Rapport de Mission

PROGRAMME REEFCORES-3

Cartographie des terrasses récifales et géométrie des corps sédimentaires des plateformes carbonatées et mixtes modernes

(Iles Eparses, Mayotte et Ouest Madagascar)

Liste du personnel scientifique embarqué :

Chef de mission : Gwenael JOUET (IFR/LES)

Co-chef de mission : Pascal LE ROY (IUEM/LDO)
Simon COURGEON (IFR/LES)
Axel EHRHOLD (IFR/LES)
Charline GUERIN (IFR/CTDI)
Stephan JORRY (IFR/LES)
Christophe PRUNIER (IUEM/LDO)

Ref. TOTAL: FR00007893

Ref. IFREMER: 12/2 212 932/F-AV1

Cadre général de la mission REEFCORES-3

La campagne à la mer REEFCORES-3 s'inscrit dans la continuité du programme CNRS-INEE REEFCORES (REEFs and CORals from the EparseS) mené entre 2010 et 2014, coordonné par l'IFREMER (Stéphan Jorry) et le CEREGE (Gilbert Camoin). Ce programme propose de reconstituer les variations du niveau marin et les changements environnementaux et climatiques du Quaternaire terminal à nos jours à partir de l'étude des plateformes carbonatées modernes (Iles Eparses et Ouest Madagascar). Ce programme fait l'objet d'une collaboration de recherche entre l'IFREMER, l'IUEM, le CEREGE et TOTAL. Deux campagnes réalisées en 2011 (REEFCORES-1, RV Marion Dusfresne) et 2013 (REEFCORES-2, goélette Antsiva) ont permis d'acquérir une première série de données sédimentologiques (prélèvements de sédiments dans les lagons) et de sismique par petits-fonds (0 à 200 mètres), dans le but de cartographier les morphologies d'anciennes couronnes récifales aujourd'hui ennoyées, de quantifier l'accumulation de sédiments dans les lagons lors du ré-ennoiement des îles pendant la dernière remontée du niveau marin (depuis les derniers 20000 ans), et surtout d'évaluer le potentiel de certains sites des iles Eparses pour implanter des forages dans un futur proche. Les résultats des deux premières campagnes exploratoires du programme REEFCORES ont été complétés par les données bathymétriques et sismiques obtenues sur les pentes et les bassins océaniques adjacents aux îles Eparses, lors de la campagne à la mer PTOLEMEE (campagne CNFH réalisée en 2014 sur L'Atalante, projet PAMELA).

Dans ce contexte, la mission REEFCORES-3 avait pour objectif d'acquérir des données complémentaires de bathymétrie et de sismique par petits-fonds, afin de cartographier dans leur ensemble les terrasses récifales ennoyées, de compléter les acquisitions dans les lagons dans le but d'affiner la distribution et la quantification des volumes sédimentaires piégés dans les lagons, ainsi que de finaliser le "site survey" pour l'implantation de futurs forages (campagne REEFCORES-4 en cours de montage). Ces objectifs ont été complétés par l'acquisition de données géophysiques sur le plateau continental jouxtant Madagascar, afin de tenter de caractériser la réponse d'un système mixte aux changements du niveau marin.

Objectifs initiaux de la mission

La campagne à la mer s'organisait sur 19 jours de mission à bord de la goélette ANTSIVA depuis Diego Suarez (Madagascar) le 25 mars et jusqu'à Mayotte le 12 avril 2015. Douze jours d'acquisition en mer ont ainsi été réalisés sur 4 zones d'étude: les plateformes carbonatées isolées des Glorieuses et de Juan de Nova et les plateformes mixtes de Majunga et Melaky.

Les investigations menées au cours de cette mission REEFCORES-3 ont permis l'acquisition de données de bathymétrie et d'imagerie, de sonar, de sismique THR Spaker par petits fonds (10-250m) et des prélèvements par benne des sédiments lagonaires. Les sites des Glorieuses et Juan de Nova ont également fait l'objet d'un travail de terrain sur les récifs fossiles préservés à l'affleurement sur les îles.

Des relevés bathymétriques ont ainsi été effectués sur le pourtour des îles, à l'intérieur des lagons et sur les plateaux continentaux afin d'établir des transects plateforme interne-plateforme externe et/ou d'assurer une couverture complète des zones de terrasses récifales sous-marines en rebord de plateau (Glorieuses). Des morphologies d'anciennes couronnes récifales aujourd'hui ennoyées ont ainsi été indentifiées et cartographiées sur plusieurs sites grâce à l'acquisition de bathymétrie.

Les données sismiques de la mission REEFCORES-3 viendront préciser la stratigraphie de ces terrasses récifales fossiles et deux sites ont, en particulier, fait l'objet d'une exploration plus poussée afin d'optimiser l'emplacement de futurs forages sur ces replats submergés enregistrant les paléo-niveaux marins pendant la dernière transgression dégalciaire. Ces données sismiques permettront également de caractériser les dépôts sédimentaires "mobiles" au sein des lagons et sur les plateformes externes. Quelques profils de référence couvrant des transects lagon/récif/haut de pente ont été réalisés. Les dépôts sableux présents sur ces plateformes semblent directement alimenter les pentes très raides de ces édifices carbonatés isolés et être la principale source en sédiments des systèmes turbiditiques identifiés lors le la campagne PTOLEMEE en 2014 au pied de ces monts sous-marins.

Des prélèvements par benne des dépôts sédimentaires lagonaires permettront d'obtenir des compléments d'informations sur la nature et le stockage de sédiments lors du ré-ennoiement des îles pendant la dernière remontée du niveau marin. Les objectifs sont d'identifier et de quantifier les différentes sources de sédiments carbonatés (foraminifères, algues rouges, gastéropodes…) et de comprendre le rôle des facteurs hydrodynamiques (marées, houle, tempêtes) sur la distribution granulométrique et géographique des sédiments dans les lagons.

Remerciements

L'ensemble de l'équipe scientifique remercie chaleureusement Nicolas et Anne TISNE, propriétaires de l'ANTSIVA et Gilles SIANU et Denis DESCARRIERES, membres de l'équipage pour avoir contribué au succès de la mission REFFCORES-3.

Un remerciement particulier à l'équipe "Tortue", Jérôme BOURJEA, Stéphane CICCIONE, Mayeul DALLEAU et Claire JEAN, qui nous accompagnait pendant cette mission et qui nous a fait profiter de leurs expériences et de leurs connaissances de ces îles Eparses.

Un grand Merci à Gilbert CAMOIN pour sa gestion du projet REEFCORES et son implication dans la préparation des objectifs scientifiques de la mission.

Nous remercions également les autorités de La Réunion pour leurs différentes implications afin de faire aboutir nos demandes d'autorisation de travaux sur les îles Eparses (Sophie MARINESQUE - TAAF, Jérôme BOURJEA - IFREMER, Jean-Luc HALL - DMSOI).

Enfin, ce projet a pu être mené grâce aux soutiens de l'IUEM, de l'IFREMER, du CNRS, des TAAF, du LABEXMER et de TOTAL.

Contenu

I. Contexte géologique du secteur d'étude 7
1. Glorieuses 7
2. Majunga (Mahajunga) 9
3. Juan de Nova et Melaky 10
II. Navires, Equipe scientifique et Méthodes 12
1. Le Navire 13
2. Personnel impliqué dans la campagne 14
3. Acquisitions marines 15
A. