rintoul et al., 2001, et Speer et al., 2000).

Des études récentes (Marshall et Speer, 2012) soulignent le rôle majeur de ce mécanisme dans la circulation océanique globale, puisqu'il boucle la circulation méridionale globale en compensant en première approximation le plongement de l'eau profonde en Atlantique Nord. L'ACC et les fronts qui lui sont associés contrôlent aussi la rétroflexion du courant des Aiguilles vers l'Atlantique, constituant une sorte de porte au sud de l'Afrique pour le passage vers l'Atlantique des eaux chaudes provenant des basses latitudes indiennes. Cette rétroaction affecte la circulation globale et influence notamment la mousson Indienne dans

l'hémisphère Nord (Ziegler et al., 2010; Caley et al., 2011 et 2012). Ces études ont conduit à une vision révisée de la circulation thermohaline globale, dans laquelle l'océan sud et l'ACC jouent un rôle renforcé (Marshall et Speer, 2012).

Ses variations jouent donc un rôle majeur dans les changements du climat global. C'est aussi un acteur clé du cycle du gaz carbonique. En effet, à l'heure actuelle, l'Océan Austral est actuellement un des principaux puits océaniques pour le CO₂ d'origine anthropique.

A la déglaciation, l'océan austral a été une source de CO₂ de toute première importance (Sigman et Boyle, 2000 ; Spero et Lea, 2002 ; Toggweiler et al., 2006, Anderson et al. 2009, Lourantou et al., 2010, Skinner et al., 2010). La dynamique du dégazage du CO₂ vers l'atmosphère lors de la dernière déglaciation était corrélée aux changements de la circulation méridionale en Atlantique (McManus et al., 2004) et au contraste de température entre les deux hémisphères (Shakun et al., 2012).

L'océan Austral et l'ACC ont donc fortement varié dans le passé. Ils sont susceptibles de varier dans le futur, notamment en réponse au forçage anthropique. La connaissance détaillée des variations passées et des liens avec les variations climatiques des autres régions du globe est donc de toute première importance pour mieux comprendre les mécanismes du système climatique global, et pour améliorer les modèles numériques qui s'efforcent d'anticiper les changements climatiques futurs.

Malgré une importance largement reconnue, la dynamique passée de l'Océan Sud, et en particulier celle de l'ACC, restent encore mal documentées. En effet, il n'existe pas d'enregistrements à haute résolution et continus des variations du courant ACC intervenues depuis la dernière époque glaciaire, et en particulier pendant la dernière déglaciation, tant en intensité qu'en position, ni des changements des conditions climatiques et hydrologiques qui leur sont associées. Pourtant, il est clair que les variations en intensité et/ou position de l'ACC ont joué un rôle important lors des changements climatiques rapides de la déglaciation et du début de l'Holocène. La sensibilité des liens entre circulation de l'océan Austral et changements climatiques est d'ailleurs attestée par l'identification de variations rapides de l'ACC synchrones des événements climatiques abrupts de Heinrich dans l'hémisphère Nord (Mazaud et al. 2007), et aussi par les variations à plus long terme observées lors des grands cycles glaciaires-interglaciaires (Mazaud et al., 2010).

Il s'agit donc de mieux comprendre son rôle dans les mécanismes du climat. Pour cela, il faut reconstruire ses variations passées, en particulier lors de périodes clés telles que les transitions glaciaires-interglaciaires, C'est le but de ce projet qui propose de reconstruire les variations du courant ACC, en force et en latitude au cours des derniers cycles climatiques, avec un focus sur les 20 000 dernières années, ce qui couvre la dernière déglaciation. Pour évaluer les variations climatiques associées, nous proposons également de reconstruire les variations de la température et de salinité de l'océan sur la zone d'étude, à partir d'analyses isotopiques du carbone et de l'oxygène et de la microfaune. L'évaluation du rôle de ce courant et des changements hydrologiques associés dans les changements climatiques globaux nécessite de placer l'évolution de ce secteur de l'océan Sud dans un contexte plus global. Pour cela, les relations avec les variations climatiques en Antarctique, révélées par les carottages glaciologiques (EPICA-Dôme-C) seront examinées en détail. Une attention particulière sera également accordée aux relations climatiques inter-hémisphériques, en particulier entre les deux courants majeurs que sont l'ACC dans le Sud et l'eau profonde Nord Atlantique (NADW) dans le Nord.

Ce projet s'inscrit dans la continuité d'études entreprises sur le secteur il y a quelques années déjà, grâce à des carottages du Marion Dufresne. Ainsi, Bareille et al. [1994] puis Dezileau et al. [2000] ont effectué une première comparaison entre la dernière époque glaciaire et l'Holocène, montrant que globalement le courant ACC avait été plus fort à la fin de la dernière époque glaciaire que pendant l'Holocène.

Plus récemment, la carotte MD00-2375G, également prélevée par le Marion Dufresne lors de la campagne ANTAUS en 2000, a permis d'accéder à une période de temps beaucoup plus large. Remontant jusqu'à plus de 500 000 ans, elle a révélé une importante variabilité de l'ACC au cours des derniers cycles climatiques, avec un courant ACC plus fort à ce site pendant les glaciaires que les interglaciaires [Mazaud et al., 2010]. Sur un site très proche, une étude à très haute résolution à partir de la carotte MD94-103 prélevée en 1994 lors de la campagne PACIMA a montré une variabilité de ACC aux échelles de quelques centaines

d'années pendant les événements froids dits de Heinrich H4 et H5 des hautes latitudes Nord [Mazaud et al., 2007].

Ces dernières études à haute résolution ont cependant été obtenues dans une zone géographique très restreinte. De ce fait des conclusions globales restent impossibles à tirer, et de nombreuses questions restent donc posées.

Ainsi, il reste à déterminer si les variations de l'ACC observées à partir des carottes MD94-103 et MD00-2375G sont locales ou globales. Traduisent-elles des changements de position en latitude de l'ACC, associés aux migrations passées des fronts polaires et sub-antarctiques présents dans la zone, ou bien caractérisent-elles réellement des variations majeures de l'intensité globale de l'ACC, ou bien les deux à la fois ? Quel rôle joue l'ACC dans la bascule inter-hémisphérique (« see-saw ») observée aux courtes échelles de temps pour les conditions de surface (température) lors de la dernière déglaciation et pendant la dernière époque glaciaire. Une telle bascule a-t-elle existé à d'autres époques et d'une manière plus générale, quels sont les liens entre variations de la NADW et de l'ACC ? Qu'en est-il aussi de la connexion précise avec les variations climatiques enregistrées dans les glaces en Antarctique [EPICA community Members, 2004 et 2006] ? Le secteur de l'Océan Indien sud à l'Est des Kerguelen est en effet une des sources d'évaporation de l'eau déposée à Dôme C en Antarctique [Delaygue et al., 2000].

Les carottages du projet INDIEN-SUD apporteront donc des éléments de réponse décisifs à ces questions, en élargissant dans le temps et dans l'espace les investigations à haute résolution évoquées précédemment. Nous savons en effet par les études antérieures que le secteur choisi au voisinage et à l'Est de Crozet-Kerguelen est propice aux analyses requises par nos objectifs scientifiques. Les sédiments y présentent des caractéristiques favorables, avec des zones de dépôt régulier, des taux de sédimentation élevés, et des microfossiles abondants. Elles ont aussi démontré que ces sédiments se prêtaient bien aux analyses magnétiques [Mazaud et al., 2007 et 2010]. L'ACC érode le plateau volcanique de Crozet-Kerguelen et dépose plus à l'Est du matériel détritique riche en grains magnétiques issus de ces basaltes. Les méthodes du magnétisme environnemental permettent de reconstruire les variations passées de l'intensité des courants marins (ici l'ACC) à partir des variations de la taille et de l'abondance des grains magnétiques érodés et transportés aux différents sites. Les mesures paléomagnétiques effectuées sur les carottes marines permettent aussi de reconstruire les variations passées du champ magnétique terrestre. Cela permet de mieux comprendre l'évolution des mouvements du fluide conducteur qui dans le noyau liquide créent et gouvernent le champ magnétique terrestre, en particulier lors des inversions de polarité et des excursions du champ. Les enregistrements paléomagnétiques offrent également un cadre temporel, qui, combiné aux autres analyses, permet de construire des chronologies précises pour les sédiments étudiés.

La répartition géographique des carottes obtenues au cours de cette campagne permettra d'étudier les déplacements des différents fronts existants à ces latitudes à la faveur de bascules climatiques de grande et moyenne ampleur, ainsi que les variations de l'intensité de l'érosion et du transport de matériel par le principal courant marin influençant la zone, le courant ACC.

Les données qui seront obtenues alimenteront les modèles climatiques. Ces carottes permettront de comparer différents interglaciaires. Rappelons que ces interglaciaires présentent des teneurs atmosphériques en CO₂ comparables à celle de l'époque pré-industrielle, et qu'ils représentent donc des époques clés pour la compréhension de la dynamique du climat actuel et son évolution future. Le stade isotopique 5 il y a environ 125 000 ans est particulièrement intéressant car il était de 2 à 3 degrés plus chaud que la période chaude actuelle, l'Holocène. C'est une situation vers laquelle nous allons à cause des activités humaines. Bien que les causes ne soient pas les mêmes, elles étaient naturelles il y a 125 000 ans, la connaissance de cet état climatique est particulièrement intéressante pour les modélisateurs qui s'efforcent de prédire l'évolution du climat au cours des prochaines décennies et siècles. Le stade 11, daté vers 400 000 ans, est également fort intéressant car il se pourrait que ce stade chaud ait été caractérisé par un quasi-arrêt de l'ACC [Mazaud et al., 2010].

Le carottier à grande section carrée (Casq) permet d'obtenir du sédiment haute qualité pour les périodes plus récentes telles que l'Holocène et le dernier cycle climatique. Les carottages Casq mis en service il y a quelques années permettent en effet d'obtenir une grande quantité de sédiments non déformés, ce qui est crucial pour les études et à très haute résolution de la variabilité magnétique des

périodes récente en particulier pendant l'Holocène et la dernière déglaciation. Les signaux magnétiques, géochimiques, et micropaléontologiques seront comparés à ceux de l'hémisphère Nord. En effet, les enregistrements récents obtenus pour l'Holocène dans l'Atlantique Nord [Rousse, 2006; Kissel et al., 2009], montrent une variabilité de la formation de l'eau profonde Nord-Atlantique (NADW) pendant l'Holocène, avec une tendance décroissante. Les carottes à section carrée permettent donc d'étudier les variations de l'ACC aux mêmes époques. Le calage stratigraphique, indispensable à l'évaluation des déphasages avec l'hémisphère Nord, sera basé sur les approches classiques (14-C, isotopes) et sur les signaux d'intensité magnétique. Les carottages à grande section carrée sont une nouveauté dans cette région.

Les carottes Calypso permettront de couvrir les derniers cycles climatiques et de déterminer l'évolution à plus long terme des courants et des conditions climatiques dans le secteur, et leur liens avec les variations dans d'autres régions du globe, en Antarctique et en Atlantique du Nord notamment.

1.1.2. Objectifs des prélèvements au filet multinet

Les foraminifères au travers des fronts de l'océan Austral, études morphologiques, génétiques, et propriétés de leurs tests calcaires (proxies paléo-océanographiques et évolution future du cycle du carbone océanique

Après les premières opérations multinet effectuées lors de la campagne INDIENSUD I, le programme a été poursuivi cette année pour compléter les programmes commencés, et une nouvelle problématique complémentaire est venue s'ajouter aux programmes précédents. Un échantillonnage au multinet a donc été effectué au travers des fronts de l'océan austral sur le transect de l'observatoire OISO pour 11 des stations de ce programme. Ces prélèvements répondent donc aux besoins de 4 programmes scientifiques rassemblant les équipes de 6 laboratoires (Adaptation et Diversité en Milieu Marin, BIAF, CEREGE, LOCEAN, LSCE, PEPS).

Après un rappel succinct des programmes qui reposent sur ces prélèvements, un bilan des prélèvements est présenté.

Les foraminifères planctoniques, de par la constitution de leur test calcaire contribuent de façon importante au flux de carbonates océaniques. D'autre part ces tests sont couramment utilisés pour reconstituer les variations océaniques passées, soit à partir de l'assemblage des tests de différentes espèces, soit à partir de la composition géochimique de ces tests.

4 chantiers seront réalisés à partir des échantillons prélevés lors de la campagne 2012 :

- poids des tests et assemblages au travers des fronts de l'océan austral : les processus de biocalcification sont encore mal connus et seules quelques expériences en laboratoire se sont attachées à comprendre les changements de calcification des foraminifères en fonction de la chimie des carbonates de l'eau dans laquelle ils se développent (Lombard et al. 2010 pour une review). L'océan austral a l'avantage de présenter des variations non négligeable de la chimie des carbonates des eaux de surface au travers des fronts hydrologiques. Pour les principales espèces de foraminifères planctoniques présentes, le poids des coquilles sera mesuré dans des gammes de tailles étroites afin d'évaluer d'éventuelles modifications de ces poids en fonction de la chimie des carbonates. Les assemblages seront également comptés pour les individus de plus de 150µ (collaboration BIAF, CEREGE, LOCEAN, LSCE).

Ces analyses seront comparées dans un projet futur avec les assemblages et poids des coquilles des carottes sédimentaires (CASQ particulièrement) prélevées lors de la campagne Indien Sud et de campagnes précédentes (collaboration LOCEAN, LSCE, EPOC, BIAF).

- Analyse génétique et morphologique de différentes espèces cryptiques :

Les pêches de foraminifères effectuées au filet à plancton lors de la campagne OISO 2000 ont permis (i) de montrer que les espèces cryptiques (génétiques) d'une même morpho-espèce de foraminifères planctoniques peuvent être reconnues sur la base de différences morphologiques ténues, mais statistiquement significatives, de leur morphologie, et (ii) que les fronts océaniques sont une limite pour certaines espèces cryptiques : 2 types de *G. inflata* sont présents de part et d'autre du front subpolaire, et 2 types de *T. truncatulinoides* et d'*O. universa* sont présents de part et d'autre du front subtropical (Morard et al., 2009, 2010, Quillévéré et al., soumis).

La thèse d'Aurore André PEPS) concerne notamment l'étude du groupe *Neogloboquadrina (incompta et pachyderma)* au travers des fronts de l'océan Austral. Pour les études génétiques il est important d'avoir une bonne conservation du cytoplasme des différents individus sélectionnés. Malheureusement un faible pourcentage de réussite des analyses génétiques a été obtenu pour les échantillons prélevés et conditionnés pendant la campagne MD185. Il s'agissait donc de récolter pendant la campagne 2012 un nombre suffisant d'individus et de tester une nouvelle méthode de conservation de ces individus. Le but étant d'obtenir le matériel nécessaire pour la thèse d'Aurore André.

- Compréhension approfondie des « traceurs » utilisés en paléocéanographie :

Les compositions isotopiques de l'oxygène et du carbone des tests de foraminifères sont couramment utilisées en paléocéanographie pour reconstituer les conditions hydrologiques et du cycle océanique du carbone passées. Cependant en sus des fractionnement géochimiques lié à la température, d'autres fractionnements peuvent modifier l'enregistrement environnemental lors de la calcification. Bijma et al. ont ainsi montré en culture une relation entre la composition isotopique des tests et les concentrations en CO₃²⁻. Les échantillons de pêches prélevés au travers des fronts de l'austral permettra de vérifier cette relation in situ pour différentes espèces et compléter un premier travail réalisé lors de la campagne OISO 10 (Gontharet, 2003). collaboration LOCEAN, LSCE).

- Contribution des foraminifères aux flux verticaux organiques et inorganiques de carbones :

Pour évaluer la contribution des foraminifères aux flux particulières de carbone, il faut évaluer pour les différentes espèces, et en fonction de la taille des individus, le poids de leur matière organique ainsi que le poids des tests calcaires. Ces relations seront donc établies pour les différentes espèces qui ont pu être prélevées vivantes dans les échantillons du multinet. Cette calibration des poids pour les différentes espèces et tailles de foraminifères actuels est réalisée dans le cadre de la thèse de Julie Meilland (BIAF) et cette calibration sera également appliquée dans le cadre de cette thèse pour évaluer les changements de ces flux au cours des transition glaciaires et interglaciaires.

La contribution des foraminifères aux flux de carbone particulières sera ensuite obtenue en croisant ces relations avec les assemblages de foraminifères aux différentes profondeurs échantillonnées. (BIAF, CEREGE, LSCE).

1.1.3. Références

- Adkins, J.F., K. McIntyre et D.P Schrag, *The salinity, temperature and delta O-18 of the glacial deep ocean*. *Science*, 298, 1769-1773 (2002).
- Anderson, R.F., Ali, S., Bradtmiller, L.I., Nielsen, S.H.H., Fleisher, M.Q., Anderson, B.E., Burckle, L.H., *Science* (2009).
- Bareille, G., F. Grousset, M. Labracherie, L. Labeyrie, J.R. Petit, *Origin of detrital fluxes in the southeast Indian Ocean during the last climatic cycles*, *Paleoceanography* 9 799-819 (1994).
- Caley, T., Giraudeau, J., Malaizé, B., Rossignol, L., and Pierre, C., *PNAS*, doi/10.1073/pnas.1115545109 (2012).
- Caley, T., et al., *Clim. Past*, 7, 1285–1296 (2011).
- Delaygue, G., V. Masson, J. Jouzel, R.D. Kpster, R.J. Healy, *The origin of Antarctic precipitations*, *Tellus* 52b 19-36, (2000).
- Delizeau, L. G. Bareille, J.L. Reyss, F. Lemoine, *Evidence for strong sediment redistribution by bottom currents along the southeast Indian ridge*, *Deep-Sea Research I* 1899-1936 (2000).
- EPICA community Members, *Eight glacial cycles from an Antarctic ice core*, *Nature* 429, 623 - 628 (2004).
- EPICA community Members, *One-to-one coupling of glacial climate variability in Greenland and Antarctica*, *Nature*, 444, 195-198 (2006).

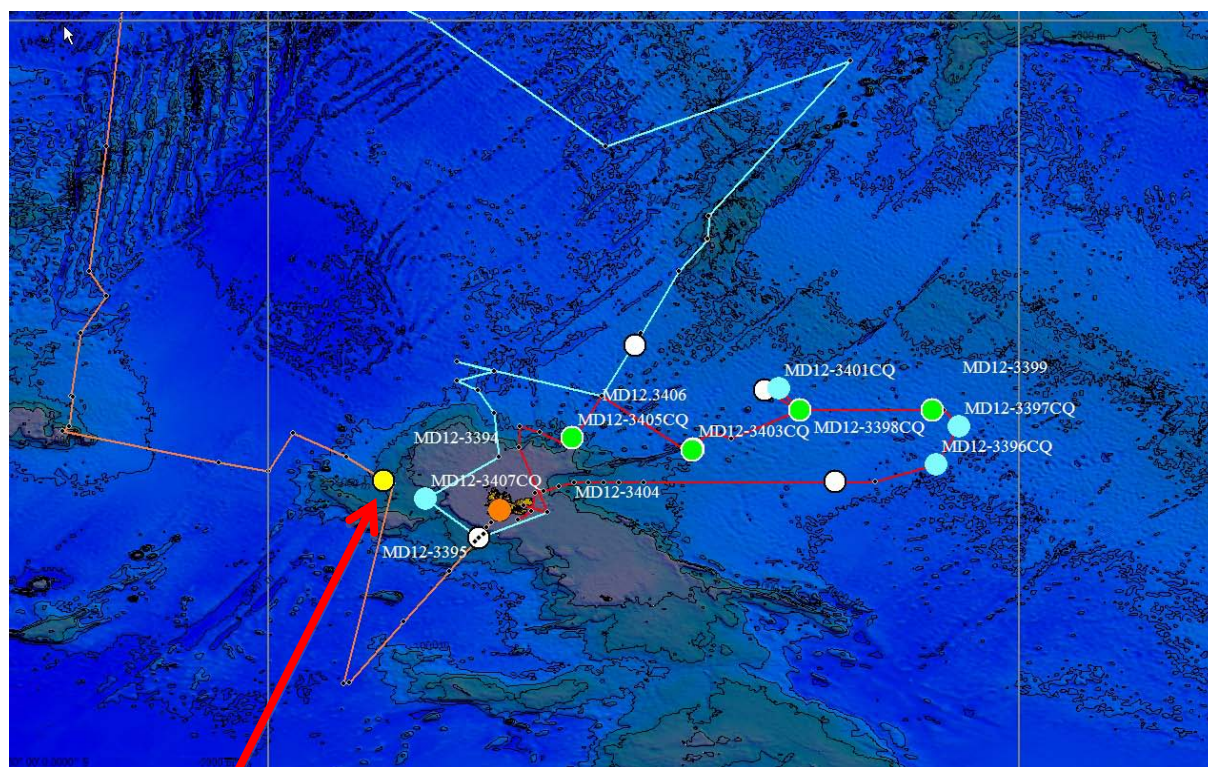
- Gontharet S., 2003, Comparaison de la composition isotopique du carbone et de l'oxygène des tests carbonatés de foraminifères, *Neogloboquadrina pachyderma* et *Globigerina bulloides*, issus de filets à plancton et de carottes sédimentaires, stage de DEA LODYC (C. Pierre) et LSCE (E. Michel).
- Lombard F., R. E. da Rocha, J. Bijma, and J.-P. Gattuso, 2010, Effect of carbonate ion concentration and irradiance on calcification in planktonic foraminifera *Biogeosciences*, 7, 247-255.
- Lourantou A., J. V. Lavrič, P. Köhler, J.M. Barnola, D. Paillard, E. Michel, D Raynaud and J. Chappellaz,, *Glob. Biogeochem Cyc.*, Vol. 24 doi:10.1029/2009GB003545 (2010).
- Kissel C., Laj C., Mülner T., Wandres C., Cremer M., The magnetic fraction: a tracer of deep water circulation in the North Atlantic, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 288, 444-454, doi:10.1016/j.epsl.2009.10.005. (2009).
- Marshall, J. and Speer, K. (2012), *Nature Geoscience* 5, doi:10.1038/ngeo1391 (2012) .
- Mazaud, A., C. Laj, C. Kissel, M.A. Sicre, E. Michel, J.L Turon, Variations of the ACC during MIS3 traced by magnetic grain deposition in mid-latitude South Indian Ocean cores: connections with the northern hemisphere and with central Antarctica, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 8, Q05012, doi:10.1029/2006GC001532 (2007).
- Mazaud, A., E. Michel, F. Dewilde, J.L. Turon, Variations of the Antarctic Circumpolar Current intensity during the past 500 thousands of years: a see-saw with the deep circulation in the North Atlantic?, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 11, Q08007, doi:10.1029/2010GC003033 (2010).
- McManus, J.F., Francois, R., Gherardi, J.M., Keigwin, L.D. & Brown-Leger, S., *Nature* 428, 834-837,| doi:10.1038/nature02494 (2004).
- Morard, R., Quillévéré, F., Escarguel, G., Ujiie, Y., de Garidel-Thoron, T., Norris, R.D., de Vargas, C., 2009. Morphological recognition of cryptic species in the planktonic foraminifer *Orbulina universa*. *Marine Micropaleontology* 71, 148-165.
- Morard, R., 2010. Pour une meilleure caractérisation du registre fossile pélagique : diversité morphologique, biogéographie et écologie des espèces cryptiques de foraminifères planctoniques. Thèse Université Lyon 1.
- Quillévéré, F., Morard, R., Escarguel, G., Douady, C.J., Ujiie, Y., de Garidel-Thoron, T., de Vargas, C., soumis. *Truncorotalia truncatulinoides* and the value of global scale single-cell morphogenetic analyses in planktonic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- Rintoul, S.R., C.W., Hughes and D. Olbers, *The Antarctic Circumpolar Current system*, in *Ocean circulation and climate*, edited by G. Siedler, J. Church, and J. Gould, Academic Press. (2001).
- Roquet, F. "La circulation océanique autour du plateau de Kerguelen : de l'observation à la modélisation " Thèse de doctorat, Université Paris VI, 212p., (2009).
- Rousse, S. et al., Holocene centennial to millennial-scale climatic variability: Evidence from high-resolution magnetic analyses of the last 10 cal kyr off North Iceland (core MD99-2275), *Earth and Planetary Science Letters*, 242, Pages 390-405, (2006).
- Sallée, J.B., Matear, R.J., Rintoul, S.R. & Lenton, A., *Nature Geoscience*, 5, 579-584, doi:10.1038/ngeo1523 (2012).
- Shakun, J.D, Clark, P.U., He, F., Marcott, S.A., Mix, A.C., Liu, Z., Otto-Bliesner, B., Schmittner, A. & Bard, E., *Nature* 484, 49-54, doi:10.1038/nature10915 (2012).
- Skinner, L.C., S. Fallon, C. Waelbroeck, E. Michel, S. Barker, *Science*, 328 (2010).
- Speer, K., Rintoul, S.R., Sloyan, B., *J. Phys. Oceanogr.*, 30, 3212-3222 (2000).
- Spero, H. J. and Lea, D. W., *Science* 296, 522-525 (2002).
- Toggweiler, J.R., Russell, J.L., Carson, S.R., *Paleoceanography* 21, doi:10.1029/2005PA001154 PA2005, (2006).
- Toggweiler, J.R., *Shifting Westerlies*, *Science*, 323, 1434-1435, (2009).
- Waelbroeck, C. et al, *Nature Geoscience* 2, 127-132, (2009).
- Ziegler, M., Lourens, L.J, Tuenter, E., Hilgen, F., Reichert, G.J., Weber, N., *Paleoceanography*, 25, 3213-3229, (2010).

2. Carottages : opérations et mesures à bord

Tableau des carottages effectués au cours de la campagne MDI89-IndienSud2

Site	Longueur	Profondeur	Latitude		Longitude	
			deg	min	deg	min
MDI2-3394	39,07 m	2310 m	-48	22.54	64	35.17
MDI2-3395	40,16 m	Baie de la Table	-49	34.21	69	13.88
MDI2-3396cq	8,59 m	3630 m	-47	43.88	86	41.71
MDI2-3397cq	3,46 m	3466 m	-46	13.56	87	35.89
MDI2-3398cq	5,99 m	3560 m	-45	34.77	86	31.87
MDI2-3399	37,79 m	3560 m	-45	34.79	86	31.83
MDI2-3400cq	8 m	3360 m	-45	34.45	81	14.38
MDI2-3401cq	8,21 m	3445 m	-44	40.73	80	23.58
MDI2-3402	33,90 m	3353 m	-45	34.48	81	14.35
MDI2-3403cq	7,80 m	3192 m	-47	8.8	76	58.28
MDI2-3404	36,12 m	3232 m	-47	9.28	76	56.61
MDI2-3405cq	7,82 m	2606 m	-46	40.55	72	8.92
MDI2-3406	34,16 m	2606 m	-46	40.55	72	8.93
MDI2-3407cq	7,32 m	1512 m	-49	6.13	66	17.01

2.1. Zone Ouest Kerguelen : CAROTTE MDI2-3394



La première zone carottée est située à l'Ouest de Kerguelen. Cette zone avait été reconnue au cours de la campagne IndienSud-I, nous avons eu une avarie du carottier (rupture de l'élingue lors de la mise à bord de la carotte que nous avons effectuée). Tout s'est bien passé cette fois-ci.

CAROTTE MDI2-3394 (Calypso) : 39,07 m

Latitude : 48°22.54 Sud - Longitude : 64°35.17 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:

INDIEN-SUD-2

Date: 05/02/2012

N° de station: 1

Météo (force/direction):
Vent: 15 knts
Mer: Légère houle
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):

MDI2-3394

LONGUEUR:

39,07 m

POSITION:
Latitude: 48°22,54 Sud
Longitude: 64°35,17 Est

CAROTTIER : Calypso
Poids total (air): 6,1
Poids total (eau):
Surface:
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 42,5 m
Chute libre: 2,6 m
Boucle: 9,5 m
LC poids: 48,05 m

CONTREPOIDS:
Type (2): cylindre 100 kg
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 2310 m
Ligne filée: 2258 m
Arrachement/total: 13,3 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: 15 :15
Début de manœuvre: 06:07
Déclenchement: 18 :20
Fin manœuvre: 20 :00
Durée de manœuvre:
Départ station: 20 :15

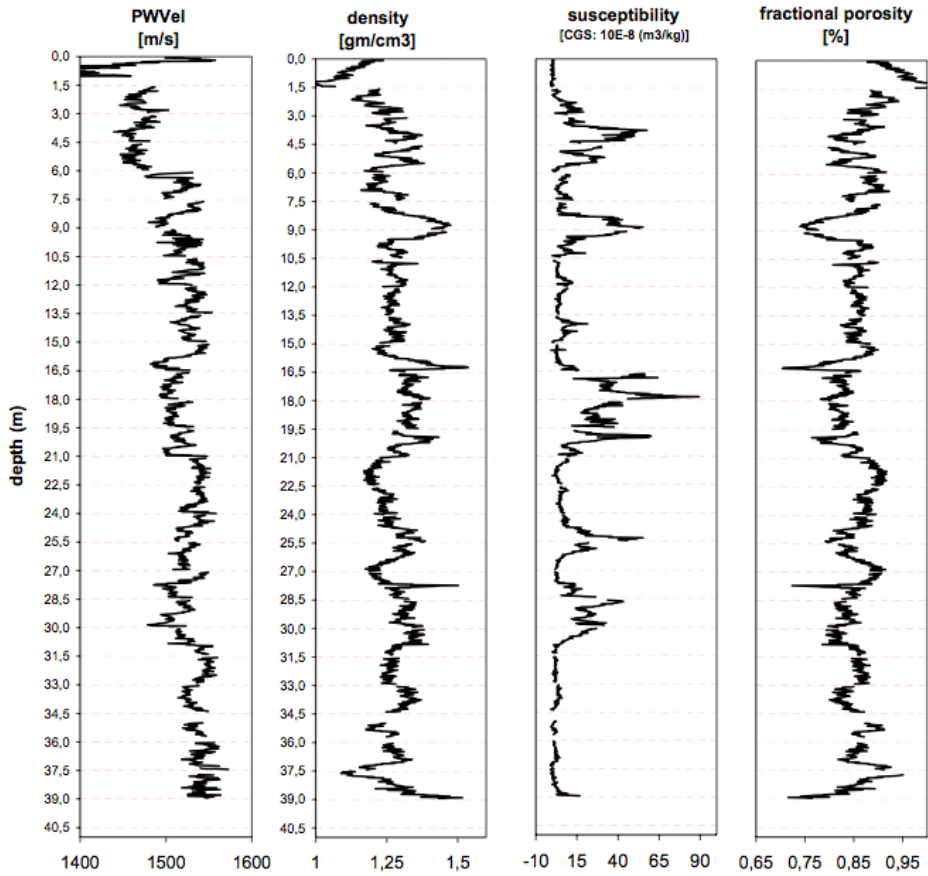
OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

Description / Incidents :

INDIEN SUD 2012

Multi-sensor Core Logger

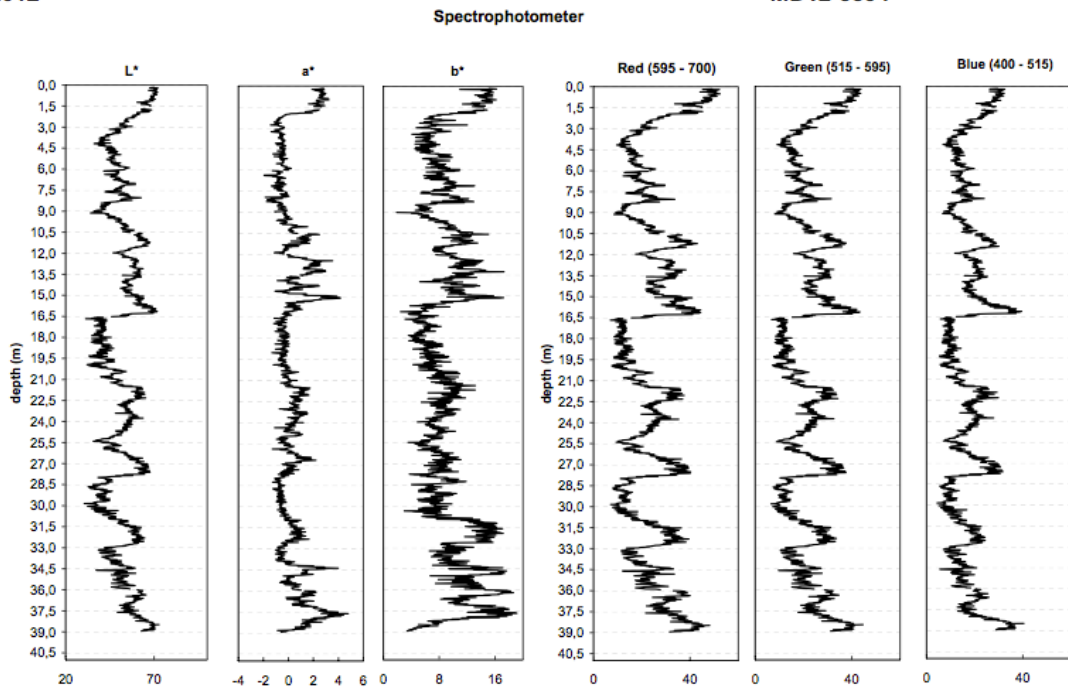
Station MD12-3394



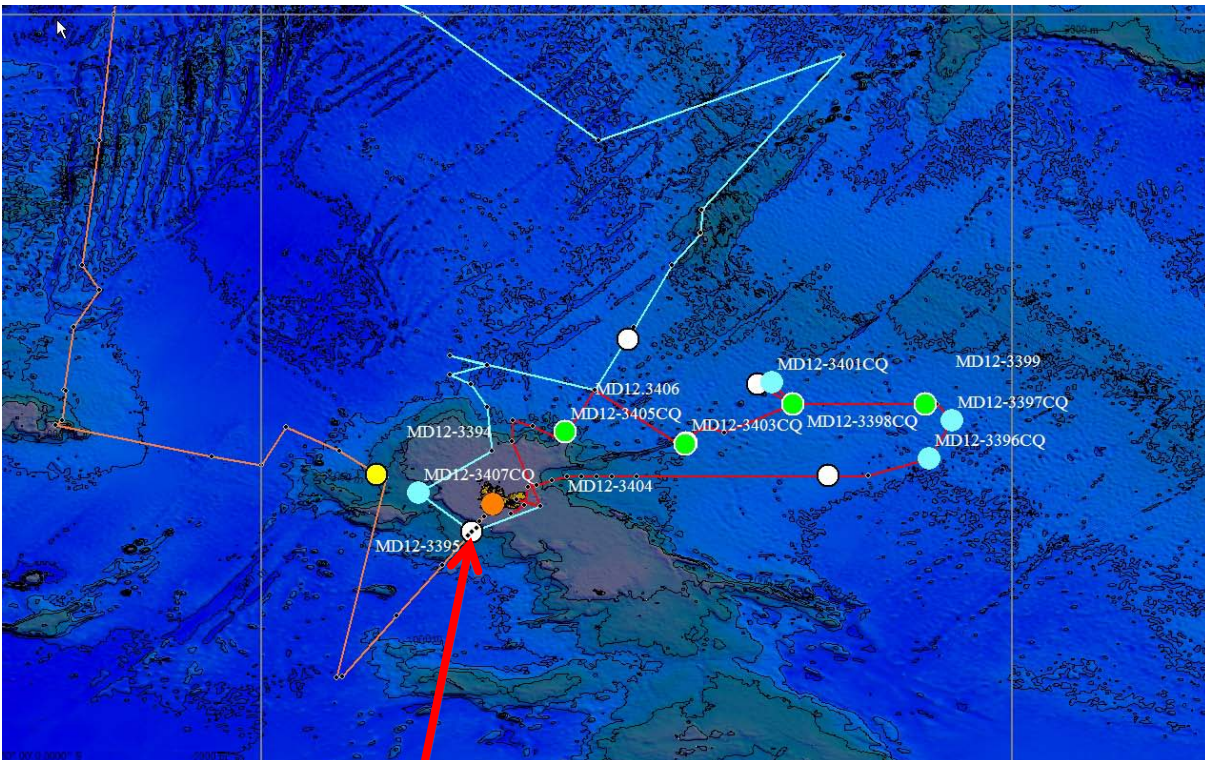
INDIEN SUD 2012

COLOUR REFLECTANCE

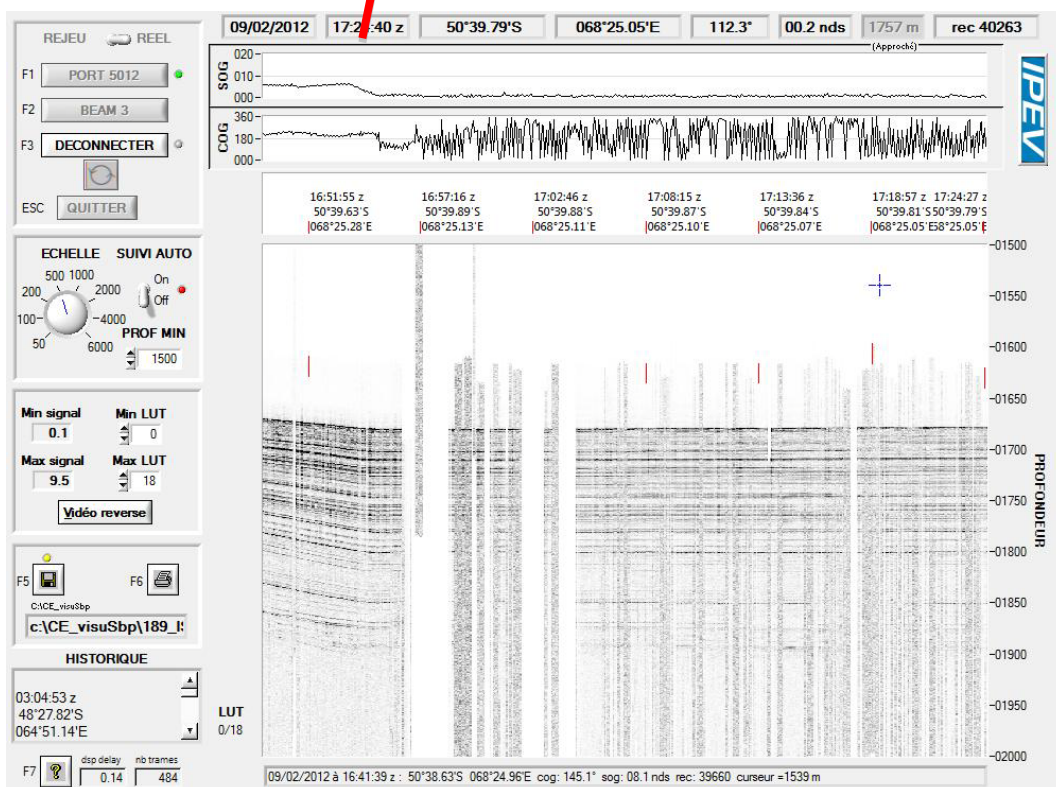
Station MD12-3394



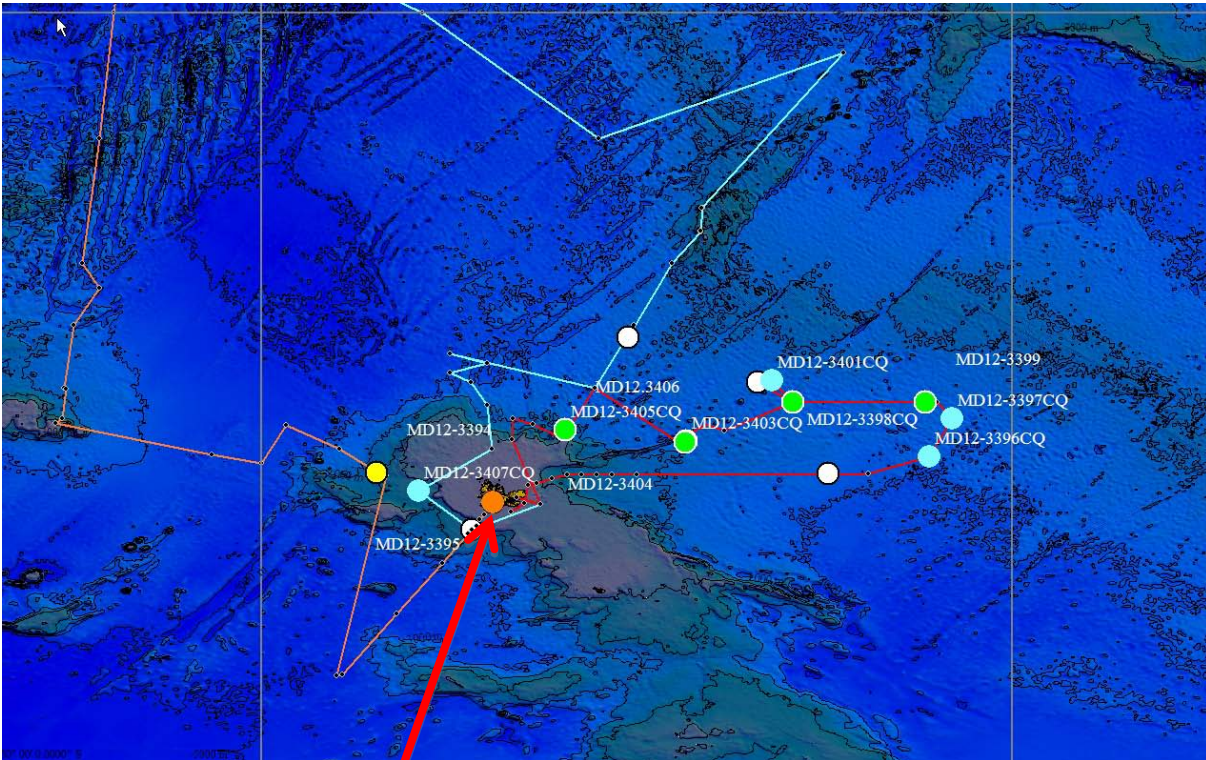
2.2. Zone Ouest Kerguelen : Station 3



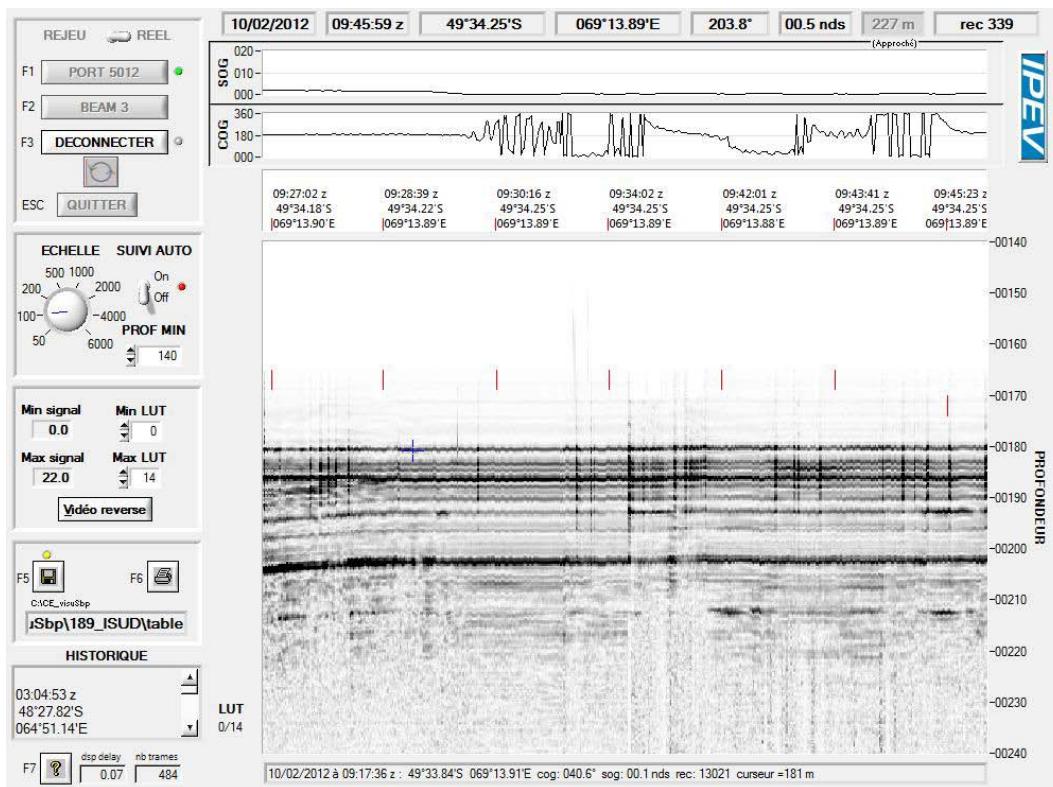
Nous avons tenté une carotte de 55 m à KerFix. En 2011, nous avons obtenu une carotte Casq et une Calypso de 45m. Une carotte de 55m aurait permis d'obtenir le stade isotopique II, période chaude il y a environ 450 000 ans caractérisée semble t-il par une réduction très forte de l'intensité du courant circum-Antarctique. Ce carottage a été un échec (problème lors de l'arrachement, rupture du câble à la tension de 19 tonnes, sans avoir eu le temps d'utiliser la mâchoire de largage qui avait été installée pour cette éventualité. Le carottier a été perdu.



2.3. Kerguelen - Baie de la Table : CAROTTE MD12-3395 (Station 4)



Nous avons effectué un carottage Calypso dans la Baie de la Table à Kerguelen, à une faible profondeur d'eau (186 m)



CAROTTE MDI2-3395 (Calypso) : 40,16 m

Latitude : 49°34.21 Sud - Longitude : 69°13.88 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:
INDIEN-SUD-2

Date:	10/02/2012
N° de station:	4

Météo (force/direction):	
Vent:	faible
Mer:	Pas de houle
Variation tension:	

CAROTTE (Nr.):
MDI2-3395

LONGUEUR:
40,16 m

POSITION:	
Latitude:	49°34,21 Sud
Longitude:	69°13,88 Est

CAROTTIER :	Calypso
Poids total (air):	6,1
Poids total (eau):	
Surface:	
Bottom:	

REGLAGES:	
Tubes (longueur):	40,15 m
Chute libre:	1,5 m
Boucle:	2 m
LC poids:	44,6 m

CONTREPOIDS:	
Type (2):	cylindre 100 kg
Longueur PVC:	
Pénétration:	
Longueur carotte + ogive (+0,15m):	

PARAMETRES:	
Sonde corrigée:	186 m
Ligne filée:	153 m
Arrachement/total:	1,6 t

HEURES (GMT):	
Arrivée en station:	9 :30
Début de manœuvre:	11 :00
Déclenchement:	11 :28
Fin manœuvre:	
Durée de manœuvre:	
Départ station:	13 :00

OPERATION ANNEXES:	
CTD (Hydro):	
CTD (Bouteilles):	
Filet à Plancton:	

Description / Incidents : Trois essais ont été nécessaires pour obtenir cette carotte

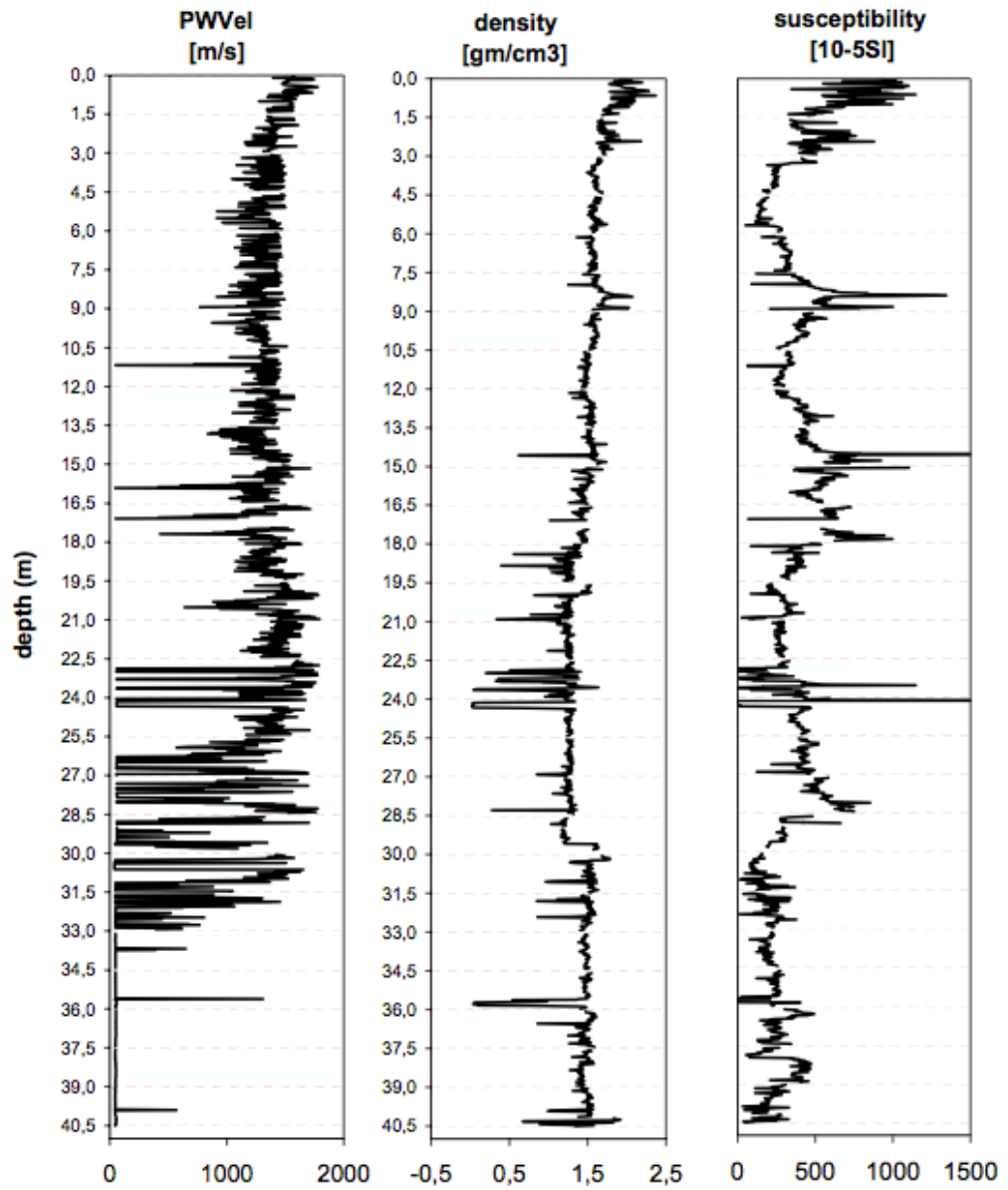
Premier essai, pas de déclenchement

Second essai, bras de déclenchement bloqué par une vis de l'accéléromètre !

Troisième essai... ça marche...

**INDIEN SUD 2
2012**

Multi-sensor Core Logger

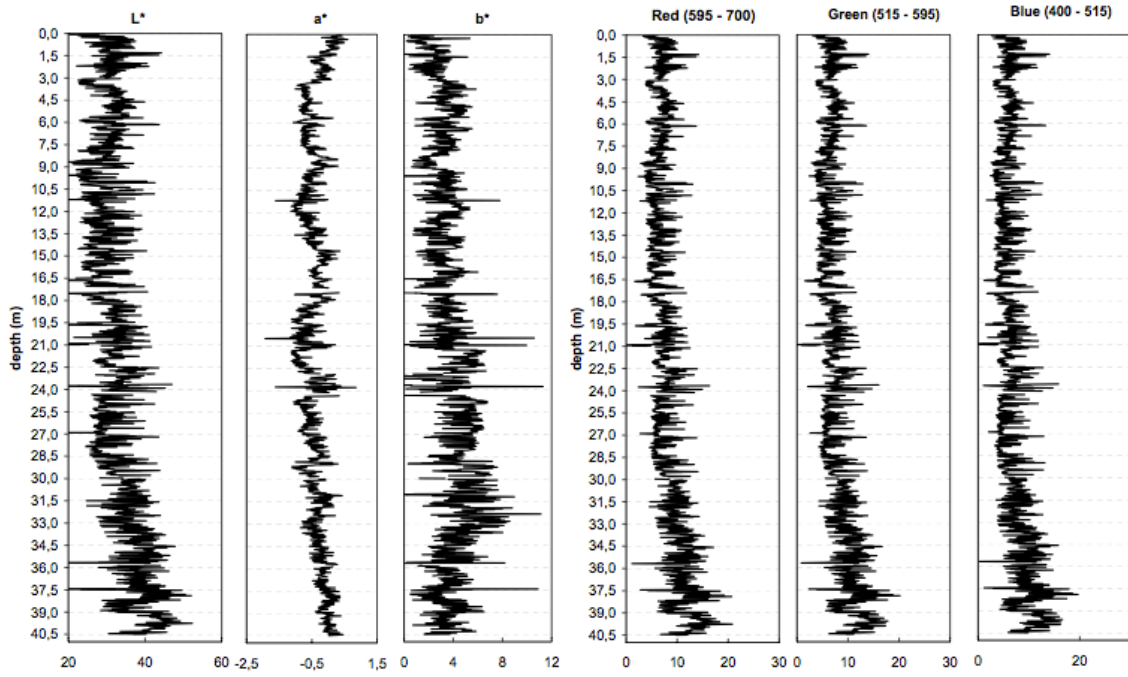


INDIEN SUD 2
2012

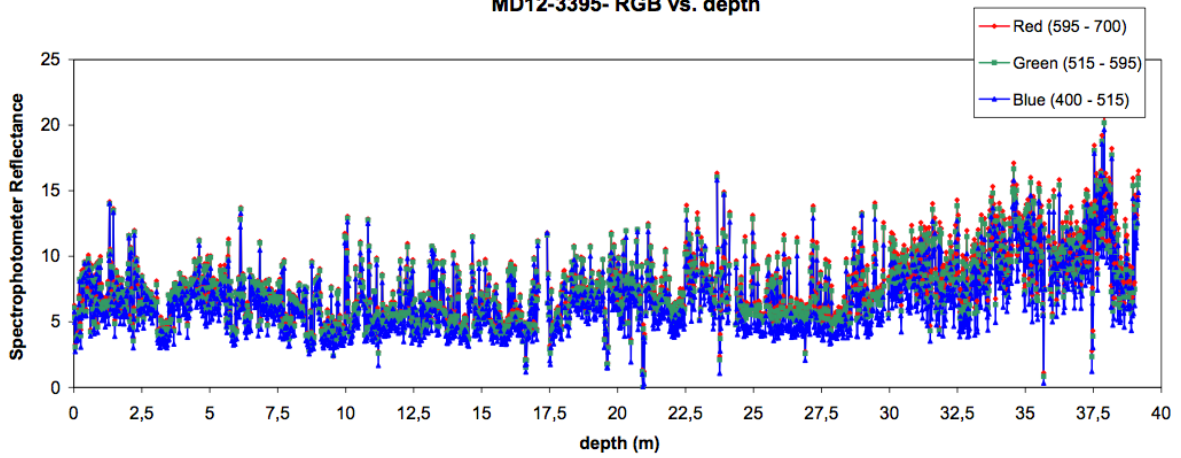
COLOUR REFLECTANCE

Station
MD12-3395

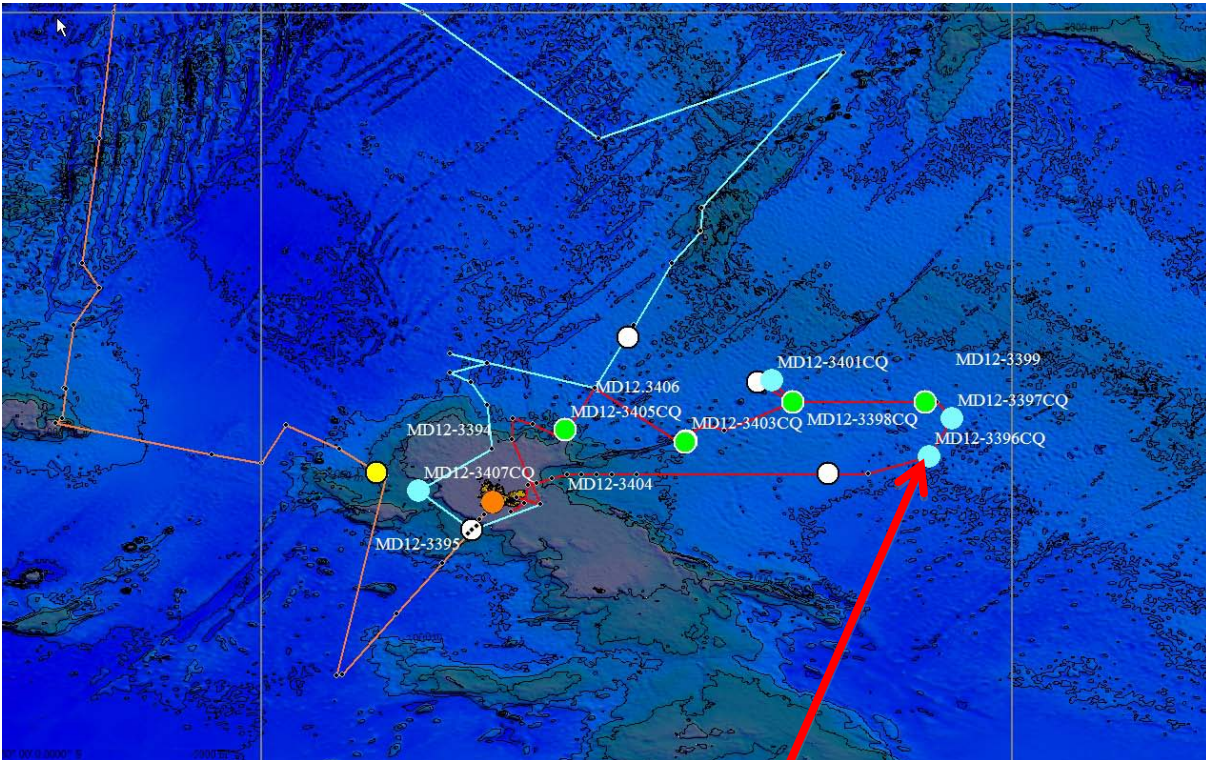
Spectrophotometer



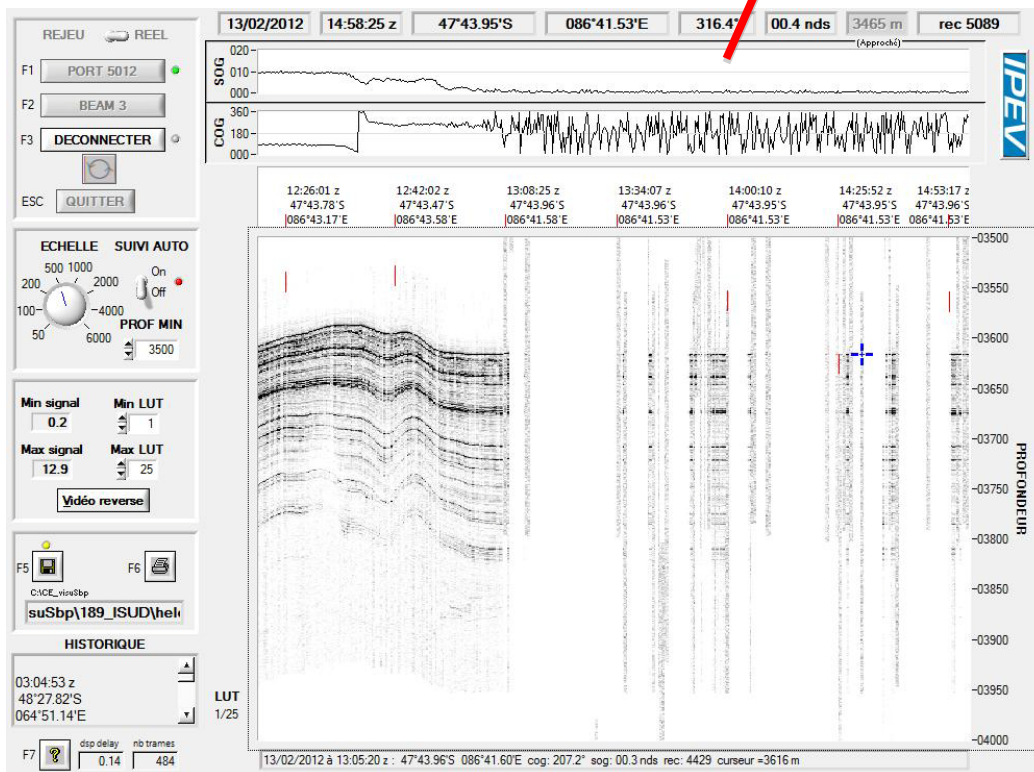
MD12-3395- RGB vs. depth



2.4. Est Kerguelen : CAROTTE MDI2-3396Cq (Station 6)



Nous avons effectué un carottage Casq en complément de la carotte Calypso obtenue en 2011



CAROTTE MDI2-3396Cq (Casq) : 8,59 m

Latitude : 47°43.88 Sud - Longitude : 86°41.71 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:

INDIEN-SUD-2

Date: 13/02/2012
N° de station: 6

Météo (force/direction):
Vent: faible
Mer: Pas de houle
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):

MDI2-3396Cq

LONGUEUR:

8,59 m

POSITION:
Latitude: 47°43.88 Sud
Longitude: 86°41.71 Est

CAROTTIER : Casq
Poids total (air): 6,1
Poids total (eau):
Surface:
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 9 m
Chute libre:
Boucle:
LC poids:

CONTREPOIDS:
Type (2):
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 3630 m
Ligne filée: 3598 m
Arrachement/total: 11 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: 13 :10
Début de manœuvre: 13 :14
Déclenchement:
Fin manœuvre:
Durée de manœuvre:
Départ station: 17 :36

OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

Description / Incidents :

Echantillonnage

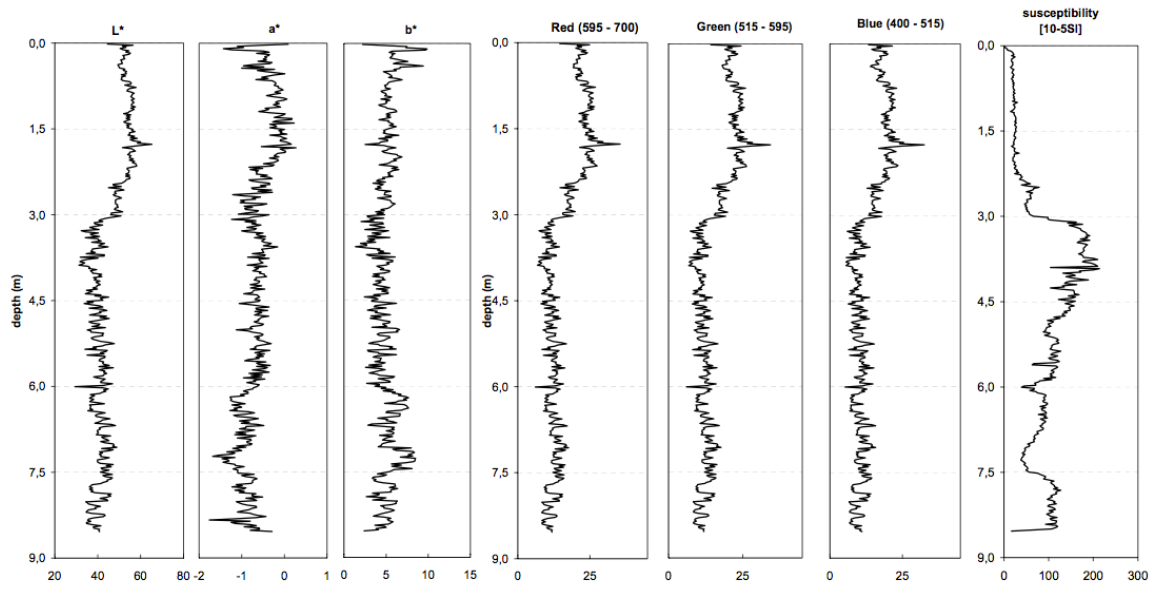
Première couche : deux étuis (A et B)

Seconde couche : un étui (E) et deux lignes de u-channels (c et d)

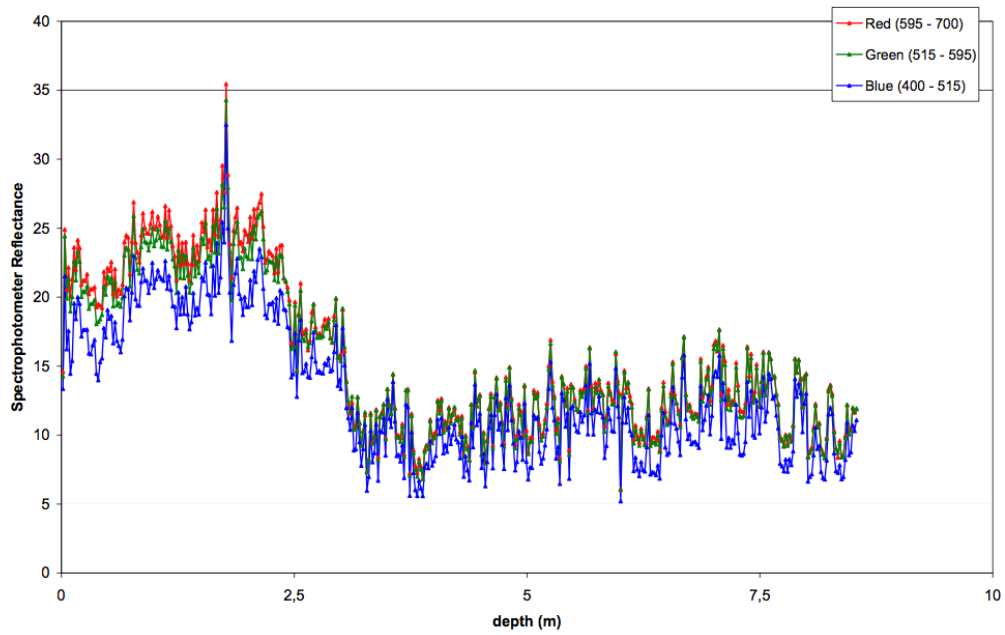
INDIEN SUD 2
2012

COLOUR REFLECTANCE & MSCL

Station
MD12-3396 CQ



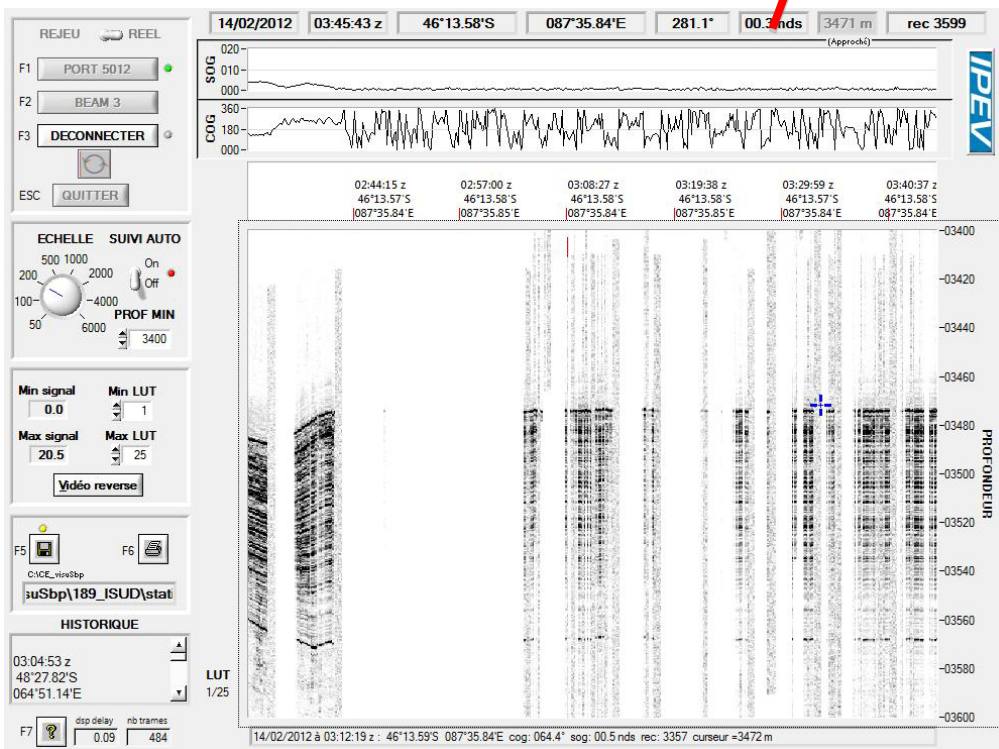
MD12-3396CQ- RGB vs. depth



2.5. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3397Cq (Station 7)



Nous avons effectué un carottage Casq en complément de la carotte Calypso obtenue en 2011



CAROTTE MDI2-3397Cq (Casq) : 3,46 m

Latitude : 46°13.56 Sud - Longitude : 87°35.89 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:
INDIEN-SUD-2

Date:	14/02/2012
N° de station:	7

Météo (force/direction):
Vent: 11 knts
Mer:
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):
MDI2-3397Cq

LONGUEUR:
3,46 m

POSITION:
Latitude: 46°13.56 Sud
Longitude: 87°35.89 Est

CAROTTIER : Casq
Poids total (air): 6,1
Poids total (eau):
Surface:
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 9 m
Chute libre:
Boucle:
LC poids:

CONTREPOIDS:
Type (2):
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 3466 m
Ligne filée: 3463 m
Arrachement/total: 9,8 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: 2:46
Début de manœuvre: 2:50
Déclenchement:
Fin manœuvre: 6 :20
Durée de manœuvre:
Départ station: 17 :36

OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

Description / Incidents :

Echantillonnage

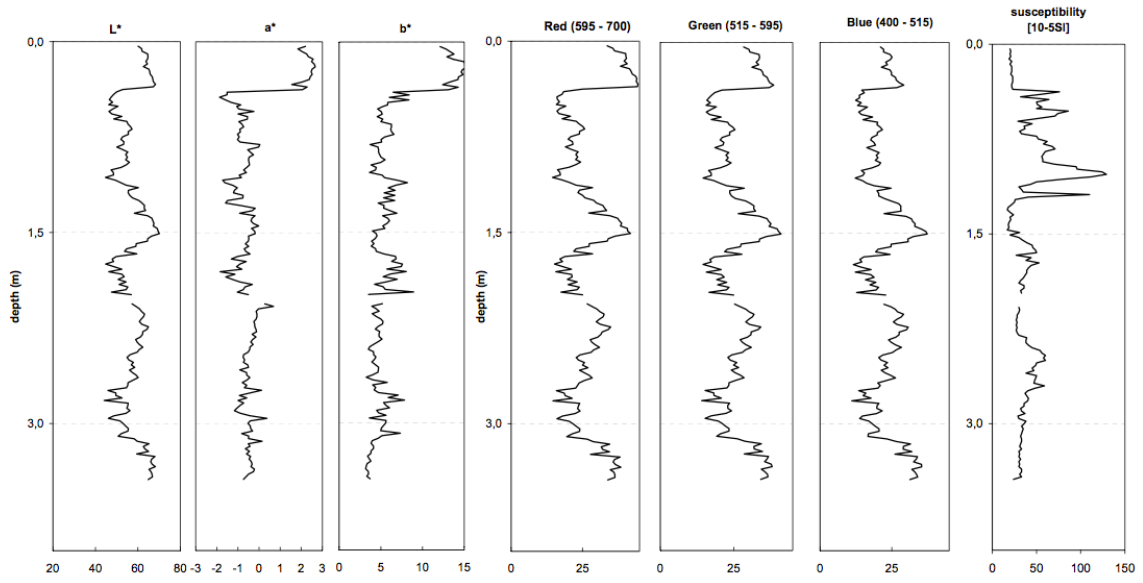
- deux échantillonnages étuis (A et E), un avec étuis étroits (D)
- un étui (E) et deux lignes de u-channels (b et c)

+ 2 étuis pédagogiques Gif et Bordeaux

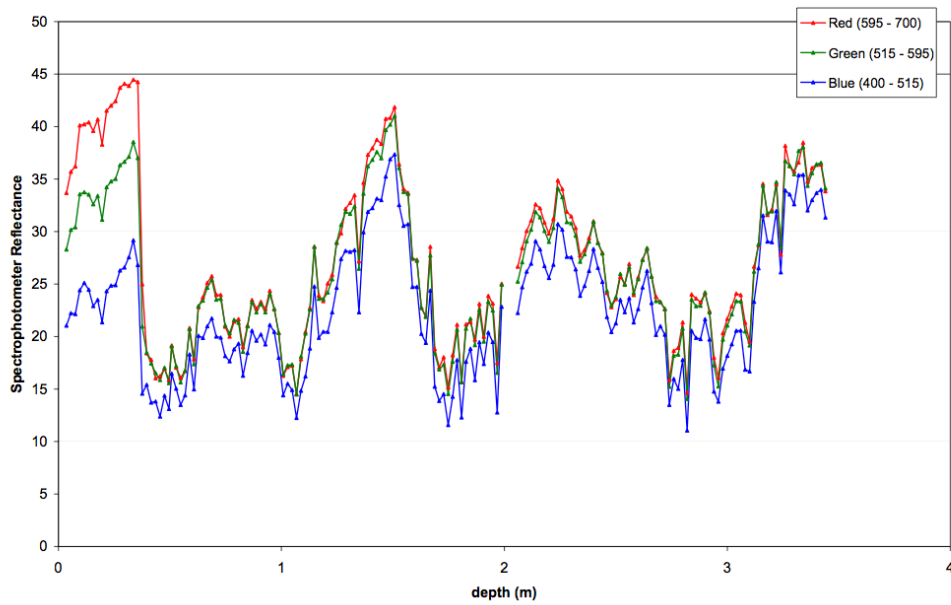
INDIEN SUD 2
2012

COLOUR REFLECTANCE & MSCL

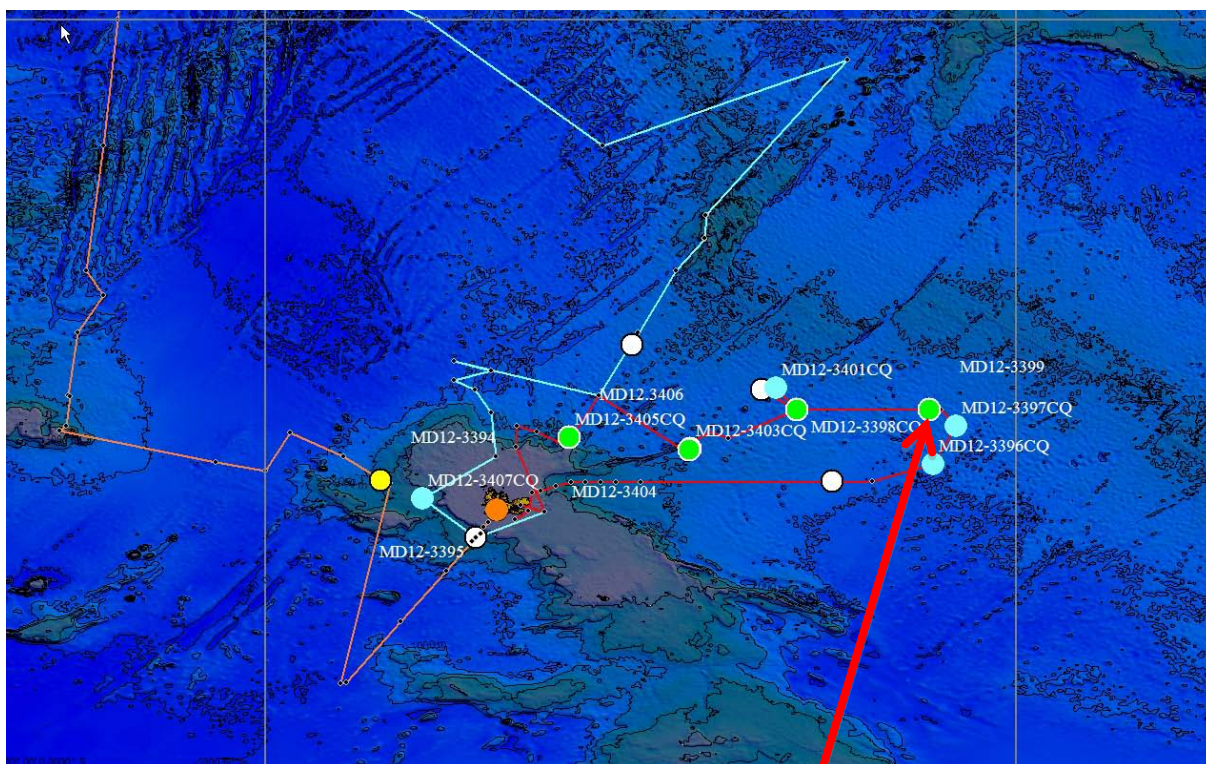
Station
MD12-3397 CQ



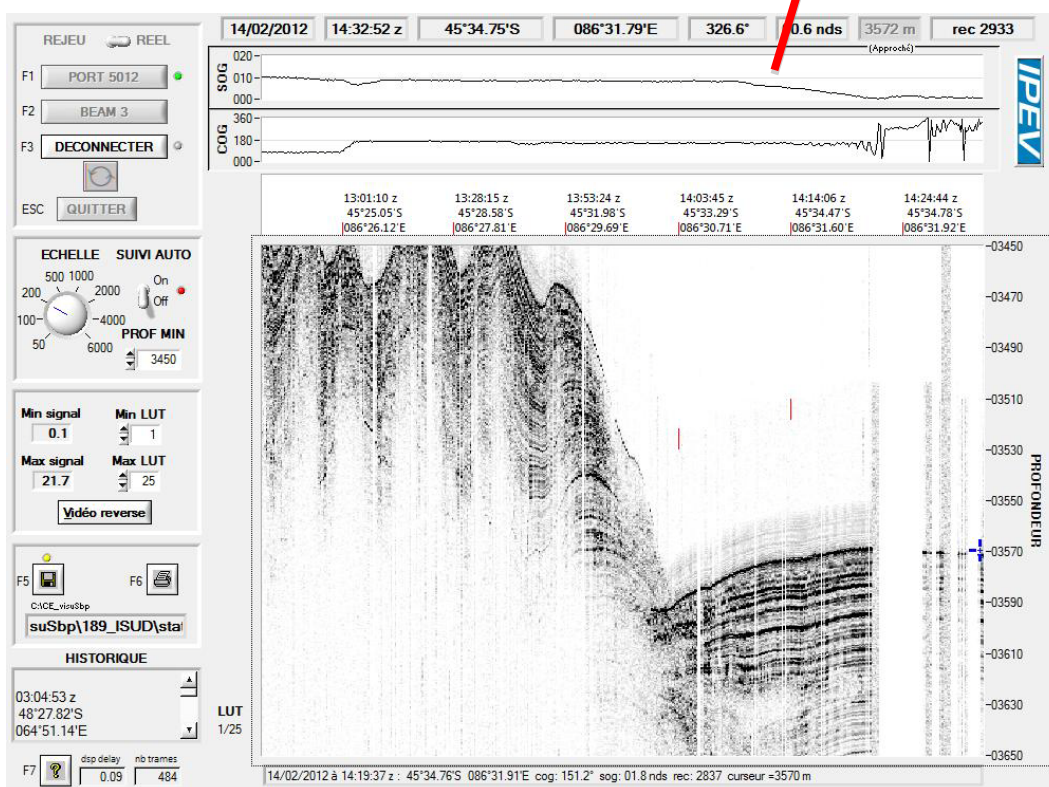
MD12-3397CQ- RGB vs. depth



2.6. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3398Cq et MD12-3399 (Station 8)



Nous avons effectué un carottage Casq et un carottage Calypso sur ce site, non carotté en 2011



CAROTTE MDI2-3398Cq (Casq) : 5,99 m

Latitude : 45°34.77 Sud - Longitude : 86°31.87 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:
INDIEN-SUD-2

Date:	14/02/2012
N° de station:	8

Météo (force/direction):	
Vent:	
Mer:	calme
Variation tension:	

CAROTTE (Nr.):
MDI2-3398Cq

LONGUEUR:
5,99 m

POSITION:	
Latitude:	45°34.77 Sud
Longitude:	86°31.87 Est

CAROTTIER :	Casq
Poids total (air):	6
Poids total (eau):	
Surface:	6,6
Bottom:	

REGLAGES:	
Tubes (longueur):	9 m
Chute libre:	
Boucle:	
LC poids:	

CONTREPOIDS:	
Type (2):	
Longueur PVC:	
Pénétration:	
Longueur carotte + ogive (+0,15m):	

PARAMETRES:	
Sonde corrigée:	3560 m
Ligne filée:	3554 m
Arrachement/total:	9.2 t

HEURES (GMT):	
Arrivée en station:	14 :31
Début de manœuvre:	14 :32
Déclenchement:	
Fin manœuvre:	
Durée de manœuvre:	
Départ station:	15 :29

OPERATION ANNEXES:	
CTD (Hydro):	
CTD (Bouteilles):	
Filet à Plancton:	

Description / Incidents :

Echantillonnage :

Première couche : petits étuis (A) et gros étuis (B)

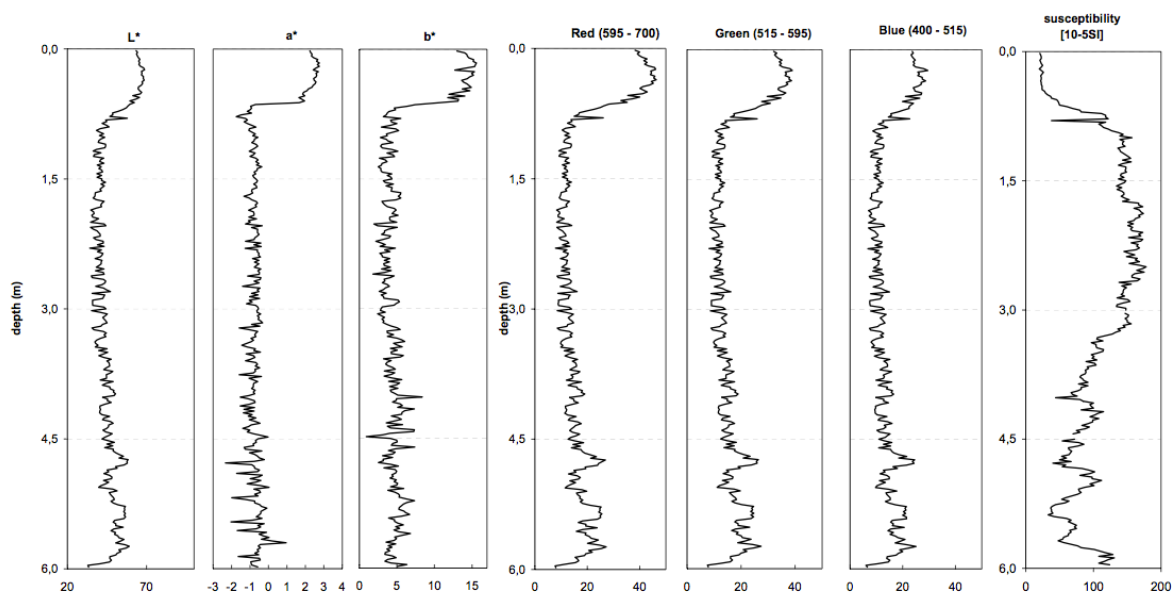
Deux lignes de u-channels (c et d)

Gros étuis (E)

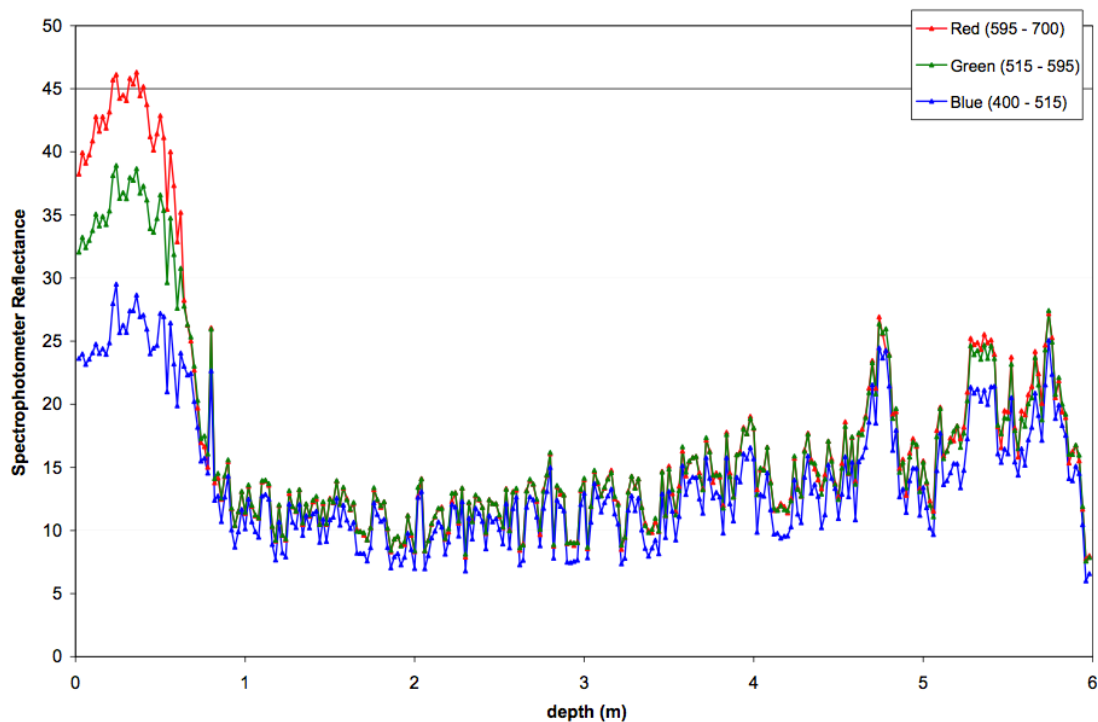
INDIEN SUD 2
2012

COLOUR REFLECTANCE & MSCL

Station
MD12-3398 CQ



MD12-3398CQ- RGB vs. depth



CAROTTE MDI2-3399 (Calypso) : 37,79 m

Latitude : 45°34.79 Sud - Longitude : 86°31.83 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:

INDIEN-SUD-2

Date: 14/02/2012
N° de station: 8

Météo (force/direction):
Vent:
Mer: calme
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):

MDI2-3399

LONGUEUR:

37,79 m

POSITION:
Latitude: 45°34.79 Sud
Longitude: 86°31.83 Est

CAROTTIER : Casq
Poids total (air): 7
Poids total (eau):
Surface: 6,6
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 40,2 m
Chute libre: 3 m
Boucle: 10,7 m
LC poids: 42,2 m

CONTREPOIDS:
Type (2):
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 3560 m
Ligne filée: 3522 m
Arrachement/total: 10 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: même station
Début de manœuvre: 21 :03
Déclenchement:
Fin manœuvre: 23 :01
Durée de manœuvre:
Départ station:

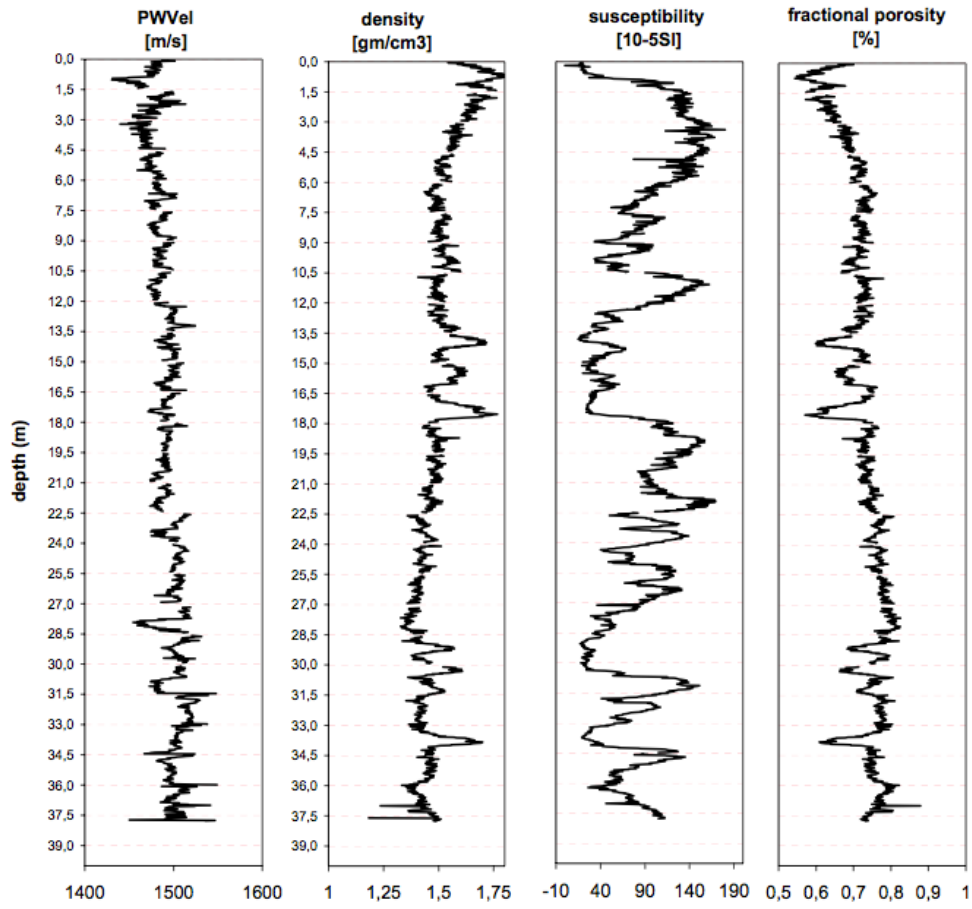
OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

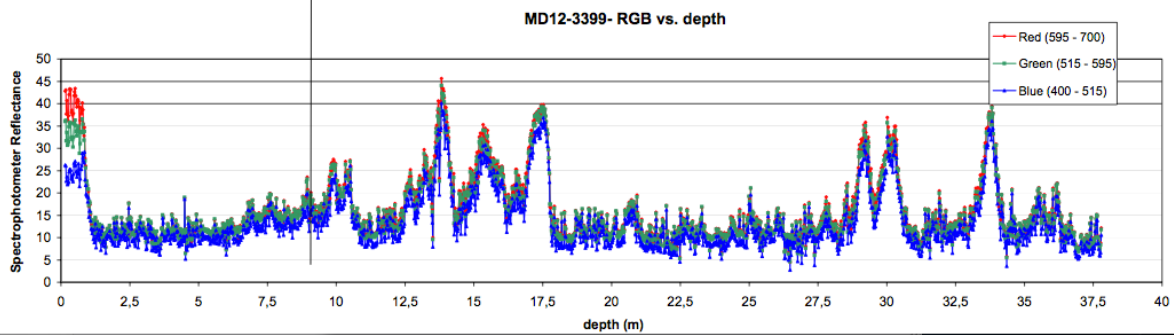
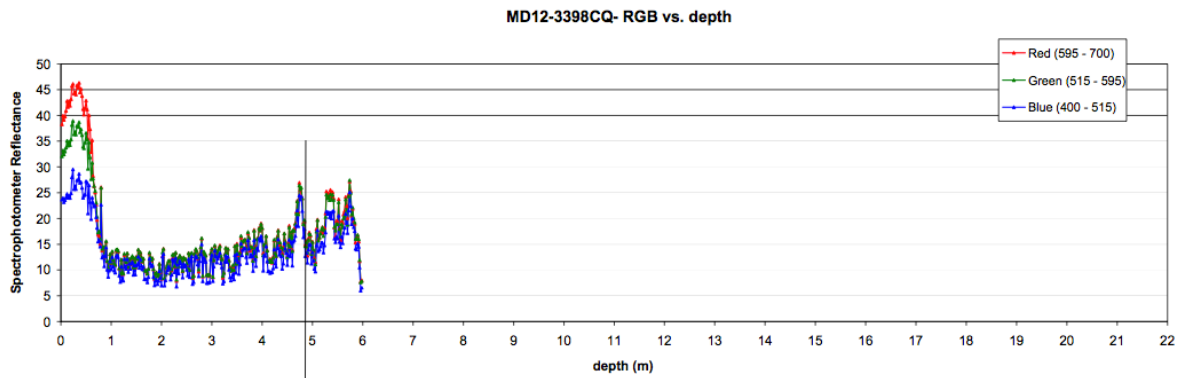
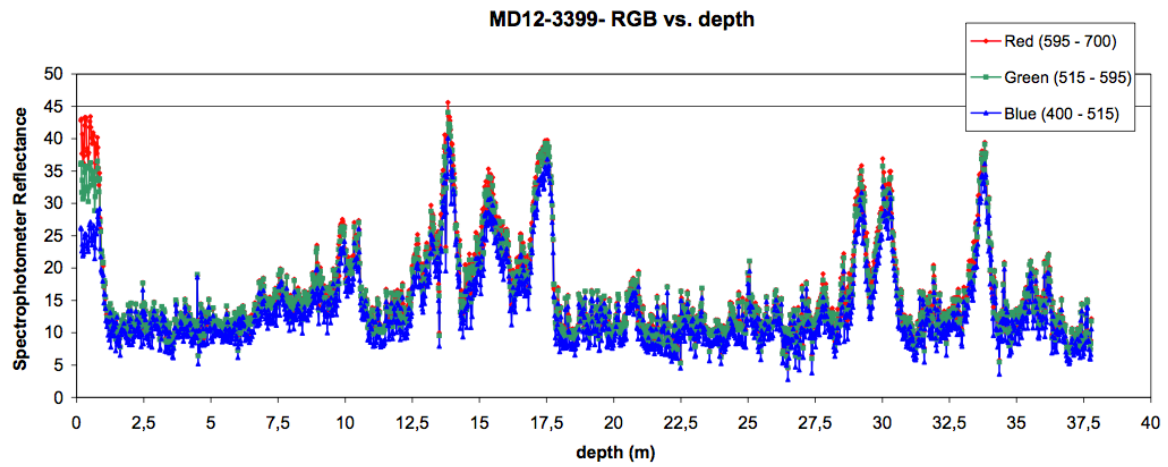
Description / Incidents : perdu un coupe-tube par dessus bord
3 sacs plastiques (surface, bas ogive, haut ogive)

INDIEN SUD 2
2012

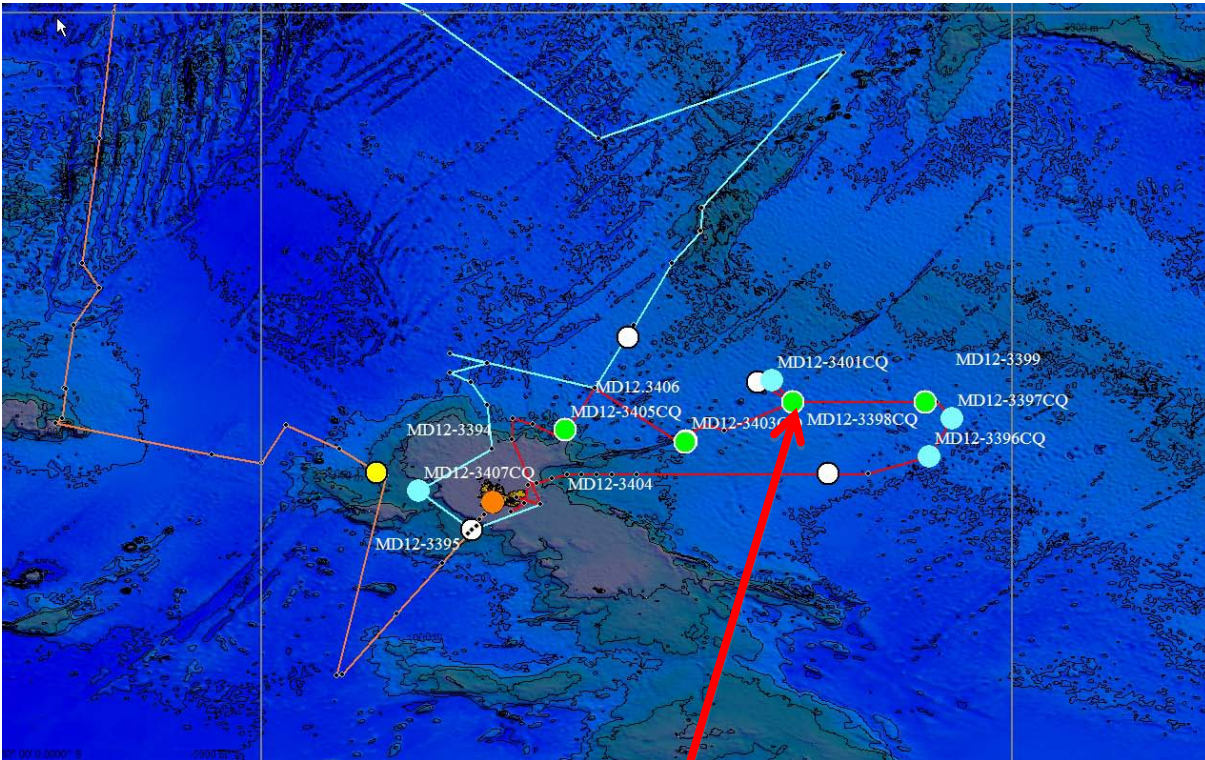
Multi-sensor Core Logger

Station
MD12-3399

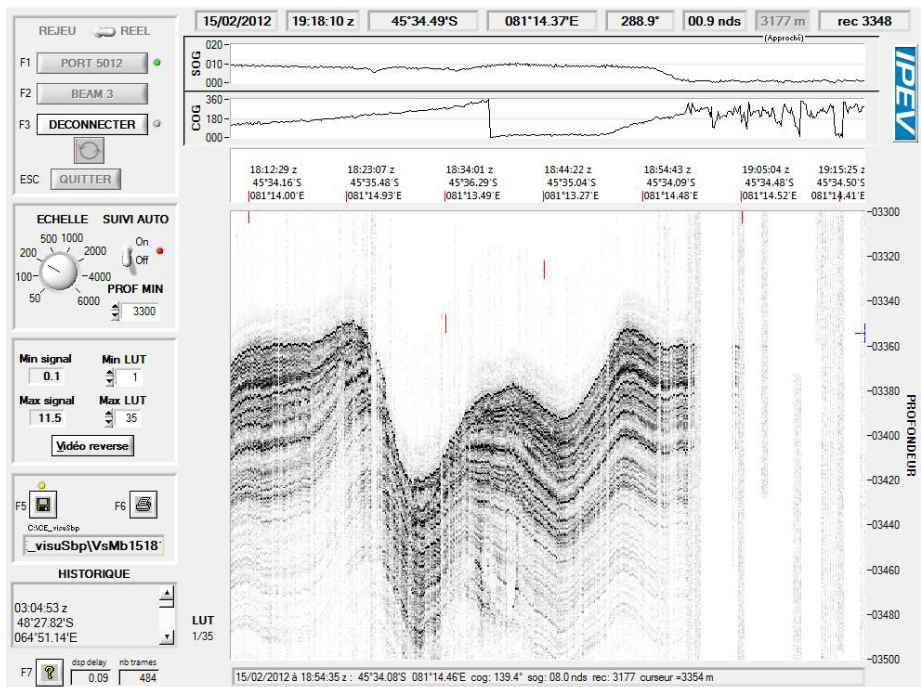




2.7. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3400Cq (Station 9)



Nous avons effectué un carottage Casq sur ce site, proche du site abandonné en 2011 à cause de l'évacuation sanitaire d'une personne de la base à Kerguelen. Nous avons ensuite tenté un carottage Calypso sur ce même site, mais nous avons perdu les tubes suite à un déclenchement dans l'eau



CAROTTE MDI2-3400Cq (Casq) : 8,00 m

Latitude : 45°34.45 Sud - Longitude : 81°14.38 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:
INDIEN-SUD-2

Date:	15/02/2012
N° de station:	9

Météo (force/direction):	
Vent:	
Mer:	calme
Variation tension:	

CAROTTE (Nr.):
MDI2-3400Cq

LONGUEUR:
8 m

POSITION:	
Latitude:	45°34.45 Sud
Longitude:	81°14.38 Est

CAROTTIER :	Casq
Poids total (air):	6,8
Poids total (eau):	
Surface:	5,8
Bottom:	

REGLAGES:	
Tubes (longueur):	9 m
Chute libre:	
Boucle:	
LC poids:	

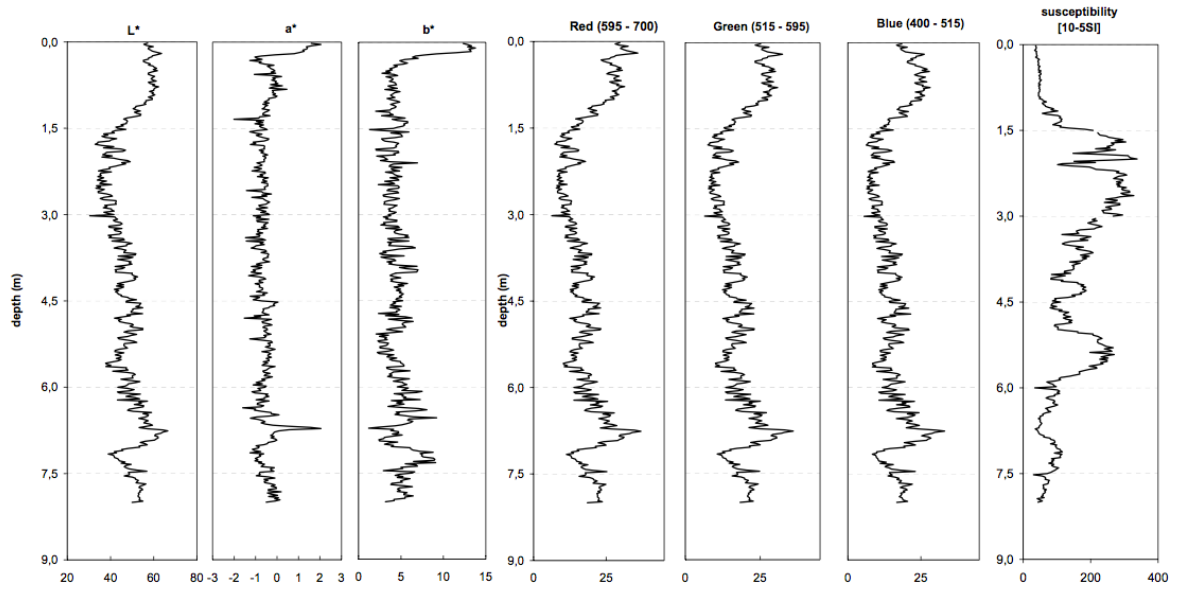
CONTREPOIDS:	
Type (2):	
Longueur PVC:	
Pénétration:	
Longueur carotte + ogive (+0,15m):	

PARAMETRES:	
Sonde corrigée:	3360 m
Ligne filée:	3335 m
Arrachement/total:	10,4 t

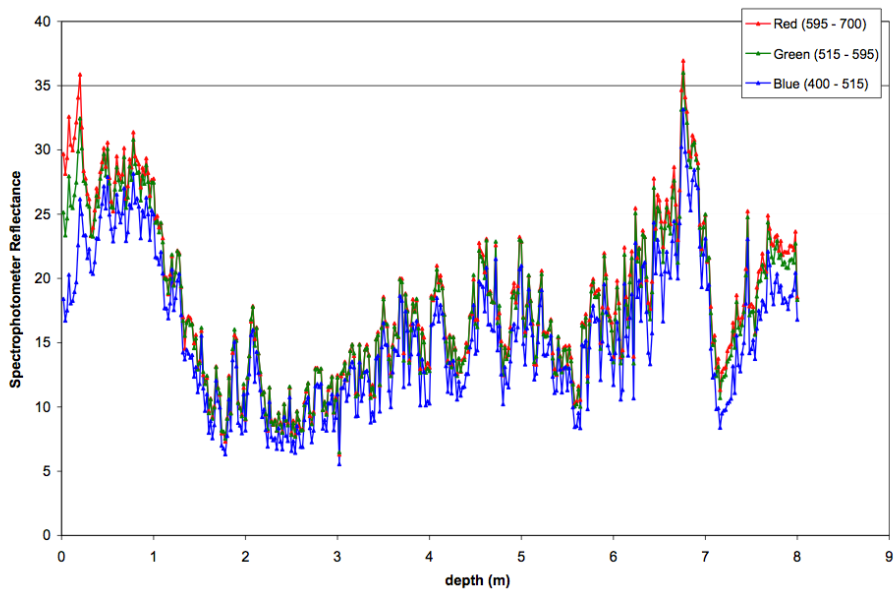
HEURES (GMT):	
Arrivée en station:	19 :30
Début de manœuvre:	14 :32
Déclenchement:	
Fin manœuvre:	
Durée de manœuvre:	
Départ station:	15 :29

OPERATION ANNEXES:	
CTD (Hydro):	
CTD (Bouteilles):	
Filet à Plancton:	

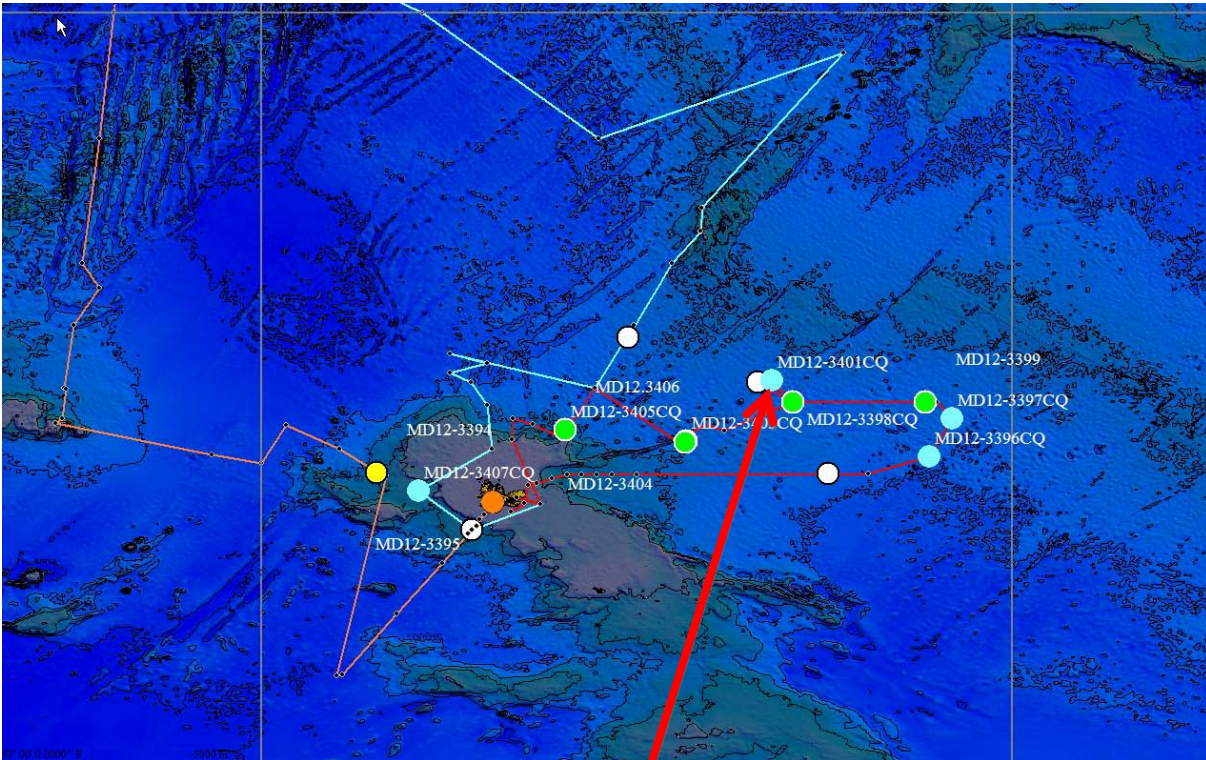
Description / Incidents :
Echantillonnage :
Gros étuis (A et C)
Petits étuis (B)
Une ligne de u-channels (d)



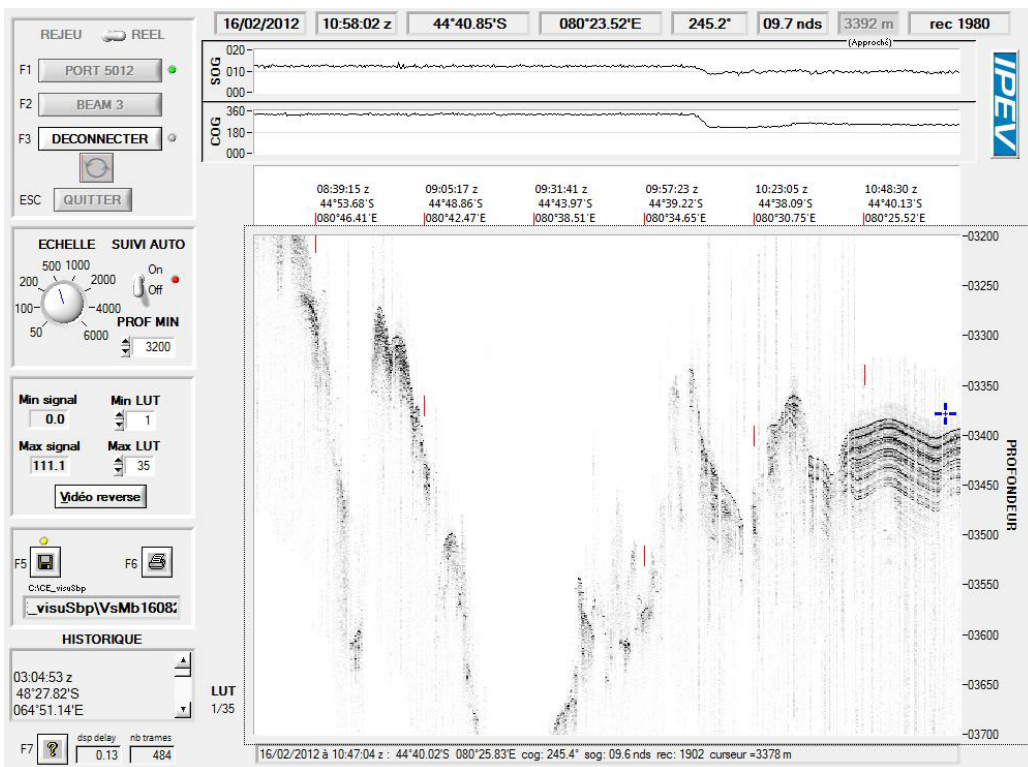
MD12-3400CQ- RGB vs. depth



2.8. Est Kerguelen : CAROTTE MDI2-3401Cq (Station 10)



Nous avons effectué un carottage Casq sur ce site, carotté par une Calypso en 2011 (MDI1-3357)



CAROTTE MDI2-340ICq (Casq) : 8,21 m

Latitude : 44°40.73 Sud - Longitude : 80°23.58 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:

INDIEN-SUD-2

Date: 16/02/2012
N° de station: 10

Météo (force/direction):
Vent: 23 knts
Mer: Assez calme
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):

MDI2-340ICq

LONGUEUR:

8,21 m

POSITION:
Latitude: 44°40.73 Sud
Longitude: 80°23.58 Est

CAROTTIER : Casq
Poids total (air): 6
Poids total (eau):
Surface: 6,6
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 9 m
Chute libre:
Boucle:
LC poids:

CONTREPOIDS:
Type (2):
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 3445 m
Ligne filée: 3390 m
Arrachement/total: 10.4 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: 11 :20
Début de manœuvre:
Déclenchement:
(touché : 13 :41)
Fin manœuvre:
Durée de manœuvre:
Départ station: 15 :55

OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

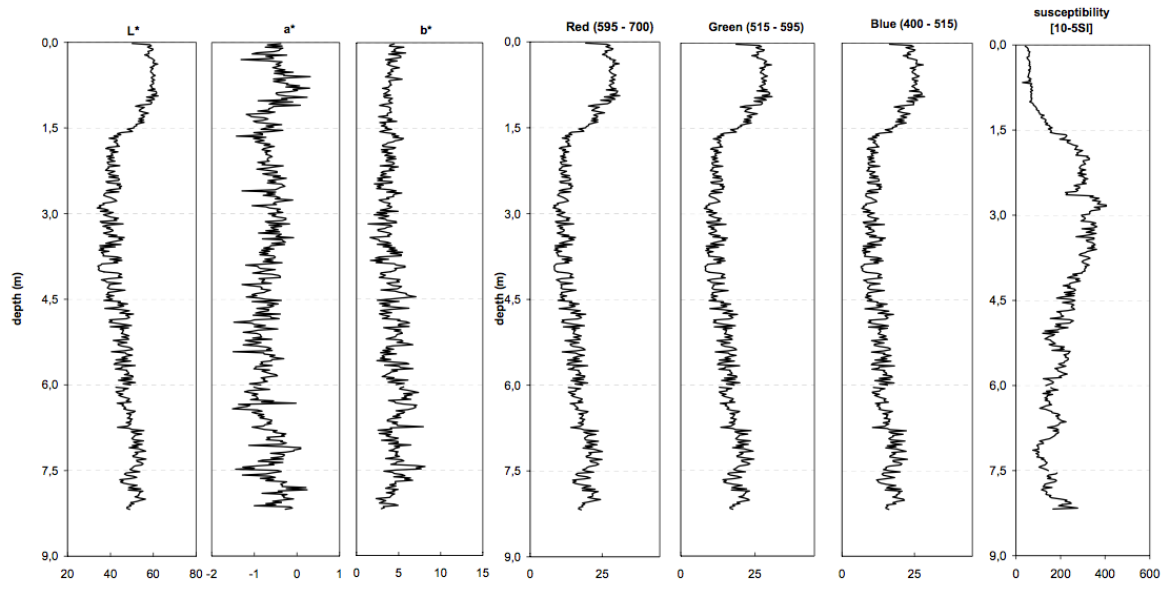
Description / Incidents :

Echantillonnage : sachets top et bas de l'ogive

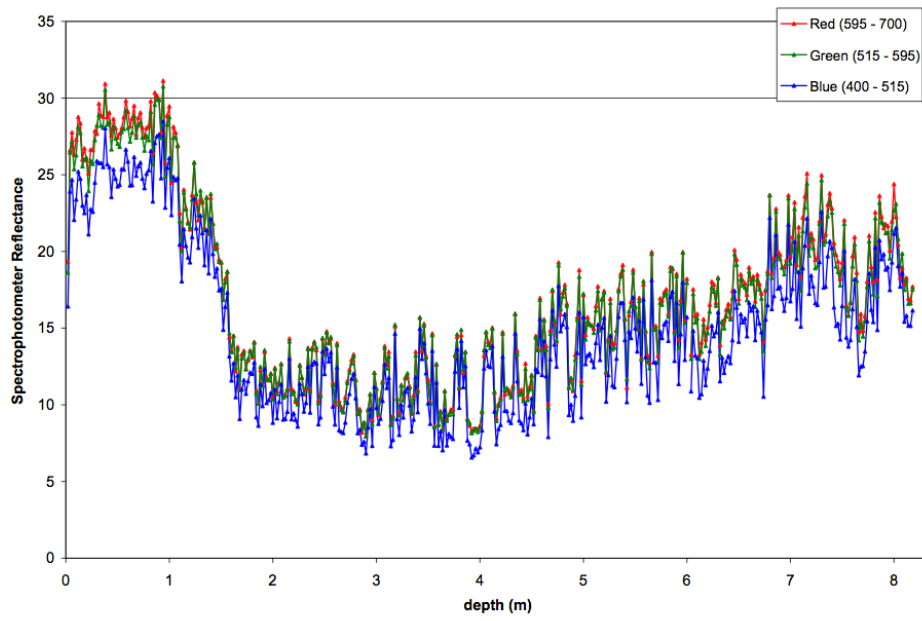
Première couche : petits étuis (A) et gros étuis (B)

Deux lignes de u-channels (c)

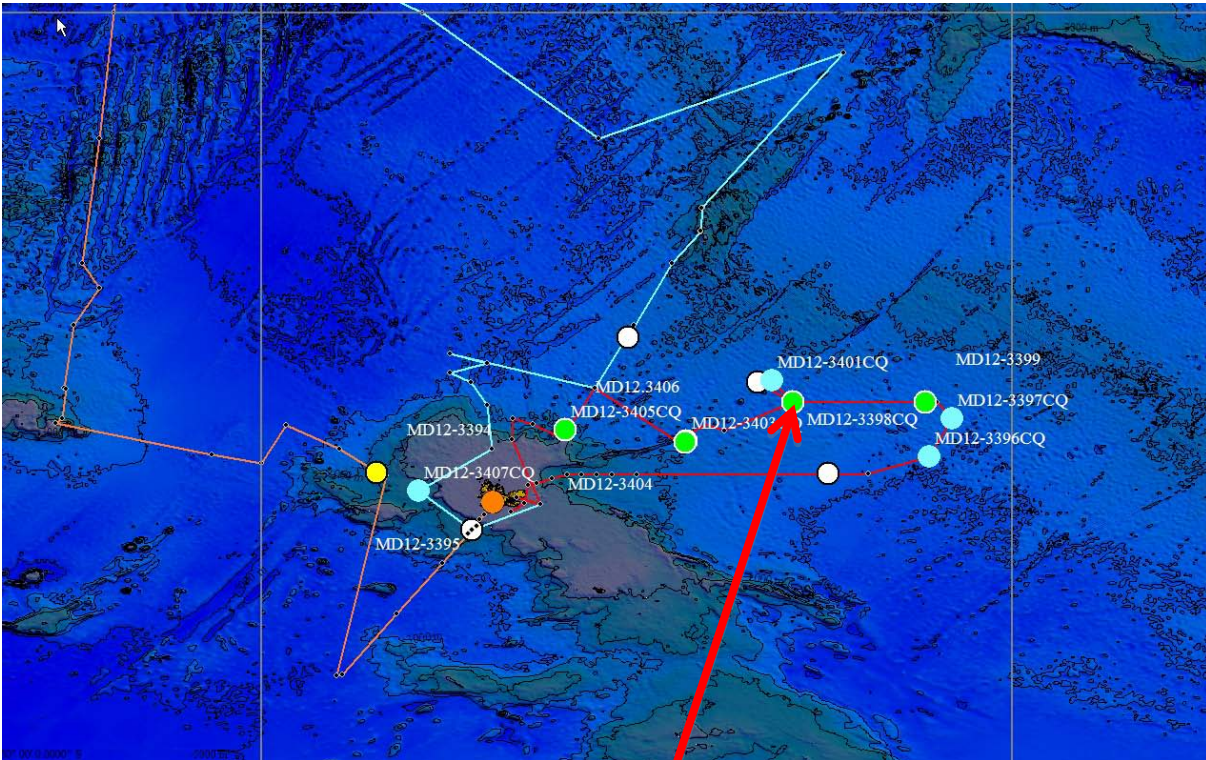
Gros étuis (D)



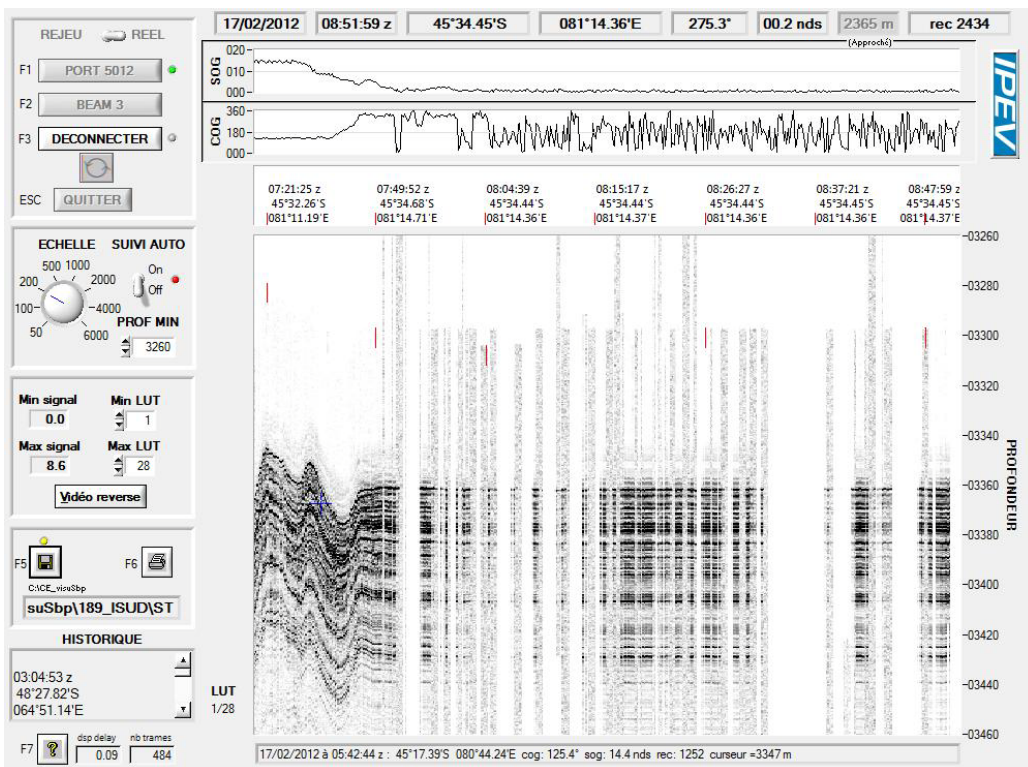
MD12-3401CQ- RGB vs. depth



2.9. Est Kerguelen : CAROTTE MDI2-3402 (Station 9bis)



Nous avons effectué un carottage Calypso



CAROTTE MDI2-3402 (Casq) : 33,90 m

Latitude : 45°34.48 Sud - Longitude : 81°14.35 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:
INDIEN-SUD-2

Date:	17/02/2012
N° de station:	9bis

Météo (force/direction):	
Vent:	
Mer:	Assez calme
Variation tension:	

CAROTTE (Nr.):
MDI2-3402

LONGUEUR:
33,90 m

POSITION:	
Latitude:	45°34.48 Sud
Longitude:	81°14.35 Est

CAROTTIER :	Calypso
Poids total (air):	7
Poids total (eau):	
Surface:	6,5
Bottom:	

REGLAGES:	
Tubes (longueur):	36,12 m
Chute libre:	3
Boucle:	10,57
LC poids:	42,07

CONTREPOIDS:	
Type (2):	
Longueur PVC:	
Pénétration:	
Longueur carotte + ogive (+0,15m):	

PARAMETRES:	
Sonde corrigée:	3353 m
Ligne filée:	
Arrachement/total:	11 t

HEURES (GMT):	
Arrivée en station:	19 :14
Début de manœuvre:	
Déclenchement :	22 :14
Fin manœuvre:	
Durée de manœuvre:	
Départ station:	23 :55

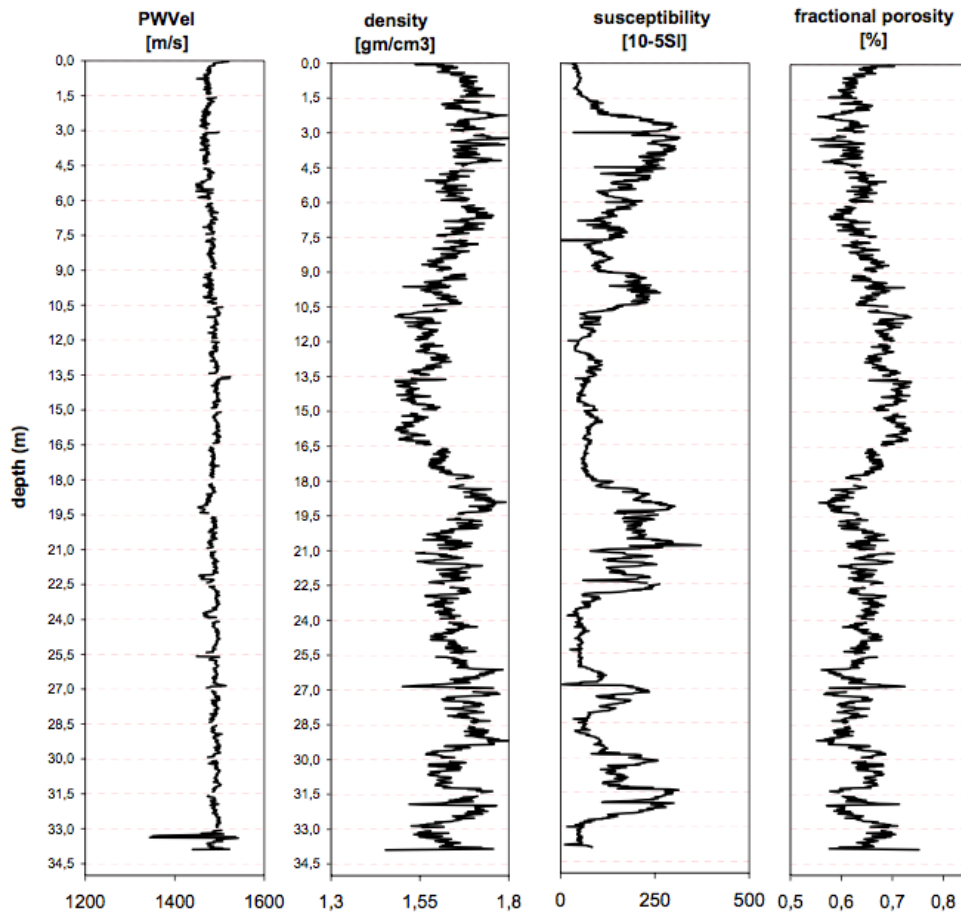
OPERATION ANNEXES:	
CTD (Hydro):	
CTD (Bouteilles):	
Filet à Plancton:	

Description / Incidents : première tentative, cassure des boulons cassants à l'arrachement à 8 tonnes ; seconde tentative, ok.

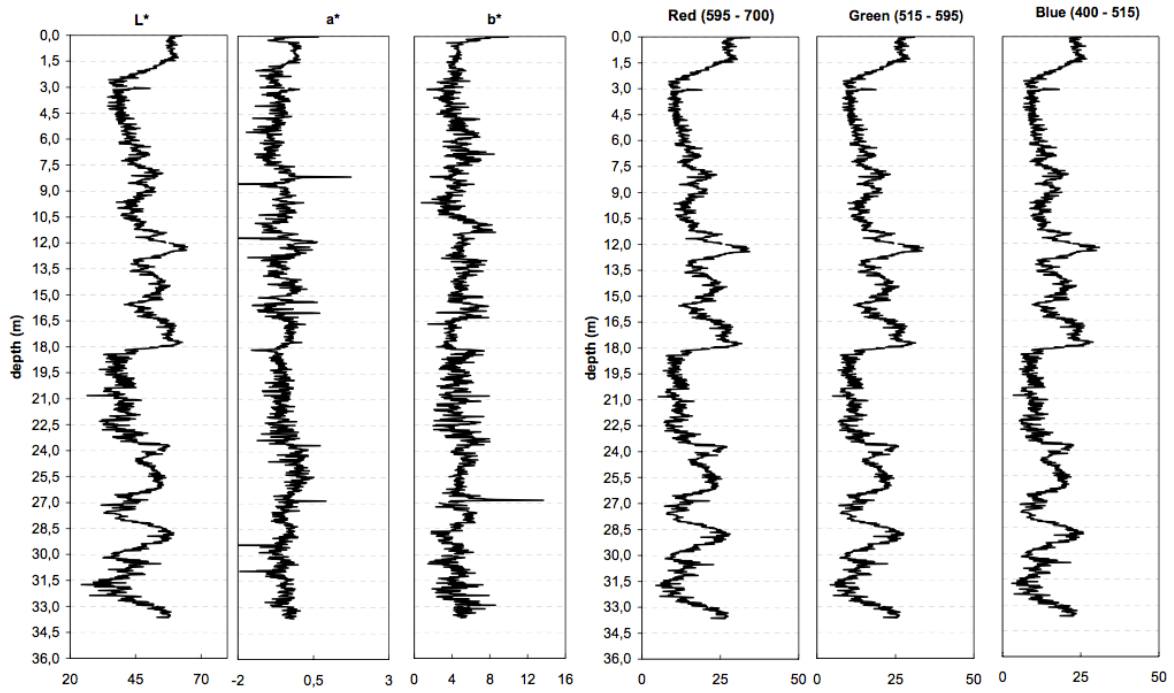
INDIEN SUD 2
2012

Multi-sensor Core Logger

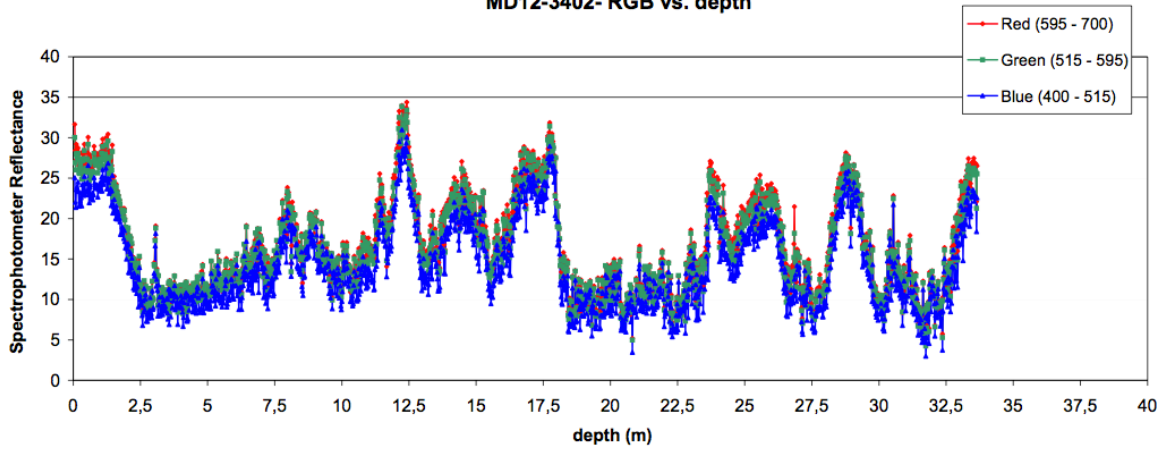
Station
MD12-3402



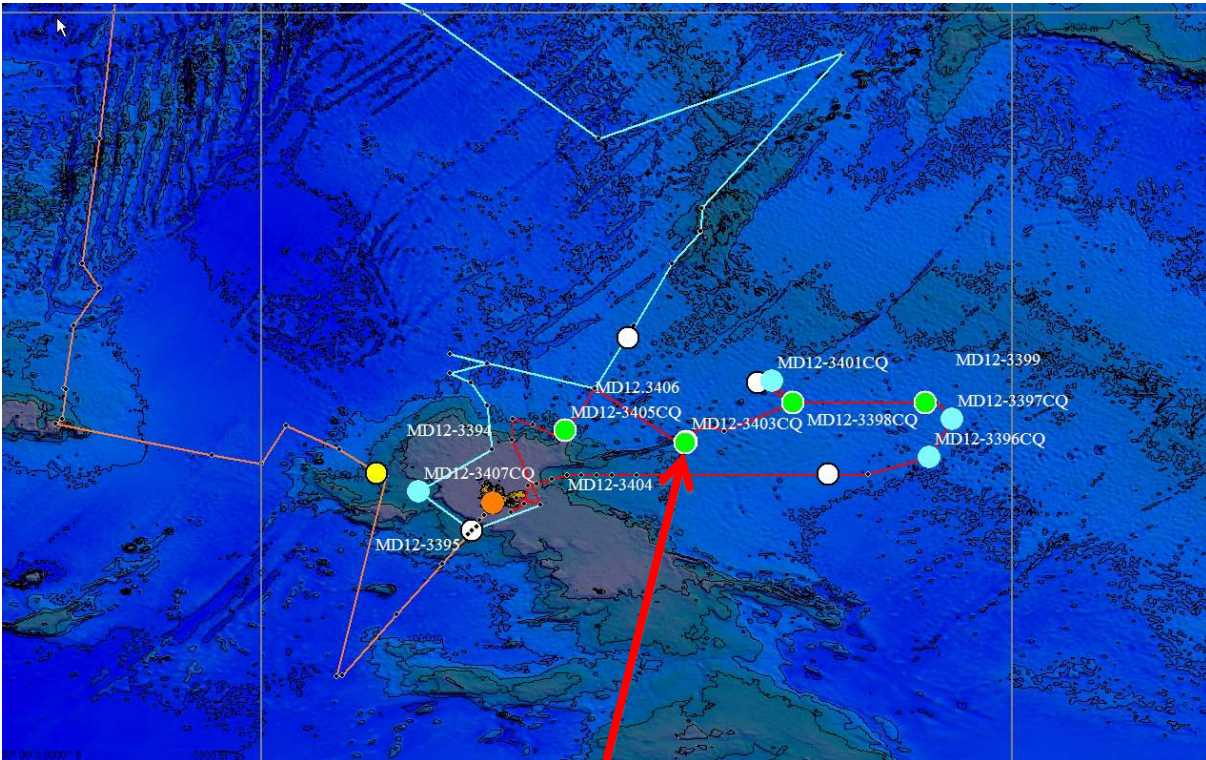
Spectrophotometer



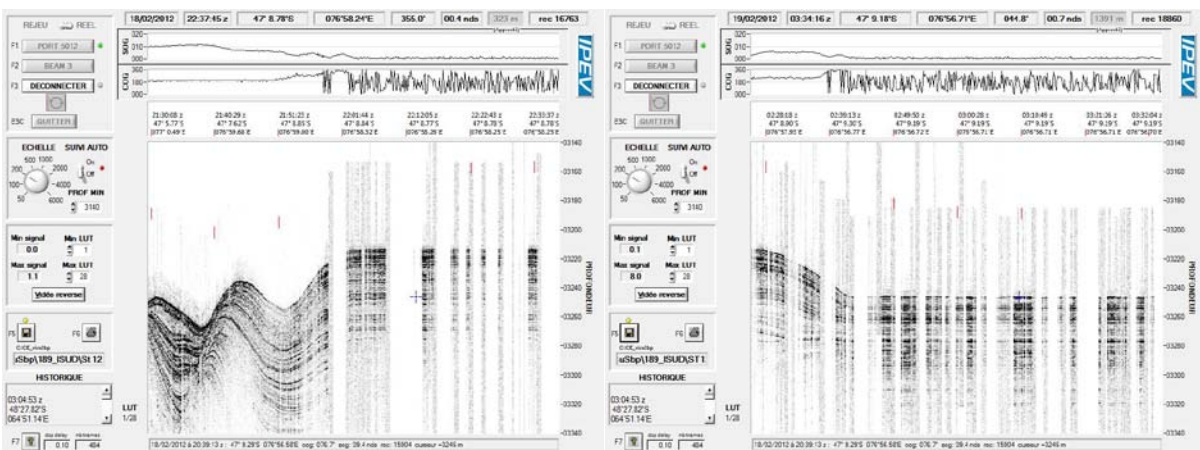
MD12-3402- RGB vs. depth



2.10. Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3403Cq et MD12-3404 (Station 12)



Nous avons effectué un carottage Casq et un carottage Calypso sur ce site



Nous nous sommes légèrement déplacé entre le carottage Casq MD12-3403Cq (profil au sondeur 3,5 kHz à gauche) et le carottage Calypso MD12-3404 (profil au sondeur 3,5 kHz à droite)

CAROTTE MDI2-3403Cq (Casq) : 7,80 m

Latitude : 47°08.80 Sud - Longitude : 76°58.28 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:

INDIEN-SUD-2

Date: 18/02/2012
N° de station: 12

Météo (force/direction): pluie battante
Vent: 25-30 knts
Mer:
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):

MDI2-3403Cq

LONGUEUR:

7,80 m

POSITION:
Latitude: 47°08.80 Sud
Longitude: 76°58.28 Est

CAROTTIER : Casq
Poids total (air): 6,8
Poids total (eau):
Surface:
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 9 m
Chute libre:
Boucle:
LC poids:

CONTREPOIDS:
Type (2):
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 3210 m
Ligne filée: 3192 m
Arrachement/total: 10.2 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: 22:07
Début de manœuvre: 14 :32
Déclenchement: 0 :40
Fin manœuvre:
Durée de manœuvre:
Départ station:

OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

Description / Incidents : un caillou dans ogive, nombreux cailloux dans carotte (drop stones)

Echantillonnage :

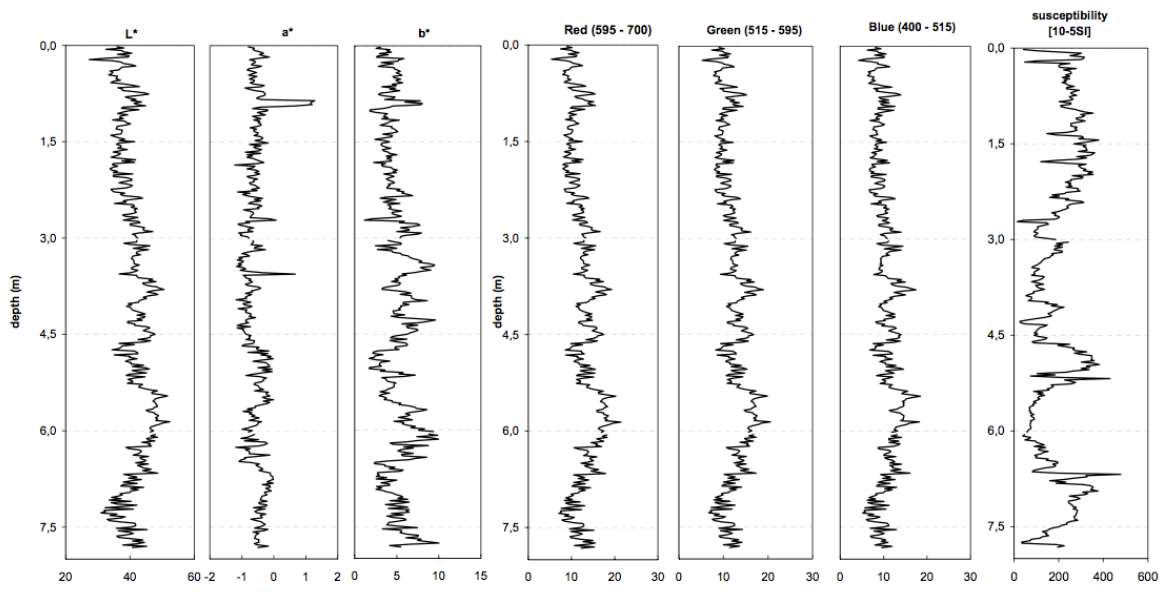
Première couche : petits étuis (A) et gros étuis (B)

Gros étuis (C), U-channels (d)

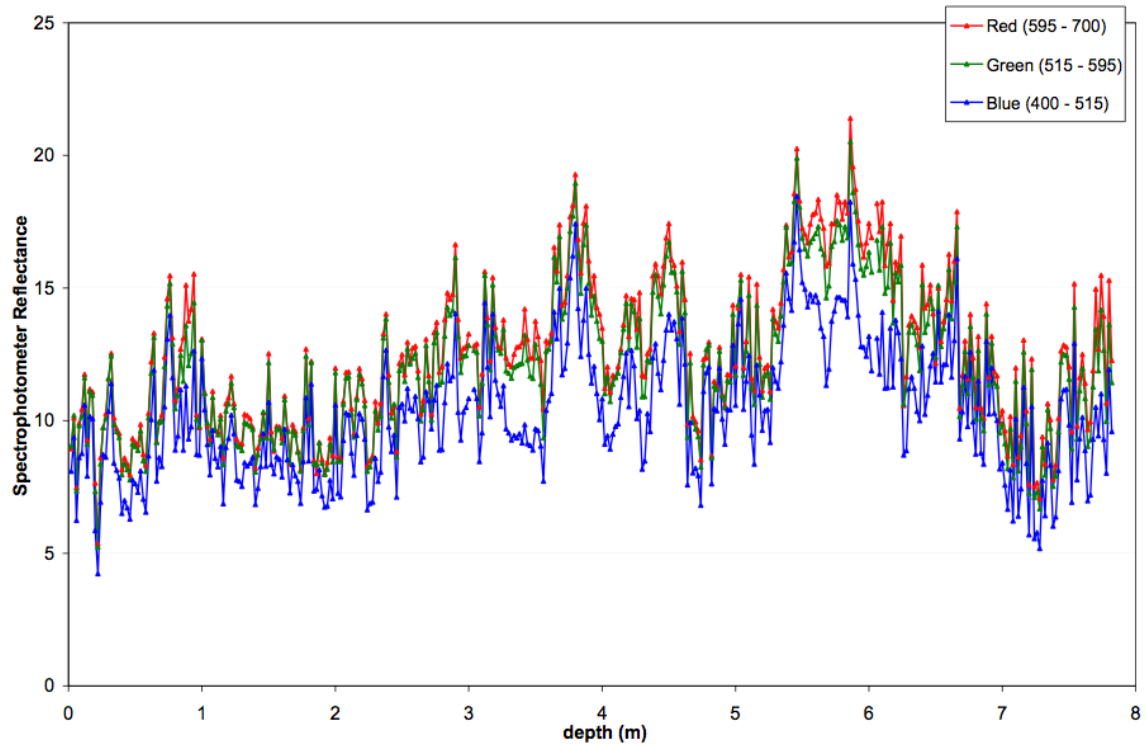
INDIEN SUD 2
2012

COLOUR REFLECTANCE & MSCL

Station
MD12-3403 CQ



MD12-3403CQ- RGB vs. depth



CAROTTE MDI2-3404 (Calypso) : 36,12 m

Latitude : 47°09.28 Sud - Longitude : 76°56.61 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:
INDIEN-SUD-2

Date:	19/02/2012
N° de station:	12

Météo (force/direction):	bonne
Vent:	
Mer:	calme
Variation tension:	

CAROTTE (Nr.):
MDI2-3404

LONGUEUR:
36,12 m

POSITION:	
Latitude:	47°09.28 Sud
Longitude:	76°56.61 Est

CAROTTIER : Calypso	
Poids total (air):	
Poids total (eau):	
Surface:	
Bottom:	

REGLAGES:	
Tubes (longueur):	40,2 m
Chute libre:	3 m
Boucle:	10,55 m
LC poids:	

CONTREPOIDS:	
Type (2):	
Longueur PVC:	
Pénétration:	
Longueur carotte + ogive (+0,15m):	

PARAMETRES:	
Sonde corrigée:	3232m
Ligne filée:	
Arrachement/total:	10,29 t

HEURES (GMT):	
Arrivée en station:	même station
Début de manœuvre:	2 :45
Déclenchement:	
Fin manœuvre:	5 :47
Durée de manœuvre:	
Départ station:	

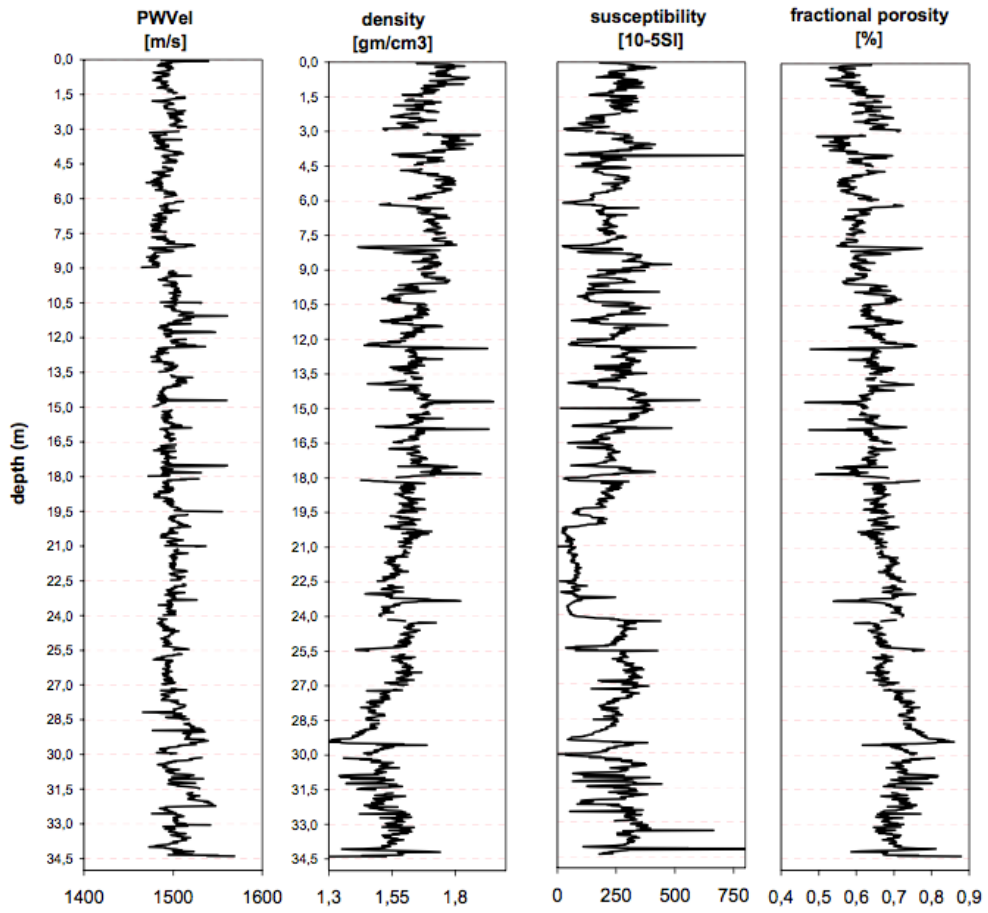
OPERATION ANNEXES:	
CTD (Hydro):	
CTD (Bouteilles):	
Filet à Plancton:	

Description / Incidents :

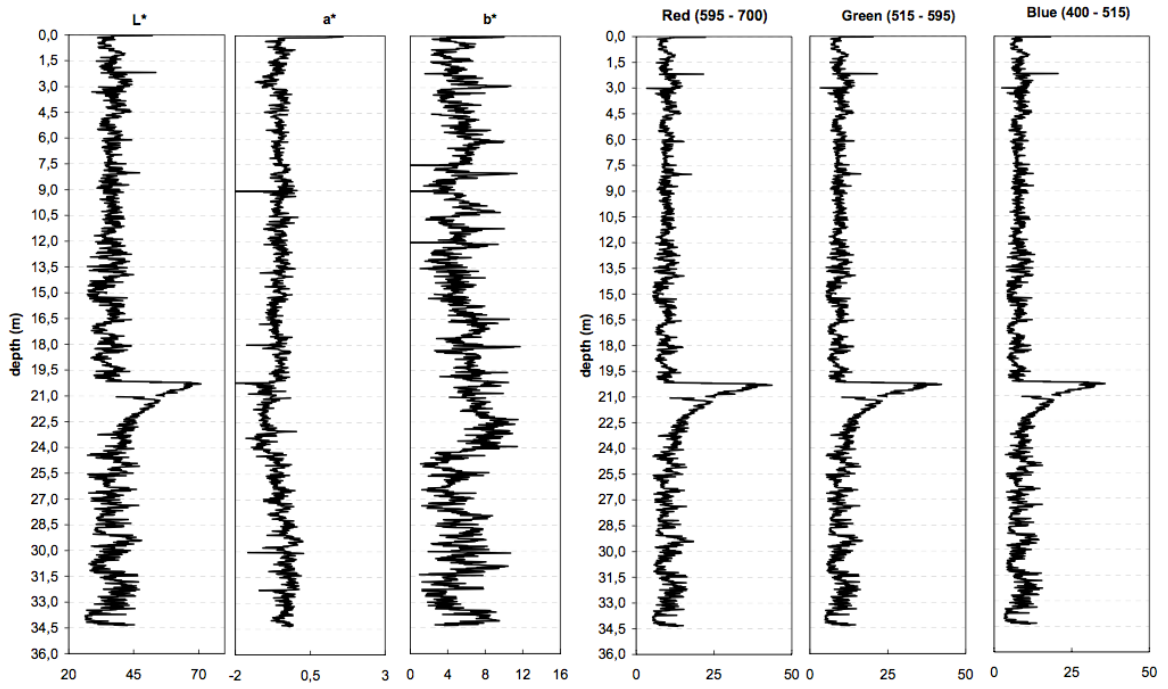
INDIEN SUD 2
2012

Multi-sensor Core Logger

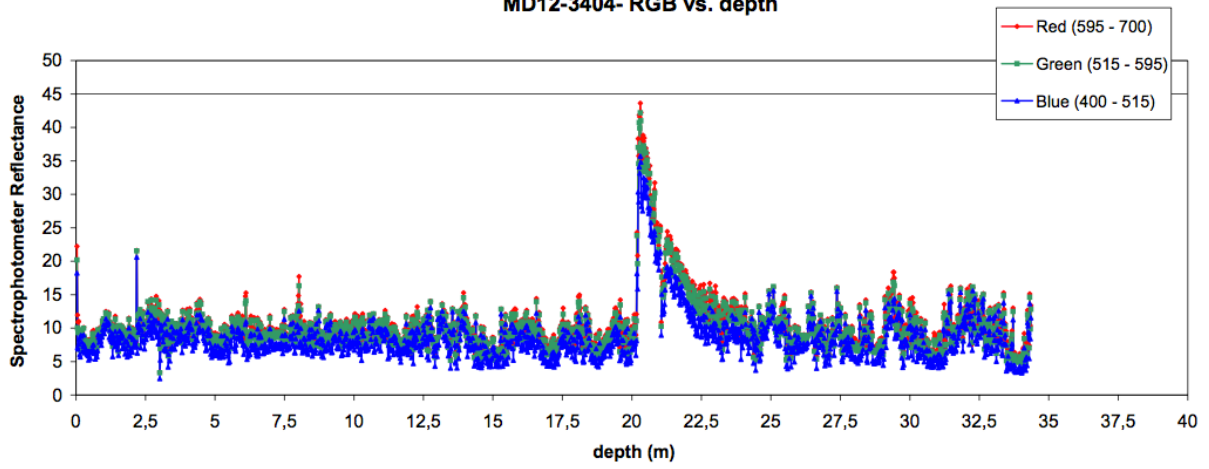
Station
MD12-3404



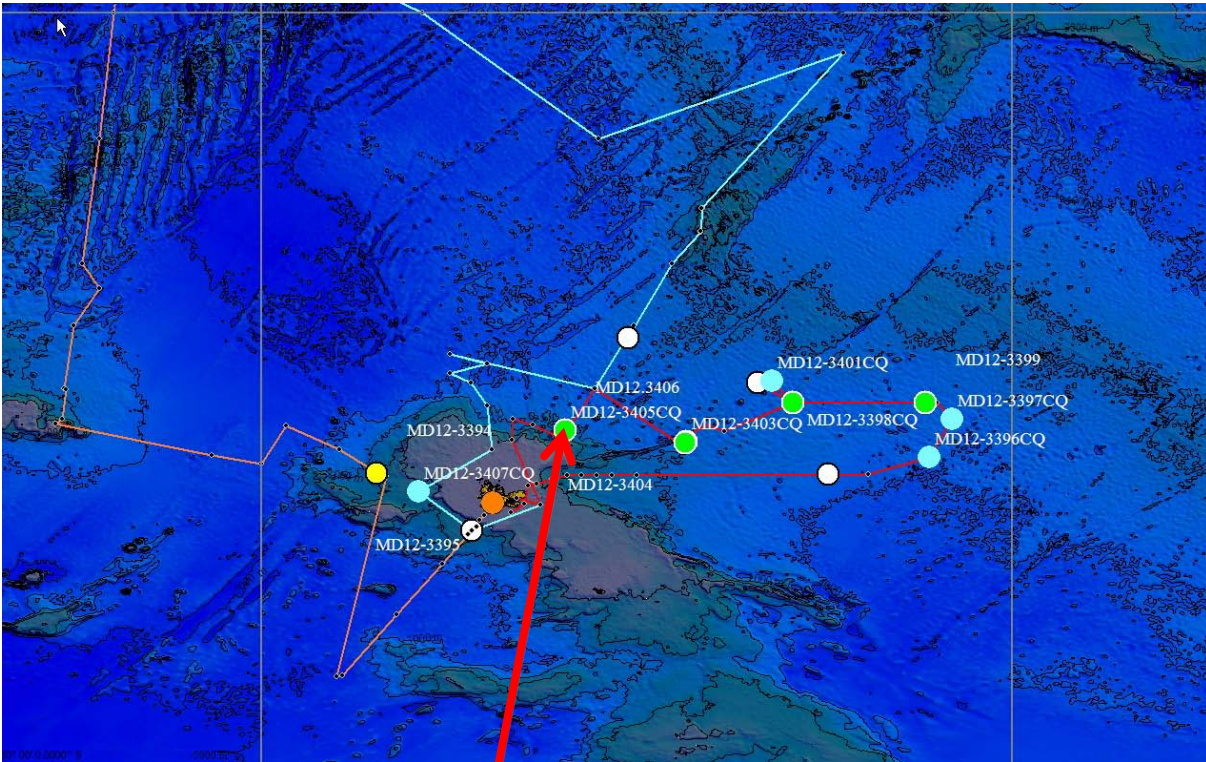
Spectrophotometer



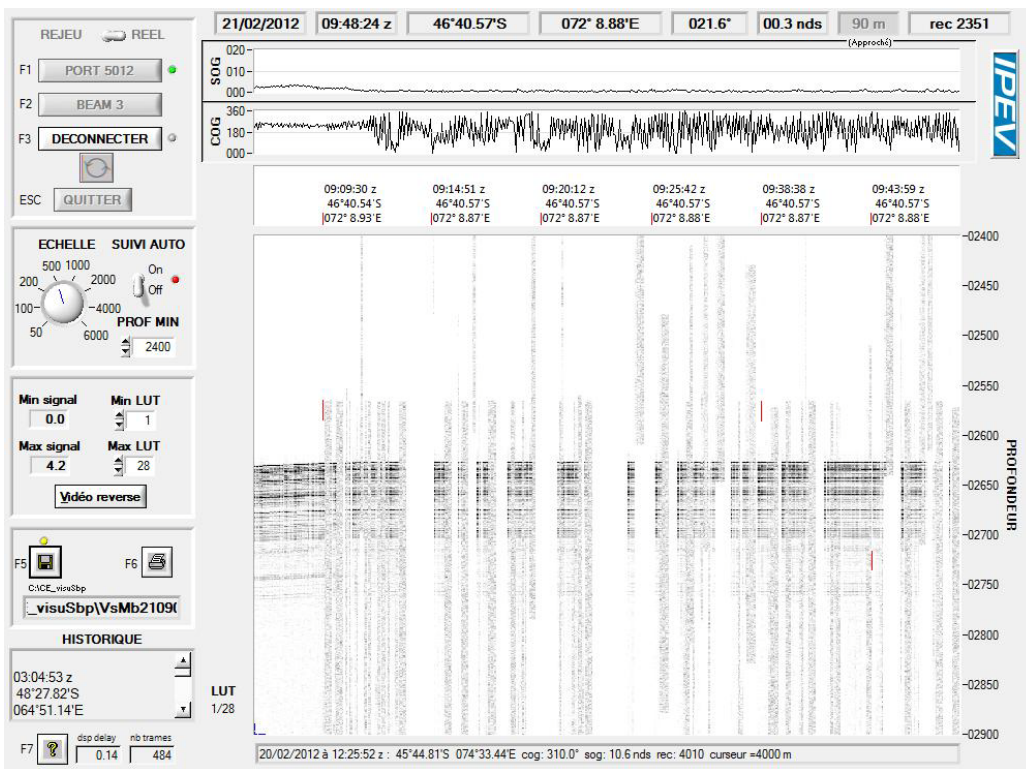
MD12-3404- RGB vs. depth



2.II. Nord-Est Kerguelen : CAROTTE MD12-3405Cq et MD12-3406 (Station 13)



Nous avons effectué un carottage Casq et un carottage Calypso sur ce site



CAROTTE MDI2-3405Cq (Casq) : 7,82 m

Latitude : 46°40.55 Sud - Longitude : 72°08.92 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:
INDIEN-SUD-2

Date:	21/02/2012
N° de station:	13

Météo (force/direction):	soleil
Vent:	
Mer:	
Variation tension:	

CAROTTE (Nr.):
MDI2-3405Cq

LONGUEUR:
7,82 m

POSITION:	
Latitude:	46°40.55 Sud
Longitude:	72°08.92 Est

CAROTTIER :	Casq
Poids total (air):	6,8
Poids total (eau):	
Surface:	
Bottom:	

REGLAGES:	
Tubes (longueur):	9 m
Chute libre:	
Boucle:	
LC poids:	

CONTREPOIDS:	
Type (2):	
Longueur PVC:	
Pénétration:	
Longueur carotte + ogive (+0,15m):	

PARAMETRES:	
Sonde corrigée:	2606 m
Ligne filée:	2595 m
Arrachement/total:	10.3 t

HEURES (GMT):	
Arrivée en station:	9:14
Début de manœuvre:	
Touché: 10 :32	
Fin manœuvre:	
Durée de manœuvre:	
Départ station:	

OPERATION ANNEXES:	
CTD (Hydro):	
CTD (Bouteilles):	
Filet à Plancton:	

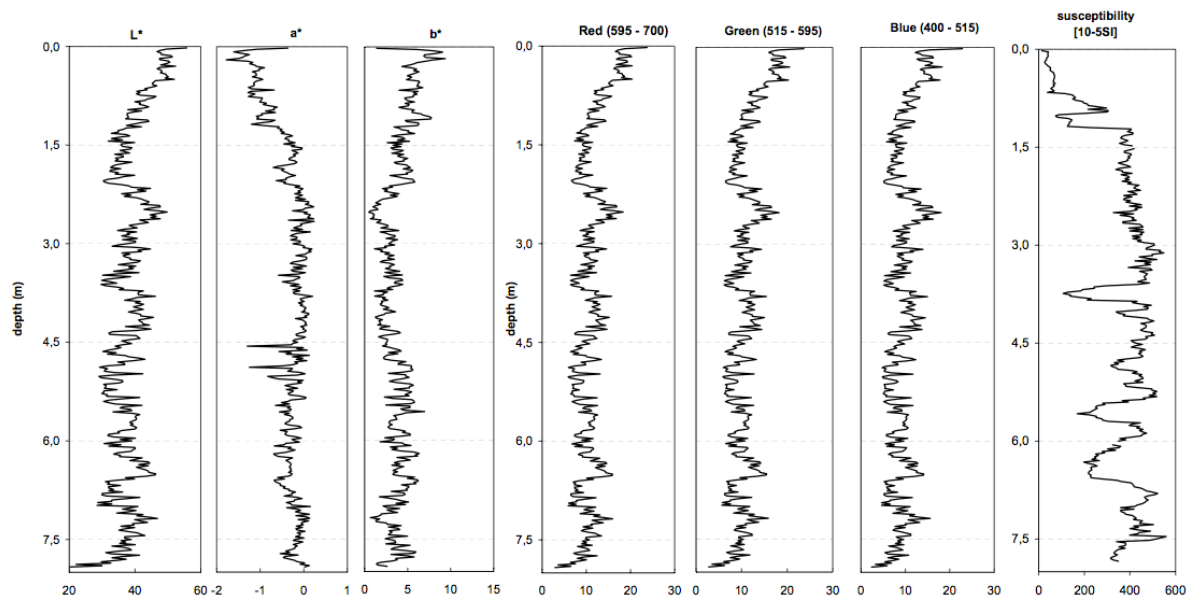
Description / Incidents : un caillou dans ogive, nombreux cailloux dans carotte (drop stones)

Echantillonnage :

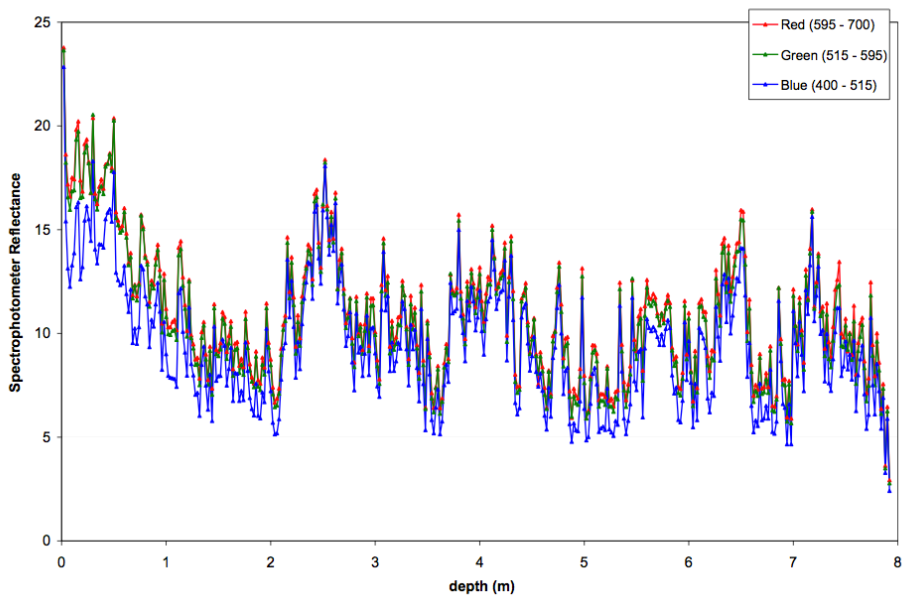
Première couche : petits étuis (A) et gros étuis (B)

Gros étuis (C), U-channels (d)

Sachets



MD12-3405CQ- RGB vs. depth



CAROTTE MDI2-3406 (Calypso) : 34,16 m

Latitude : 46°40.55 Sud - Longitude : 72°08.93 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:

INDIEN-SUD-2

Date: 19/02/2012

N° de station: 13

Météo (force/direction): bonne
Vent:
Mer: calme
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):

MDI2-3406

LONGUEUR:

34,16 m

POSITION:
Latitude: 46°40.55 Sud
Longitude: 72°08.93 Est

CAROTTIER : Calypso
Poids total (air):
Poids total (eau):
Surface:
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 40,2 m
Chute libre: 3 m
Boucle: 10,55 m
LC poids:

CONTREPOIDS:
Type (2):
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 2606 m
Ligne filée:
Arrachement/total: 9,5 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: même station
Début de manœuvre:
Déclenchement: 13:58
Fin manœuvre:
Durée de manœuvre:
Départ station: 15:30

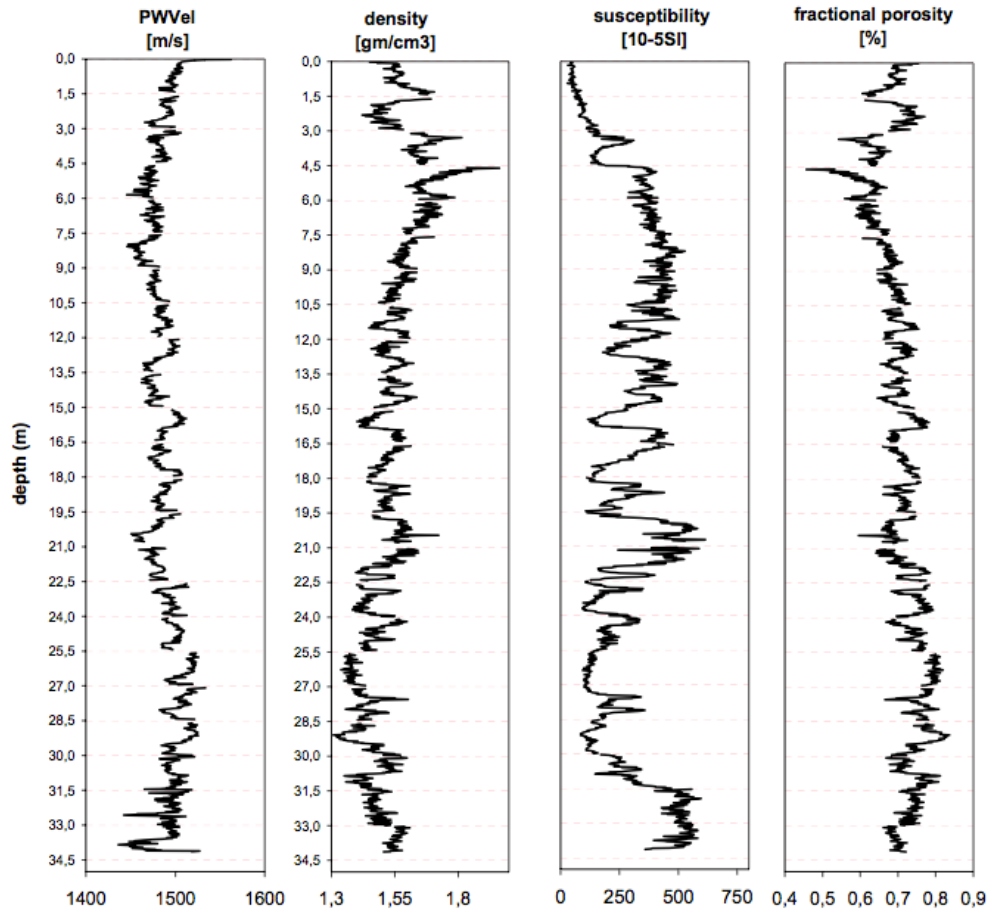
OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

Description / Incidents :

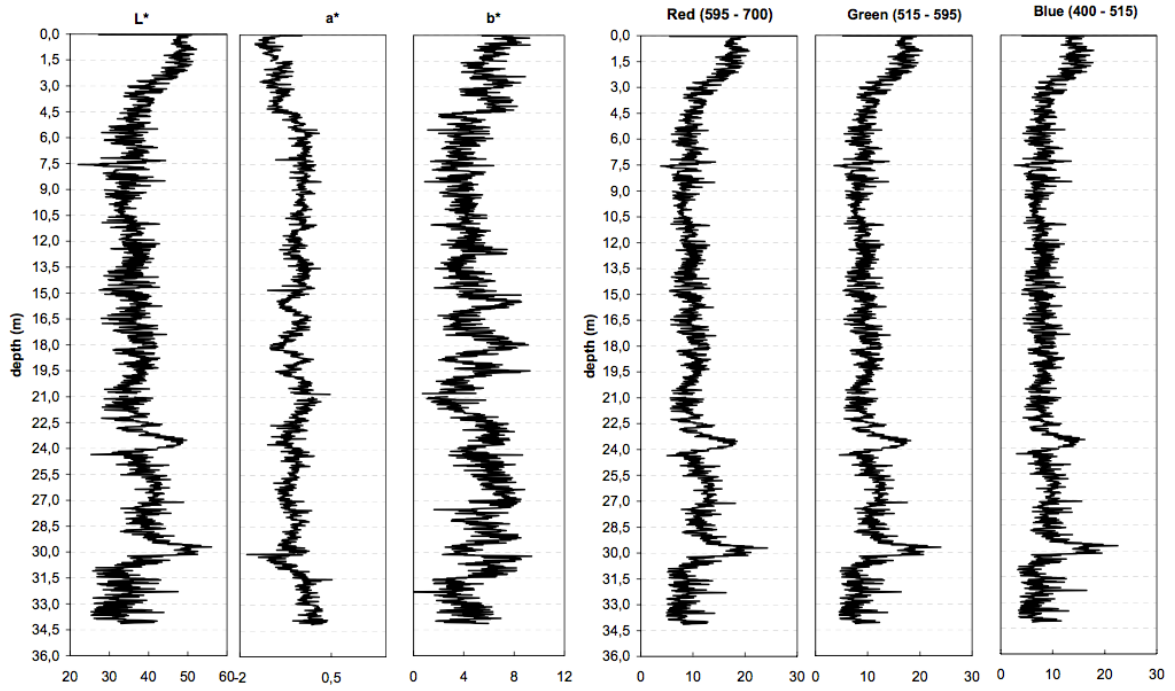
INDIEN SUD 2
2012

Multi-sensor Core Logger

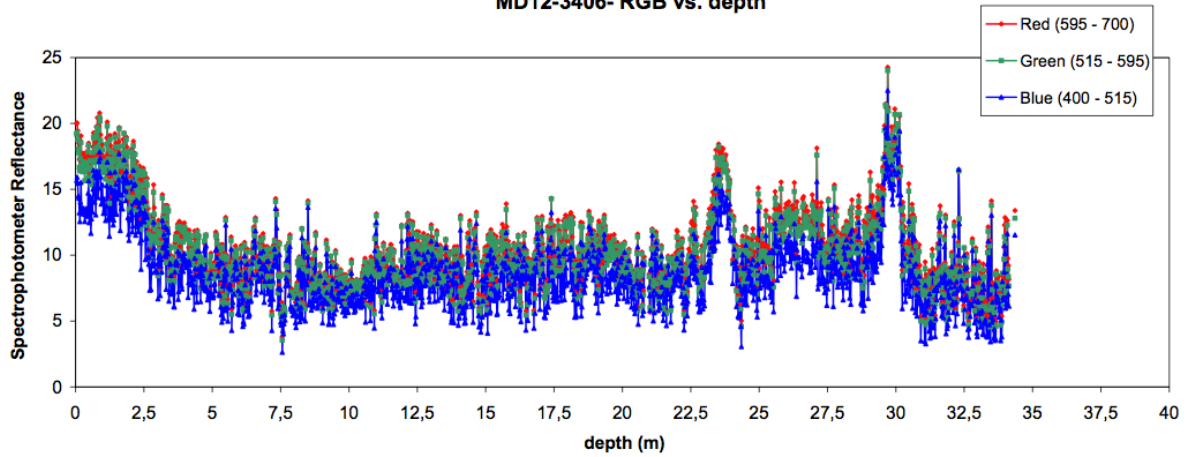
Station
MD12-3406



Spectrophotometer



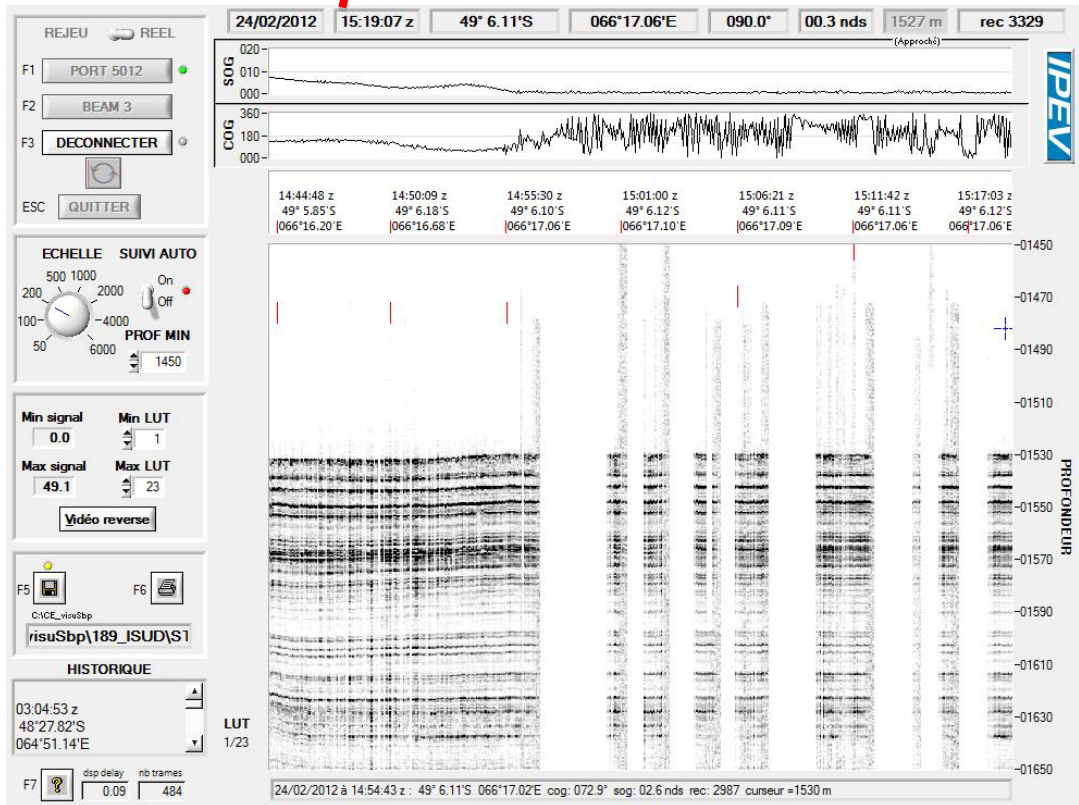
MD12-3406- RGB vs. depth



2.12. Ouest Kerguelen : CAROTTE MD12-3407Cq (Station I4)



Nous avons effectué un carottage Casq sur ce site à l'Ouest de Kerguelen.



CAROTTE MDI2-3407Cq (Casq) : 7,32 m

Latitude : 49°06.13 Sud - Longitude : 66°17.01 Est

NOM DE LA CAMPAGNE:

INDIEN-SUD-2

Date: 24/02/2012

N° de station: 14

Météo (force/direction):
Vent: 30 knts (est)
Mer:
Variation tension:

CAROTTE (Nr.):

MDI2-3407Cq

LONGUEUR:

7,32 m

POSITION:
Latitude: 49°06.13 Sud
Longitude: 66°17.01 Est

CAROTTIER : Casq
Poids total (air): 6,8
Poids total (eau):
Surface:
Bottom:

REGLAGES:
Tubes (longueur): 9 m
Chute libre:
Boucle:
LC poids:

CONTREPOIDS:
Type (2):
Longueur PVC:
Pénétration:
Longueur carotte + ogive (+0,15m):

PARAMETRES:
Sonde corrigée: 1512 m
Ligne filée: 1500 m
Arrachement/total: 11 t

HEURES (GMT):
Arrivée en station: 15:14
Début de manœuvre:
Touché: 16 :30
Fin manœuvre:
Durée de manœuvre:
Départ station: 17 :45

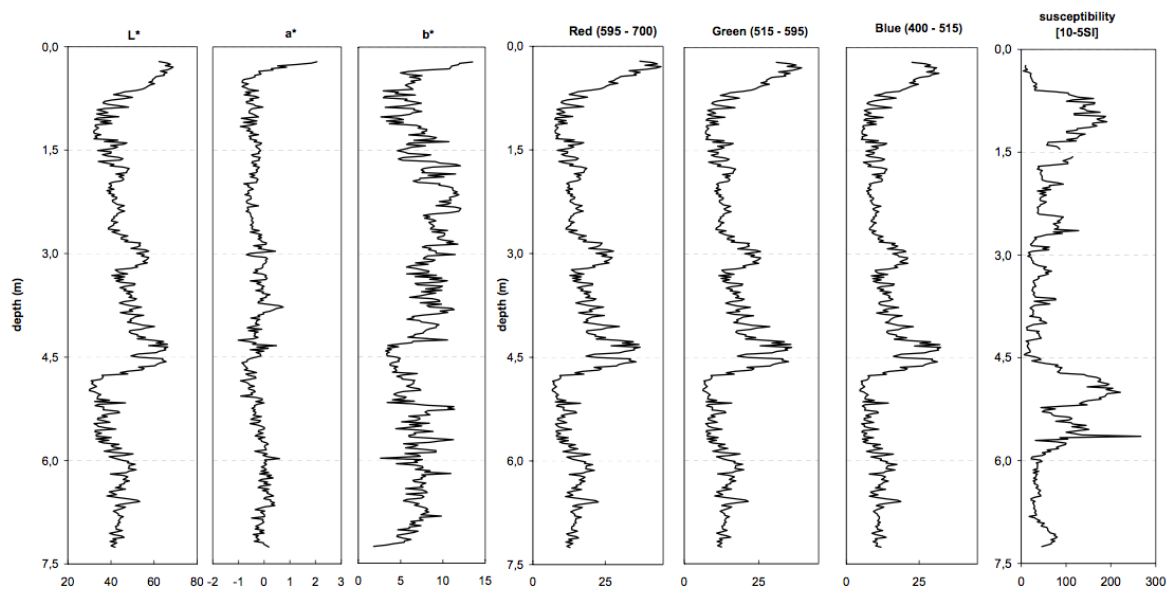
OPERATION ANNEXES:
CTD (Hydro):
CTD (Bouteilles):
Filet à Plancton:

Description / Incidents : un caillou dans ogive, nombreux cailloux dans carotte (drop stones)

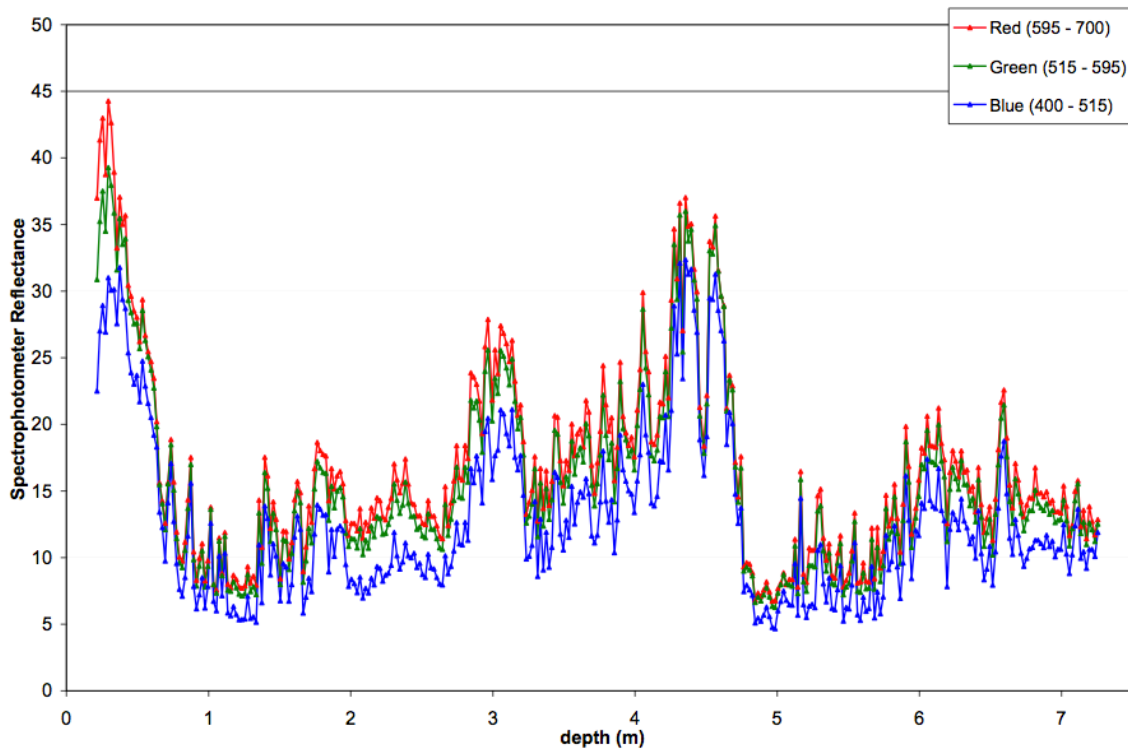
Echantillonnage :

Première couche : petits étuis (A) et gros étuis (B)

Gros étuis (D), U-channels (c)



MD12-3407CQ- RGB vs. depth



3. Filet Multinet : opérations et individus triés à bord

Des traits multinetts (5 filets) verticaux ont été réalisés aux stations OISO 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12. La remontée du filet, pour les prélèvements s'effectue à une vitesse de 0.3 à 0.5m/s.

Sur toutes ces stations un premier trait de filet à été réalisé entre 0 et 100 m pour effectuer des pêches dans les tranches 100-80 m, 80-60 m, 60-40 m, 40-20m, 20-0m. A la station OISO 2 un deuxième trait a été réalisé entre 0 et 200 m. Aux stations OISO3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 11 le deuxième trait a été réalisé entre 0 et 700 m pour effectuer des pêches dans les tranches 700-500 m, 500-300m, 300-200m, 200-100m, 100 et 0m. Enfin, aux stations OISO 10 et OISO 12, le deuxième trait de filet a été réalisé entre 0 et 1500 m, avec les pêches suivantes 1500-1000 m, 1000-500 m, 500-200 m, 200-100 m et 100-0 m. Ci-dessous un tableau récapitule les pêches effectuées aux différentes stations.

Station	Date	Latitude (°)	Longitude (°)	Météo			CTD	Multinet	
				T°C	clouds	wave h			
OISO 2 - a	27/01/2012 5h	30°S	54°06E	air:23,6 eau:23,7	100% couvert	vent 0 houle plate	1200m Surf: 35,377PSU Pic chloro -100m >0,6µg/l	0-10m 10-20m 20-50m 50-70m 70-100m	
OISO 2 - b	27/01/2012 5h-6h	29°59,99	54°06,18	air:24,1 eau:23,8	soleil	vent 0 houle plate		0-40m 40-60m 60-80m 80-100m 100-200m	
OISO 3 - a	28/01/2012 5h	35°S	53°30	air:18,4 eau:20	soleil + couvert à 20%	mer peu agitée	1200m Surf: 35,57PSU Pic chloro 65m	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m	
OISO 3 - b	28/01/2012 5h-6h	34°59,99	53°29,98	" "	" "	houle 2,5 à 3m		0-100m 100-200m 200-300m 300-500m 500-700m	
OISO 4 - a	29/01/2012 5h	40°	52°59	air:17,4 eau:18,61	couvert 100% brumeux	vent 0 houle plate	1200m Surf: 35,525PSU Pic chloro 65m 0,8µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m	
OISO 4 - b	29/01/2012 5h45	39°59,99	52°59,01	air:17,7 eau:18,68	" "	" "		0-100m 100-200m 200-300m 300-500m 500-700m	
OISO 5 - a	30/01/2012 22h	42°30	52°29	air:15,43 eau:13,87	soleil ds la journée	vent 20n mer belle	1200m Surf: 34,225PSU 2µg/l chloro ds les 40 premiers m	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m	
OISO 5 - b	30/01/2012 23h			" "	" "	" "		0-100m 100-200m 200-300m 300-500m 500-700m	
OISO 6 - a	31/01/2012 14h	45°	52°06	air:11,1 eau:8,62	brume ouate	houle longue	1200m Surf:33,725PSU Pic chloro 60m 1,5µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m	
OISO 6 - b	31/01/2012 15h			air:11,6 eau:8,65	" "	" "		0-100m 100-200m 200-300m 300-500m 500-700m	
OISO 7 - a	02/02/2012 9h15	47°40	57°60	air:10,7 eau:7,6	gris - brumeux	mer belle	1200m Surf:33,648PSU Pic chloro1 -45m 1,3µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m	

Station	Date	Latitude (°)	Longitude (°)	Météo			CTD	Multinet		
				T°C	clouds	wave h				
OISO 7 - b	02/02/2012 9h40			" "	" "	" "	Pic chloro2 -120m >2µg/l		0-100m 100-200m 200-300m 300-500m 500-700m	
OISO 8 - a	02/02/2012 19h30	48°	60°	air:9,3 eau:8,21	couvert - pluvieux	houle+ mer de vent (>25n)	1200m Surf:33,6PSU Plateau chloro entre 45 et 75m à 1,5µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m		
OISO 8 - b	02/02/2012 20h15	47°59.96	60°00.09	air:8,9 eau:8,22	" "	" "			0-100m 100-200m 200-300m 300-500m 500-700m	
OISO 9 - a	06/02/2012 7h	48°30	65°	air:6,9 eau:6	100% couvert V:15n	houle>2m longue	1200m Surf:33,616PSU Pic chloro -55/65m 1,5µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m		
OISO 9 - b	06/02/2012 7h30			" "	" "	" "			0- 100m 100- 200m 200- 300m 300- 500m 500- 700m	
OISO 10 - a	09/02/2012 13h30	50°40	68°25	air:4,3 eau:4,72	100%	houle longue	1200m Surf:33,680PSU Plateau chloro ds les 100m, 0,8 à 1µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m		
OISO 10 - b	09/02/2012 14h					" "			0-100m 100-200m 200-500m 500- 1000m 1000- 1500m	
OISO 11 - a	07/02/2012 22h45	56°30	63°	air:1,6 eau:2,69	100%	mer du vent	1200m Surf:33,693PSU Plateau chloro ds les 100m, 0,8 à 1µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m		
OISO 11 - b	07/02/2012 23h15			air : 0,8	NEIGE	" "	4500m		0-100m 100-200m 200-300m 300-500m 500-700m	
OISO 12 - a	21/02/2012	47°	72°	air:6,8 eau:6,53	100%	houle longue douce	1200m Surf:33,680PSU Plateau chloro 20- 80m, 4-5µg/l	0-20m 20-40m 40-60m 60-80m 80-100m		
OISO 12 - b	21/02/2012					" "			0-100m 100-200m 200-500m 500- 1000m 1000- 1500m	

Le transect Ouest du programme OISO traverse les fronts subtropicaux, subantarctique et polaire. Les 2 premières stations sur lesquelles ont été effectués des traits de filet multinet (OISO 2 et 3) sont situées dans la zone oligotrophique subtropicale (figure 2). Les 3 stations suivantes (OISO 4, 5 et 7) sont dans les tourbillons de la zone subantarctique et la productivité dépendra de la physique de méso-échelle, et les 3 dernières stations (OISO 9, 10 et 11) sont dans le front polaire (figure 2). La station 12 est située à l'Est de Kerguelen dans les tourbillons de la zone sub-antarctique.

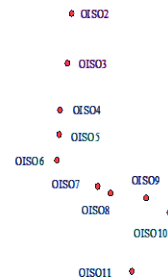


Figure 2 : Position des stations OISO sur lesquelles ont été effectués des traits de filet

Ces différentes stations correspondent donc à des activités photosynthétiques très différentes comme on peut le voir sur les profils de fluorescence des figures 3 et 4. Il est à noter que les profils obtenus à partir de la CTD- rosette (programme OISO) sont en Volt, donc non calibrés.

Les températures de surface des différentes stations varient de 25 à 2°C le long du transect Nord-Sud (figures 3 et 4). Le pic de chlorophylle est en sub-surface pour les stations 2, 3, 4 alors qu'il comment dès la surface pour les stations situées plus au Sud.

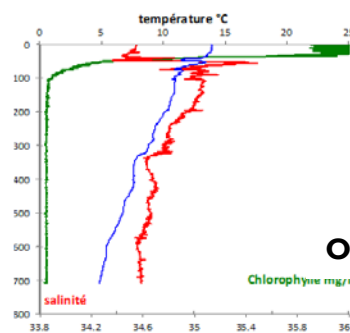
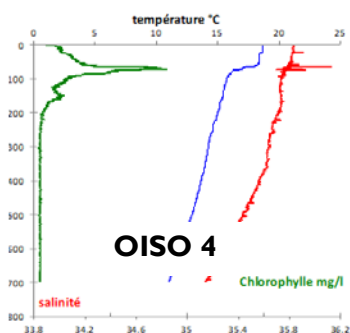
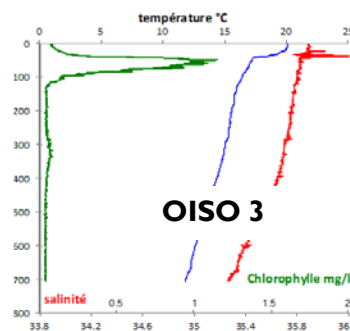
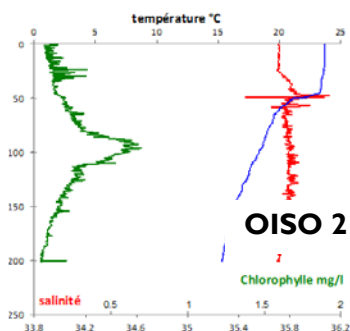
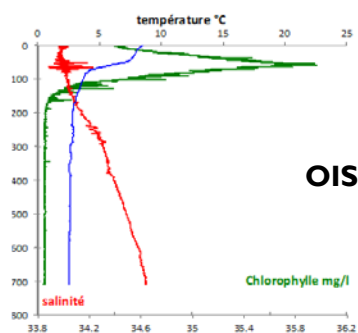
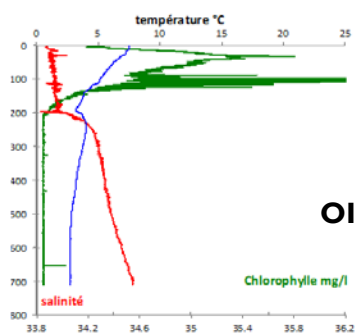


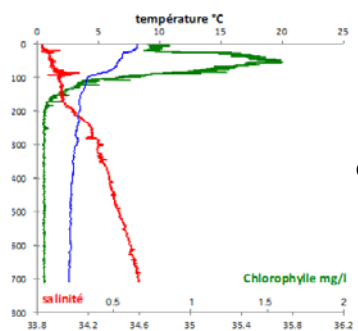
Figure 3 : Profils de température, salinité et fluorimètre des capteurs du multinet pour les stations OISO 2, 3, 4 et 5.



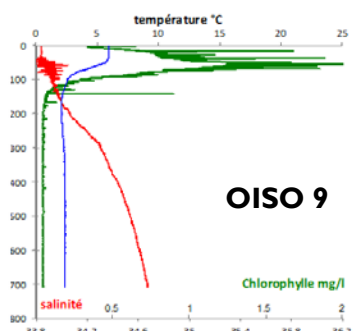
OISO 6



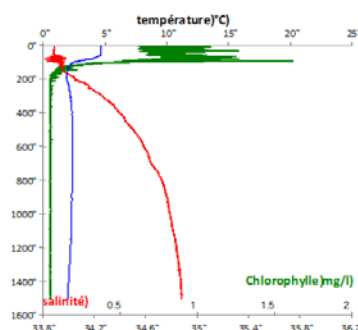
OISO 7



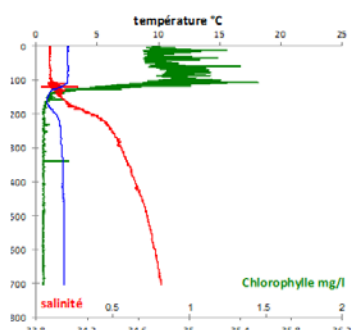
OISO 8



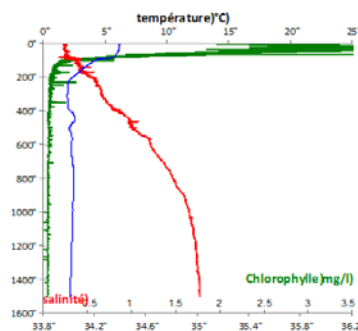
OISO 9



OISO 10



OISO 11



OISO 12

Figure 4 : Profils de température, salinité et fluorimètre des capteurs du multinet pour les stations 6 à 12. L' échelle du fluorimètre n'est pas la même pour la station OISO 12, le pic de productivité étant particulièrement fort à cette station.

A la station 5 les traits de filets multinets n'ont pas permis de pêcher de foraminifères (2 vivants, 8 morts...) et il y avait une grande quantité de krill. La station 4 était également très pauvre, comme l'année précédente, en foraminifères (38 foraminifères vivants). Une quinzaine d'espèces ont été prélevées sur l'ensemble des stations. Seule *G. bulloides* a été retrouvée dans toutes les stations. Il est à noter aussi une très grande quantité de *Limacina inflata*, particulièrement aux stations OISO 10, 11 et 12.

Des foraminifères vivants ont été piqués dans les échantillons d'eau de mer pour les études génétiques (thèse Aurore André, PEPS) et pour l'étude de leur poids de matière organique (thèse Julie Meilland, BIAF). Pour la génétique les individus vivants, des *Neogloboquadrina incompta* et *pachyderma* s., ont été mis à sécher à l'air libre puis conservés en cellule à -20°. Il est à noter que tous les foraminifères vivants n'ont pas pu être piqués ; généralement les piquages ont été réalisés dans 3 à 6 filets, le filet 0-100 m du 2^{ème} trait étant piqué prioritairement.

Pour la génétique les individus ont été prélevés aux stations 6 à 12. Une faible quantité de *Neogloboquadrina incompta* (10-20 individus) a été prélevée des stations 6 à 12. En ce qui concerne les *Neogloboquadrina pachyderma* s., un grand nombre a pu être prélevé aux stations OISO 9, 10, 11 et 12 (de 100 à 200 individus).

Le Tableau ci-dessous indique les différentes espèces prélevées aux différentes stations.

Espèce / station OISO	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>G. bulloides</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>G. siphonifera</i>	x										
<i>G. calida</i>	x	x									
<i>G. glutinata</i>		x			x	x	x	x	x	x	
<i>G. ruber</i>	x	x	x								
<i>G. sacculifer</i>	x	x									
<i>G. hirsuta</i>		x									
<i>G. inflata</i>		x	x			x	x	x			
<i>G. scitula</i>		x		x			x		x		
<i>G. truncatilonoides</i>		x	x								
<i>G. crassaformis</i>			x		x	x					
<i>Hastigerina pelagica</i>	x	x									
<i>N. dutertrei</i>											
<i>N. incompta</i>			x		x	x	x	x	x	x	x
<i>N. pachyderma</i>					x	x	x	x	x		x
<i>O. universa</i>	x	x		x							
<i>T. quinqueloba</i>					x	x	x	x	x		x
<i>G. uvula</i>								x	x	x	x

Au total ~70 *N. incompta* et plus de 800 *N. pachyderma* ont été piqués pour la génétique (thèse Aurore André) et plus de 1300 pour les études de poids du cytoplasme et des tests (thèse Julie Meilland).

Les autres échantillons sont conservés dans l'alcool et stockés au BIAF, à Angers.

4. Déroulement de la campagne

24 janvier 2012

(GMT+4)	(GMT)	
17h00	13h02	Sortie du port

26 janvier 2012

		Station OISO1 28°00,00S 54°20,00E
10h22	10h55	CTD (descente 1200 m) –pb câble électrique
13h15	14h48	Seconde descente CTD

27 janvier 2012

		Station OISO2 30°00.00 S 054°06.00 E
01h15	03h05	CTD
04h13	05h00	Filet multinet (100m)
05h38	6h02	Filet multinet (200m) puis départ vers OISO3 (3 moteurs cause météo fuite devant cyclone)

28 janvier 2012

		Station 3 (O_3) 35°00.00 S 053°30.00 E, 4060 m
03h00	05h30	CTD (1000 m), avec remontée du magnétomètre
05h08	05h40	1 ^{er} filet (100m)
05h55	06h30	2 ^{ème} filet (700 m) et départ

29 janvier 2012

		Station 4 (O_4) 40°00.00 S 052°50.00 E, 4000 m
02h50	05h20	Mise à l'eau CTD (descente 1000 m)
05h25	06h36	Filets (100 m et 700 m)
12h00	13h24	Hydrophones H_NCRO-1, (4000m 41°04.06 S 052°50.72 E)
12h00		Balise à bord
16h00		Remise à l'eau première balise (41°14S 053°02E)
00h00	20h00	Fin remise à l'eau première balise

30 janvier 2012

		Hydrophones H_NCRO-2, (4000m 41°04.06 S 052°50.72 E)
02h45		Seconde balise à bord
06h49		Troisième balise à bord (41°14.61S 053°09.74E)
08h30		On part : bilan 3 balises récupérées une seule remise à l'eau (la première)
		Station 5 (O_5) 4000 m 42°29.964 S 052°29.055
19h35	21h00	CTD Rosette + 2 filets, à 100m et 700 m

31 janvier 2012

06h00		On passe sur un beau site potentiel (43°53 S 052°16.21E)
		Station 6 (O_6) 4000 m -45°00.00 S 052°06.00 E
11h48	15h30	CTD Rosette 1200m + 2 filets, à 100m et 700 m

1^{er} février 2012

02h30		ESCALE CROZET (-46°25.68 S 051°52.57 E)
		Arrivée (brumeux !)
	12h15	départ

2 février 2012

06h40	10h17	Station 7 (O_7) 4000m -47°40.00 S 058°00.00 E CTD Rosette 1200m + 2 filets, à 100m et 700 m
17h15	21h	Station 8 (O_8) 4000m -48°00.00 S 060°00.00 E CTD Rosette 1200m + 2 filets, à 100m et 700 m (panne pendant 20' moteur tribord = difficile tenir station)

3 février 2012

Hydrophones H_WKER
04h00 WKER2 : balise ne remonte pas, tentative vaine de grappinage
05h00 11h00 Récupération WKER1

4 février 2012

04h12	4h30	Arrivée et récupération WKER3
12h00		Continuation de l'essai de grappinage sur WKER2
17h00	24h00	Mouillage balise sur WKER2, puis triangulation

5 février 2012

Station I carottage
Site de station 9 en 2011 abandonné suite à rupture de l'élingue à la mise à bord de la carotte

15h15		En station (48°22,54S 64°35,17E)
18h20		Top déclenché 2310m
20h00		MD12-3394 ; 39,07 m à bord
20h15		On se déplace...
20h15		En station (48°27,84S 64°51,19E), mais perte de station

6 février 2012

00h00		En station (48°27,84S 64°51,19E) – par le Cdt
01h44		Casq touche..
03h04		Casq à bord mais VIDE..
03h30		Route vers OISO9
03h04		Station 9 (O_9) 4000m -48°30.00 S 065°00.00 E.
03h04	8h02	CTD Rosette 1200m + 2 filets, à 100m et 700 m
08h05		Route vers OISO11

7 février 2012

20h44		Station 11 (O_11) 56° 30.00 S 059°76.000E 2 CTD Rosette 4780m + 2 filets, à 100m et 700 m
-------	--	---

8 février 2012

06h00		En route vers OISO10
-------	--	----------------------

9 février 2012

11h00	14h55	Station 10 (O_10) 50° 40.00 S 068°25.000E CTD Rosette 1200m + 2 filets, à 100m et 700 m
15h00		Retour vers site MD11-3353 (KerFix) pour essayer d'avoir stade 11 Assemblage du carottier de 55 m
16h55		En station (50°39,78S 068°25,12E)
21h53		Pb à l'arrachement
22h07		Perte de tension ! Perte du carottier
23h30		On quitte la station

10 février 2012

Baie de la Table
05h30 Entrée et route vers sites B et A observation de la bathy
10h10 Premier essai, pas de déclenchement
10h30 Second essai, bras de déclenchement bloqué par une vis de l'accéléromètre
11h28 **3^{ème} essai... ça marche : MD12-3395, 40,16 m, à 186 m de profondeur**
11h30 On part

11 février 2012

PASSAGE À GMT +5
Route avec 8 points de prélèvements d'eau pour OISO (sans stations)

12 février 2012

08h49 **Station : 48°25 S 082°38,78E**
10h00 Perte d'un carottier Casq lors de la descente (vers 1000m)
(épissure au dessus du lest Casq était en mauvais état)
6 heures de survey pendant préparation d'un nouveau Casq
19h46 En Station 48°25,49S 082°38,77E
21h53 Top touché
23h01 **Casq remonté, seulement quelques cailloux dans ogive**
23h40 Départ (bien déçus)

13 février 2012

13h11 **En station (47°43,88S 086°41,71E)**
15h25 Touché
17h15 **Casq à bord MD12-3396Cq, 8,59 m, à 3630m de profondeur**

14 février 2012

01h10 Passage sur site MD11-3354
02h46 **En station (46°13,55S 087°35,89E)**
04h47 touché
06h20 **A bord MD12-3397Cq, 3,46m, 3466m d'eau**
11h05 Passage sur point MD94-103, survey en mode mixte autour de ce point
14h31 En station (45°34,75S 086°31,85 E (position de la MD94-103)
15h29 Touché
17h45 **A bord MD12-3398Cq L=5,99m, 3560m d'eau**
19h46 Mise à l'eau calypso au même site
21h03 Top déclenché
23h01 **Sur le pont MD12-3399, 37,79 m, 3560m d'eau**
23h18 On part

15 février 2012

Route, avec cartographie bathymétrie
18h00 Passage sur le site, puis reconnaissance, proche du site abandonné pour l'évacuation
sanitaire en 2011
19h30 **En station (45°34,45S 081°14,38 E)**
22h30 **A bord MD12-3400Cq, 8m, 3360m d'eau**
23h00 Mise en place du carottier Calypso

16 février 2012

01h27 Début descente Calypso
02h24 Déclenché dans l'eau (!)
03h47 Remontée, manque les tubes
04h50 départ
10h00 Passage sur site « IS4 new » (site MD11-3357)

11h30 **En station 44°40,73S 080°23,58 E**
 13h41 Touché
 15h27 **A bord MDI2-3401Cq, 8,21m, 3445m d'eau**
 15h55 Route vers « IS4 new 2 », prospection (zone avec bon 3,5 kHz petite)
 22h24 **En station (après une longue prospection) 44°46,13S 079°49,17 E**
 23h03 Début descente carottier

17 février 2012

01h17 En surface mais vide (quelques petits cailloux)
 02h04 Fin station
 07h15 **En station (45°34,47 S 081°14,40E)**
 10h45 12h24 Arrachement Calypso 8t .. pb boulons cassants ? et retour en surface
 13h05 Grèvement d'un nouveau carottier -> survey pendant ce temps multibeam
 19h14 **En station (45°34,48 S 081°14,35E)**
 22h14 Top déclenché
 23h55 **A bord MDI2-3402, 33,90m, 3353m d'eau**

18 février 2012

04h35 Beau site sur la route de « IS10 », du vent, mer mauvaise
 14h48 20h53 Changements de route, passage sur 2 sites qui semblent possible..
 22h07 **En station (47°08,80 S 076°58,28E)**
 23h10 Début descente Carottier Casq

19 février 2012

00h40 Touché
 02h12 **A bord MDI2-3403Cq, 7,80m, 3192m d'eau**
 02h23 On se déplace un peu pour le carottage Calypso
 02h45 **En station (47°09,28 S 076°56,61E)**
 04h30 Début descente Carottier Calypso (après perte et reprise station)
 05h42 Déclenchement (la météo se dégrade)
 07h00 **A bord MDI2-3404, 36,12m, 3232m d'eau**
 12h25 vitesse 3 nœuds cause dépression

20 février 2012

19h00 **Station 13 (O_13) 45° 40.00 S 073°19.000E**
 21h45 Fin Station

21 février 2012

05h40 Passage sur « IS11 », prospection
 09h14 **En station (46°40,55 S 072°08,92E)**
 11h50 **A bord MDI2-3405Cq, 7,82m, 2606m d'eau**
 13h05 Début descente Carottier Calypso
 14h45 **A bord MDI2-3406, 34,16m, 2606m d'eau**
 17h29 **Station 12 (O_12) 47° 00.00 S 072°01.000E**
 CTD Rosette 1200m + 2 Filets
 22h09 Départ station

22 février 2012

Route vers Kerguelen, acquisition bathymétrie

23 février 2012

02h00 12h00 **ESCALE KERGUELEN (-46°25.68 S 051°52.57 E)**
 Soleil

24 février 2012

01h30	02h30	Triangulation sur KerFix, recherche du porte lest
02h30	13h14	Route vers site MD04-2718, très condensé on préfère un autre site
15h14		En station (49°06,13 S 066°17,01E)
15h47		Mise à l'eau carottier Casq
16h30		Touché
17h26		A bord MDI2-3407Cq, 7,32m, 1512m d'eau
17h45		On part, vers prospection « Extraplaque »

25 février 2012

03h00	21h00	Mauvais temps, jusqu'à 60 nœuds de vent, à la cape...
-------	-------	---

26 février 2012

Prospection « Extraplaque » par beau temps
Prospection autour de la zone IS2 (voir 2011), pas de bon sédiment

27 février 2012

Prospection « Extraplaque »

28 février 2012

Route vers les sites hydrophones HSWA

29 février 2012

00h00	19h15	GMT +5 Hydrophones HSWA
20h08		En station (42°58,05 S 074°39,83E)
20h33		Mise à l'eau carottier Casq
21h32		Touché
17h26		A bord mais vide...

FIN DES CAROTTAGES

1^{er} mars 2012

13h45	17h00	OPÉRATIONS OISO 15
-------	-------	---------------------------

2 mars 2012

00h45	01h30	Passage devant Saint-Paul (38°36S 077°33E)
04h00		Arrivée à Amsterdam
12h15		Départ d'Amsterdam

3 mars 2012

Transit...

4 mars 2012

02h30	09h17	Opérations d'un hydrophone HNEA (récupération, mise à l'eau, triangulation)
09h17		Route vers OISO16

5 mars 2012

Transit

6 mars 2012

05h54	08h00	OPÉRATIONS OISO 16
-------	-------	---------------------------

7 mars 2012

20h00		OPÉRATIONS OISO 17
-------	--	---------------------------

8 mars 2012

02h00

Fin OISO 17

Puis transit

9 mars 2012

11h43

19h00

Opérations d'un hydrophone OHI-MAD (récupération, mise à l'eau, triangulation)

10 mars 2012

Route vers la Réunion, émission France Info « Circulez il y a le monde à voir »

11 mars 2012

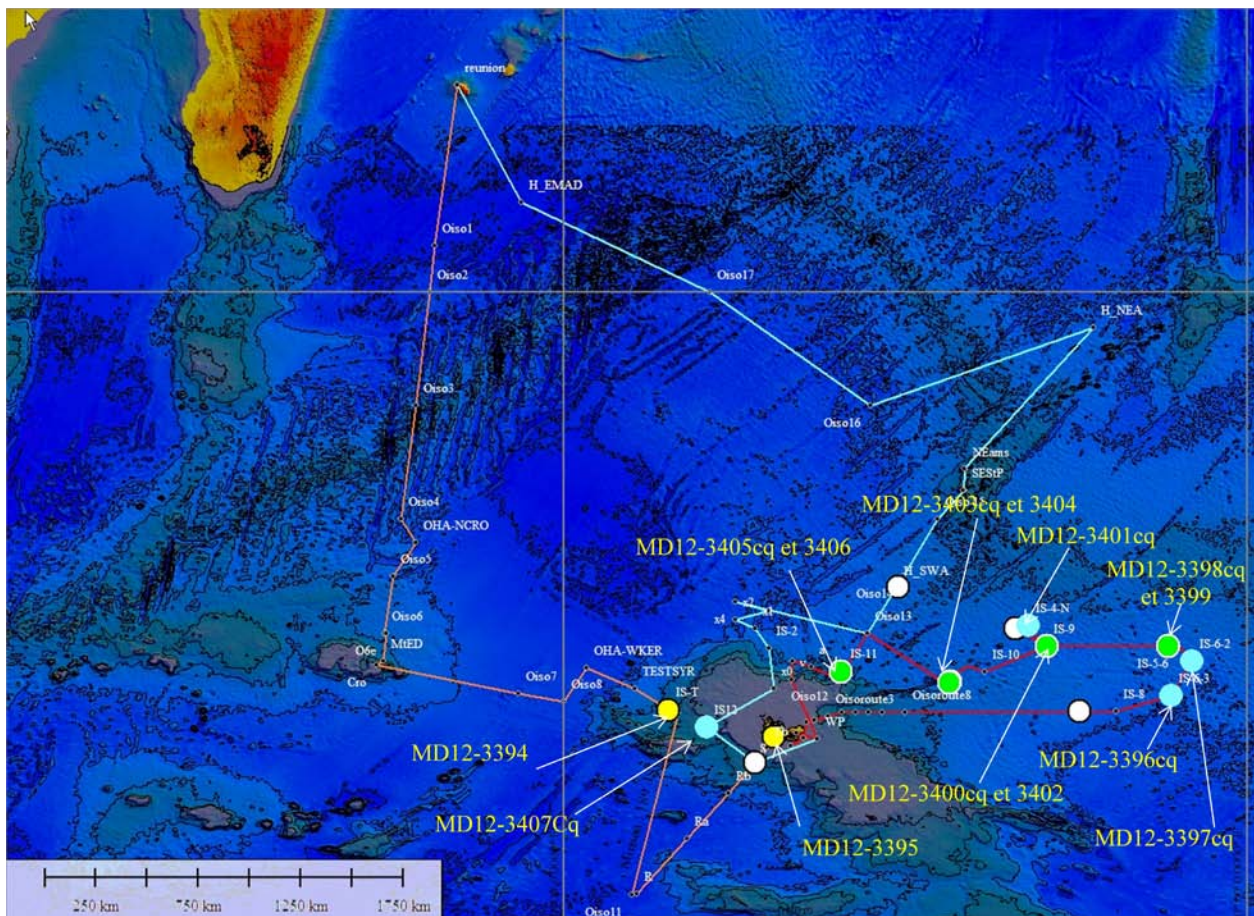
07h00

ARRIVEE A LA REUNION, FIN DE LA MISSION

5. Bilan et perspectives

8 Carottages Casq
6 Carottages Calypso (5 pour Indien Sud, une pour Kaviar)
22 prélèvements au filet « multinet » aux stations OISO n° 2 à 12
Prélèvements d'eau pour le carbone 14 aux stations OISO n° 6, 11 et 17
Prélèvements d'eau pour les isotopes du Bore aux stations OISO n° 5, 6, 8, 9, 11, 10 et 17
3 Prélèvements d'air (à 35°S 053°30E ; 56°30'S 063°E ; et 43°S 074° E)

La figure ci-dessous montre le bilan de la campagne INDIEN-SUD 2.



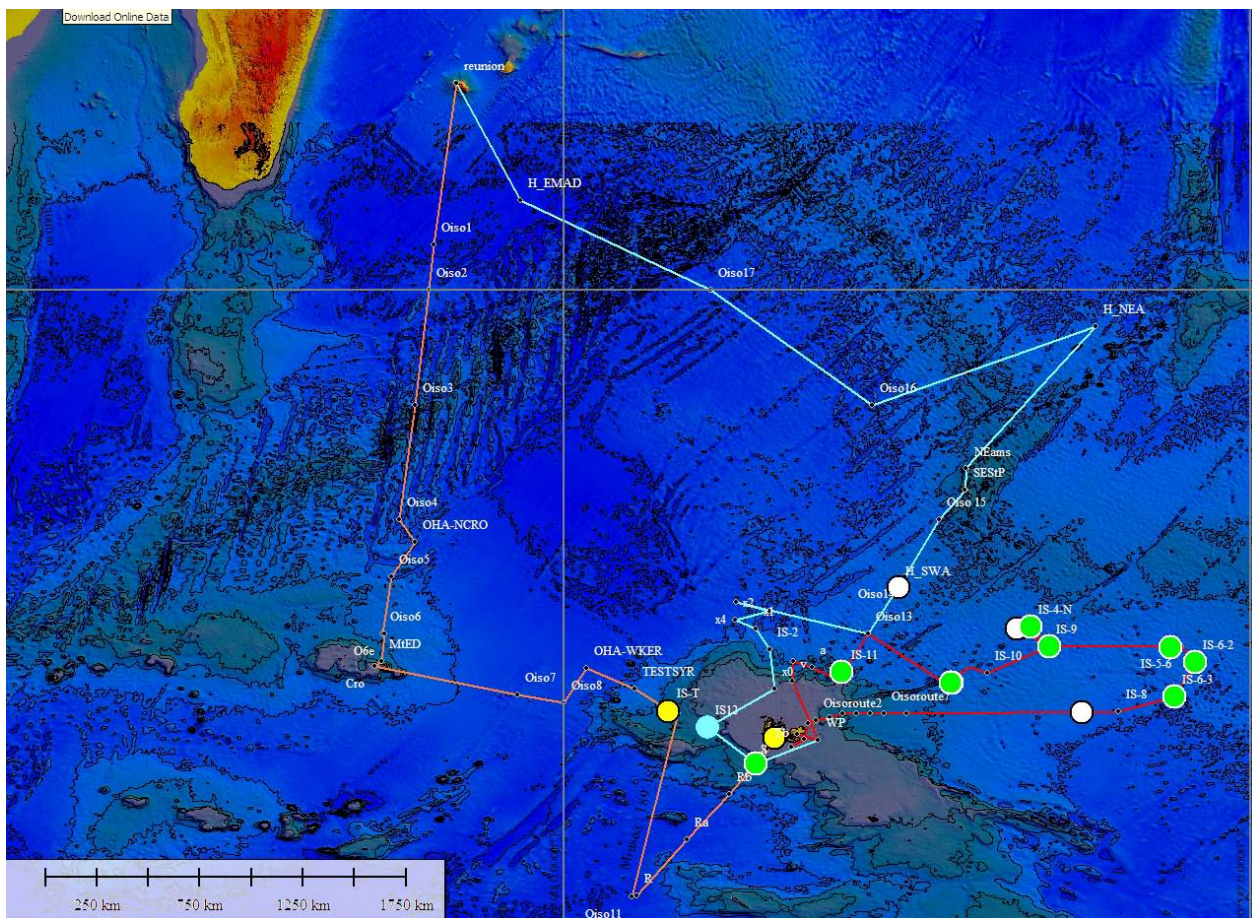
En vert, une carotte Casq et une carotte Calypso obtenues au site

En bleu, une carotte Casq obtenue

En jaune, une carotte Calypso obtenue

(en blanc, pas de sédiment dans le carottier (Casq))

La seconde figure, ci-dessous, montre le bilan final des deux campagnes INDIEN-SUD 1 et INDIEN-SUD 2.



- En vert, une carotte Casq et une carotte Calypso obtenues
- En bleu, une carotte Casq obtenue
- En jaune, une carotte Calypso obtenue
- En blanc, pas de sédiment dans le carottier (Casq)

Cette seconde campagne a permis d'atteindre pleinement les objectifs initiaux de notre projet, en complétant les carottages de la première campagne.

Nous remercions très vivement l'IPEV de la programmation de cette seconde campagne, ainsi que tout le personnel à bord pour la réalisation de ces objectifs.

6. Annexes

Les techniques de carottage, de travail sur le pont et d'échantillonnage des sédiments à bord sont celles classiquement utilisées. Nous avons aussi utilisé un filet « multinet » pour des prélèvements de microfaune à différentes profondeurs et effectué des prélèvements des gaz rares (Hélium issu des dorsales océaniques et piégé dans les sédiments) dans deux carottes MD11-3354 et MD11-3356.

6.1. Multifaisceaux et repérage des sites de carottage

L'échosondeur acoustique multifaisceaux « Thomson Seafalcon II » installé à bord du Marion-Dufresne en 1995 est un instrument essentiel car il permet de visualiser la bathymétrie ainsi que la structure sédimentaire sur plus de 100 m d'épaisseur. C'est donc un instrument essentiel à la détermination des sites de carottage, il permet aussi des prospections pendant les transits ou lors de l'approche des sites. Les données bathymétriques sont visualisées en temps réel sous forme de cartes topographiques des fonds marins grâce au logiciel « Caraïbes ».

Le mode « sondeur sédimentaire » utilise une fréquence de 3,75 kHz. L'étroitesse de la zone d'investigation (5,6 degrés) assure une bonne concentration de l'énergie acoustique émise, et donc une haute résolution qui offre une excellente visualisation de la structure du sédiment. Les deux modes, « bathymétrie » et « sondeur sédimentaire » peuvent être utilisés soit séparément, soit simultanément (mode mixte).

Nous avons bien entendu fait un usage abondant de cet équipement. Nous avons ainsi repéré pendant les transits des zones favorables pour des carottages futurs. Nous avons également réalisé des prospections lors de l'arrivée du navire sur chaque zone de carottage, pour choisir les positions exactes des carottes en fonction de la bathymétrie, de la régularité du dépôt du sédiment, et de son épaisseur.

Nous avons utilisé l'écho sondeur soit en mode mixte soit en mode « sondeur sédimentaire » seul, pour améliorer encore la résolution, de l'imagerie sédimentaire. Lors des transits, nous utilisons en général le mode mixte. Au voisinage des sites de carottages, en approche finale notamment lors d'un second passage sur le site, nous avons plutôt utilisé le mode « sondeur sédimentaire » seul.

L'échosondeur acoustique multifaisceaux peut être utilisé jusqu'à une vitesse de 17 nœuds. Cependant, pour les prospections sur les zones de carottage, nous demandons une vitesse de navigation réduite, d'environ 10 nœuds, pour bénéficier d'une résolution maximale.

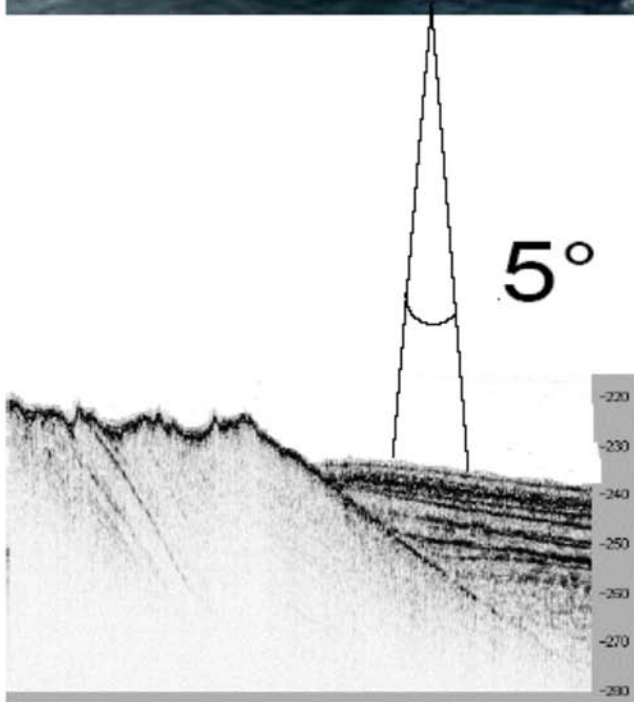


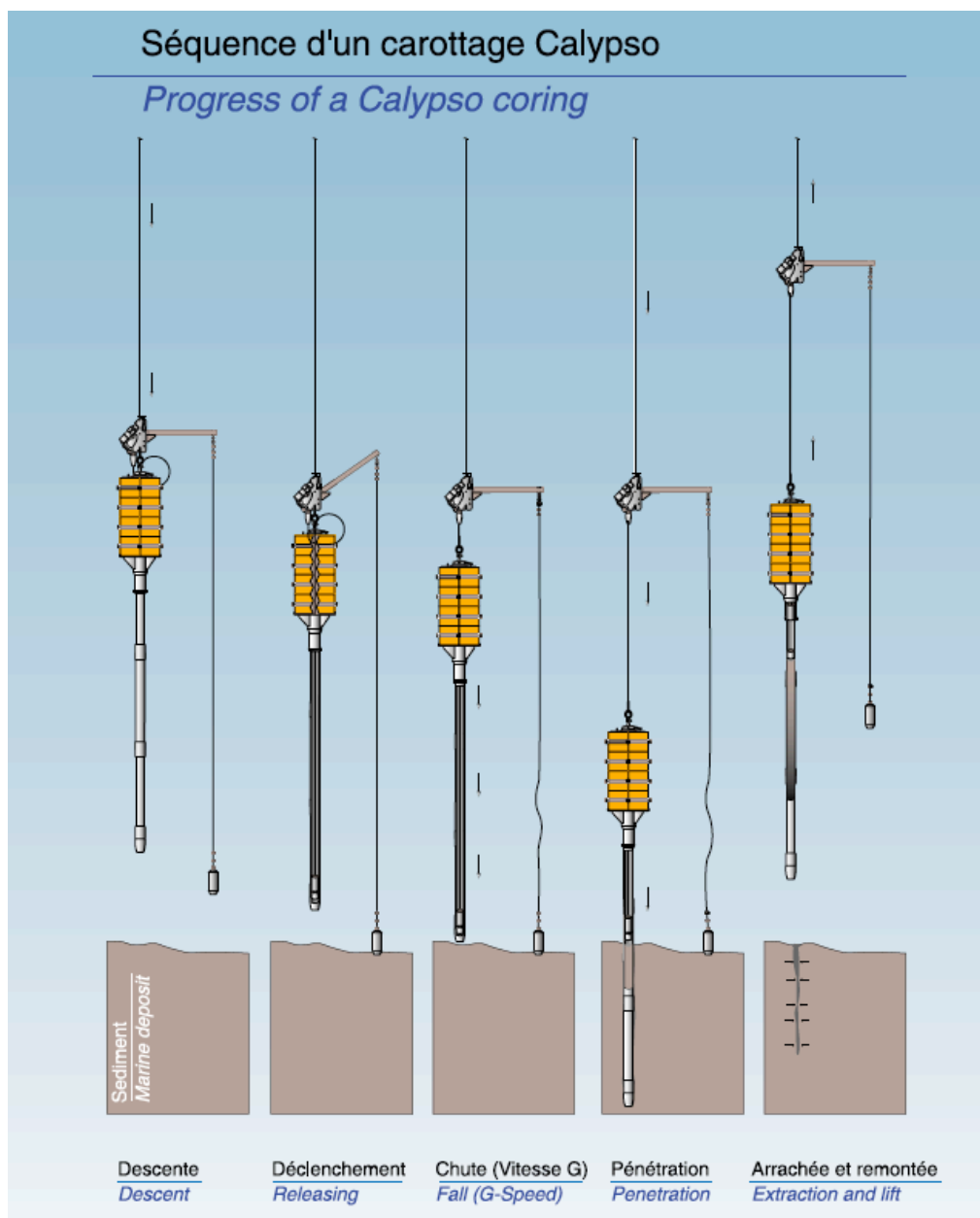
Figure 5 : Illustration schématique du sondeur sédimentaire acoustique (3,75 kHz)

6.2. Carottages Calypso

Le carottier géant Calypso, de type Kullenberg, a été développé par l'IPEV, en particulier par Yvon Balut. Il peut être équipé d'un tube mesurant jusqu'à 60 m de long. Le câble en matière synthétique « Aramide » présente une densité proche de celle de l'eau. Une fois mis à l'eau son poids est donc compensé par la poussée d'Archimède.

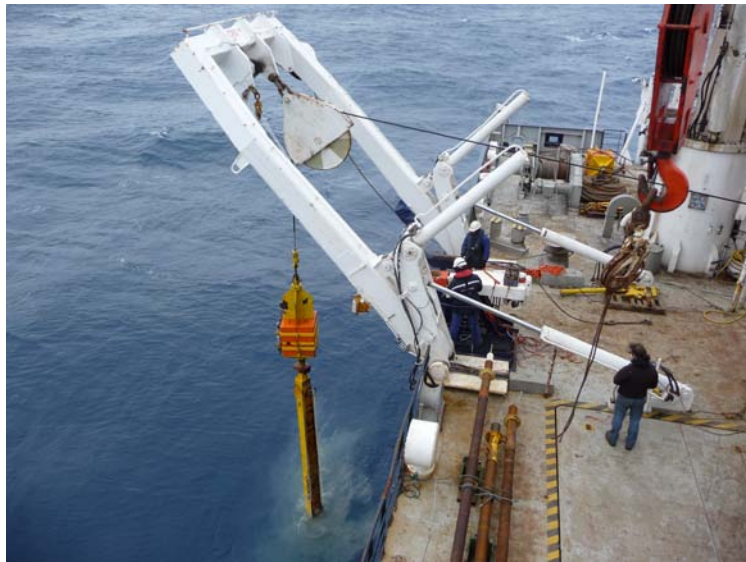


Le principe de son fonctionnement est illustré ci-dessous :



6.3. Carottages Casq

Le carottier à grande section carrée « Casq » présente une section carrée de 25 cm x 25 cm. Il permet de récupérer de grandes quantités de sédiment non déformé au sommet des séries sédimentaires, là où le sédiment souvent très meuble est susceptible d'être parfois déformé par le carottier Calypso. Sa longueur est de 9 m ou 12 m.



Echantillonnage du carottier Casq

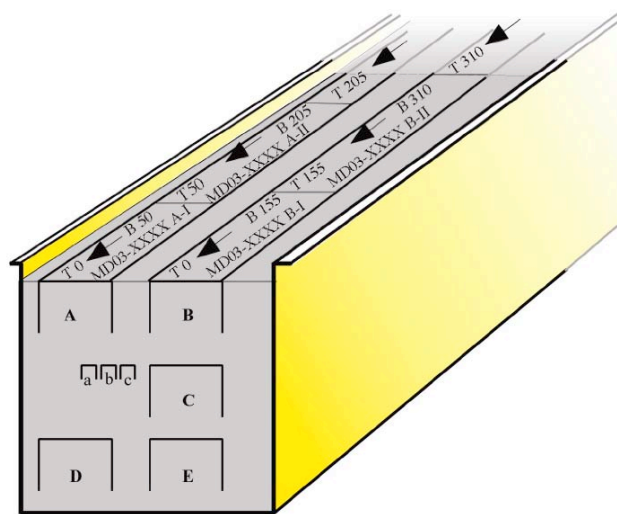


Schéma de l'échantillonnage du carottier Casq, une fois mis à bord et sa face latérale ouverte par l'équipage.

Les échantillonnages A, B, C, D, E sont effectués au moyen de D-tubes préalablement découpés. Les échantillonnages a, b et c, correspondent aux « U-channels », tubes plastiques à couvercle amovible de 2 cm x 2 cm x 150 cm. Les « u-channels » sont notamment utilisés pour les mesures à haute résolution des magnétiques au laboratoire.

6.4. Echantillonnage et marquage des carottes Calypso



Marquage des carottes



Outil à découper mis en place

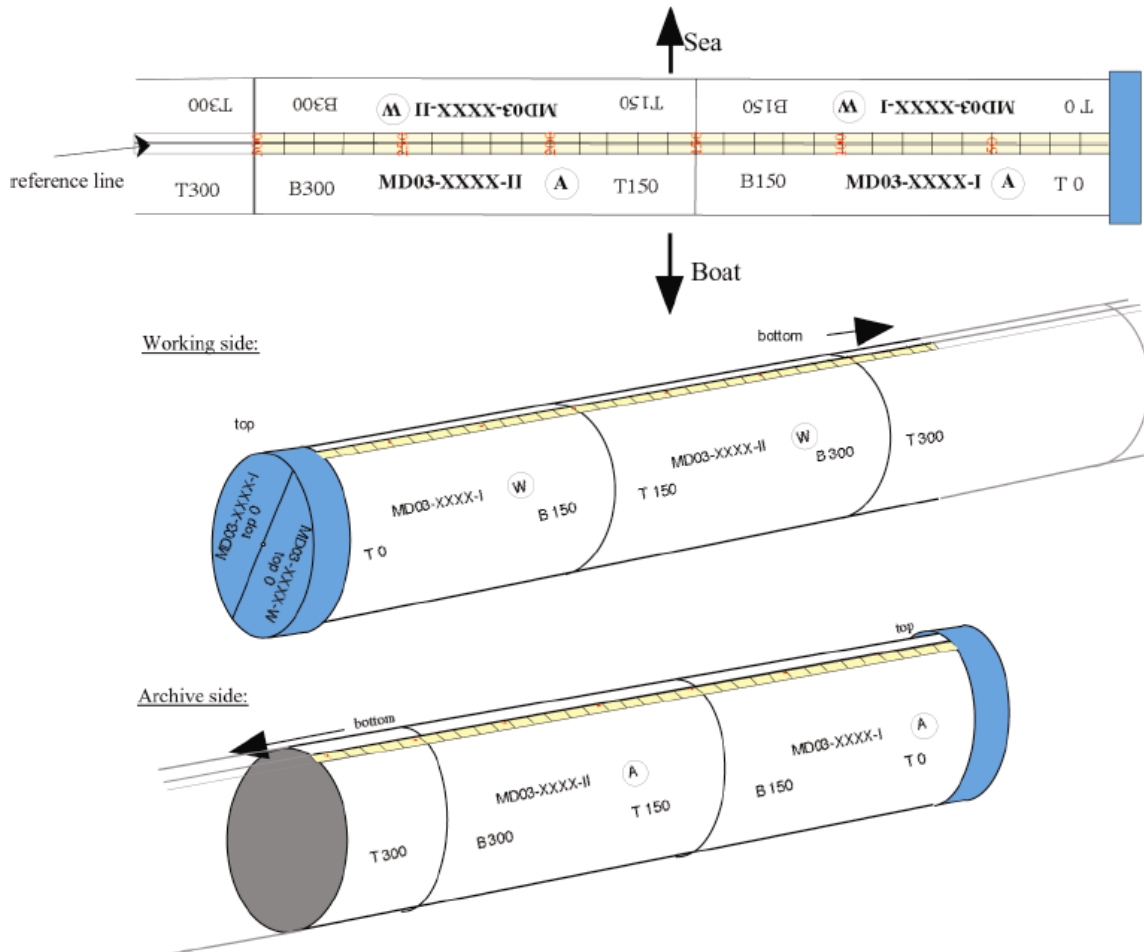
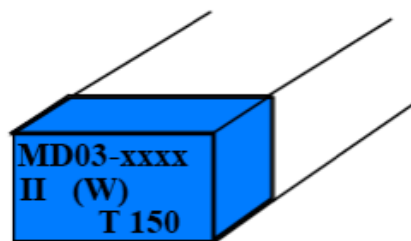
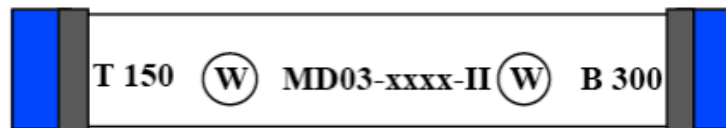


Schéma de marquage des carottes Calypso



Marquage des « D-tubes » avant stockage dans le conteneur réfrigéré (4°C)

C

6.5. Mesures physiques « MST »

6.5.1. Analyses du sédiment à bord

Les propriétés physiques du sédiment sont mesurées sur un banc Multi-Sensor Core Logger conçu par GEOTEK. Ce banc appartient à l'IPEV et est mis à la disposition des scientifiques à bord du Marion Dufresne. Il est ainsi possible de réaliser à bord les analyses sur le sédiment de :

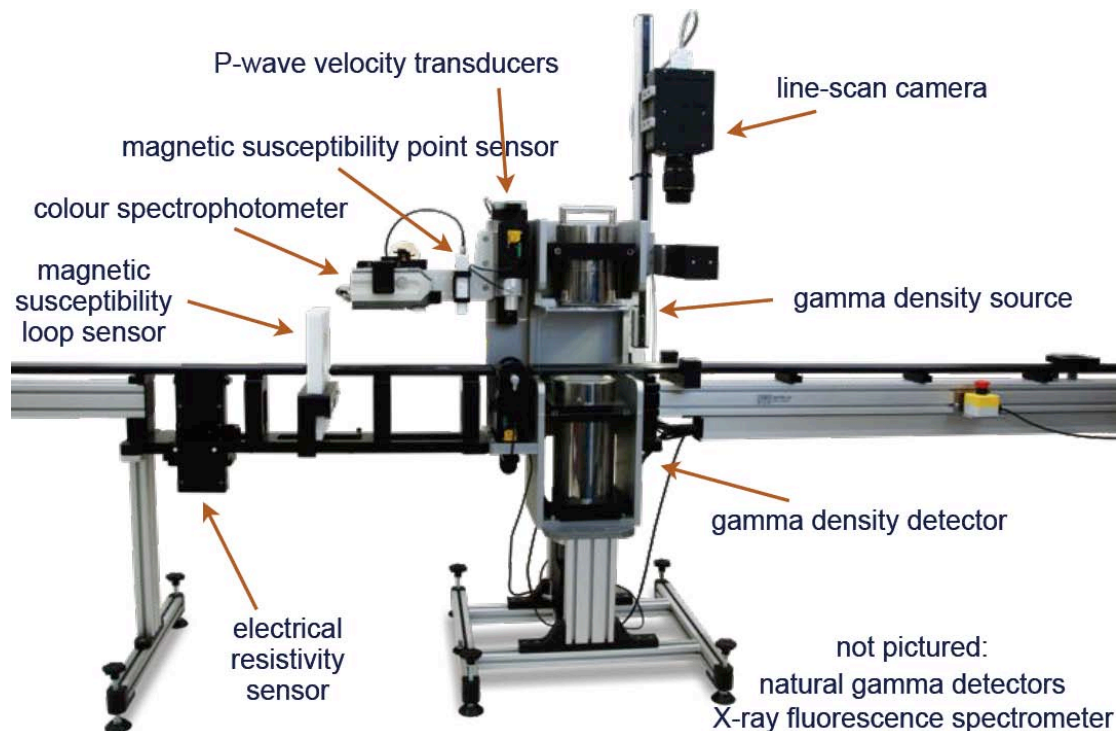
- susceptibilité magnétique ;
- densité ;
- vitesse de propagation des ondes P.

L'analyse de la vitesse de propagation des ondes P n'a pas été réalisée sur cette mission.

Une nouveauté sur cette mission fut l'installation sur le banc MSCL d'un spectrophotomètre permettant l'analyse de la couleur du sédiment et donc d'extraire les composantes rouges, vertes et bleues du sédiment.

Cette analyse de couleur est réalisée simultanément aux autres propriétés physiques du sédiment. L'installation de ce nouveau dispositif représente pour les scientifiques un gain de temps significatif lors du traitement des carottes sur le pont. En effet, cette mesure était réalisée auparavant avec un appareil portable et n'était pas couplée aux analyses MSCL.

Le dispositif permet également de réaliser un scan-image (GEOSCAN DIGITAL IMAGING) de chaque section de carotte grâce à une caméra CCD installée sur le banc.



Multi-Sensor Core Logger GEOTEK



Vue générale du banc MST, avec le spectrophotomètre monté en ligne

6.6. Mesures « CTD » : Température et Salinité



Vue générale de la rosette pour les prélèvements d'eau à différentes profondeurs

6.7. Le « Multinet »



Le filet « Multinet » instrumenté pour prélèvements de micro-organismes à différentes profondeurs

Le filet « Multinet » utilisé « Multi plankton sampler Multinet Type Midi » comprend 5 filets de 3 m de long, pouvant s'ouvrir à n'importe quelle profondeur par une commande réalisée depuis la surface grâce à un câble électro-porteur relié à une station de contrôle. Le produit des filets est ensuite récolté dans des collecteurs, un pour chaque filet.



Dépôt légal 4^{ème} trimestre 2015
ISSN : 1636-8525
ISBN : 978-2-910180-74-3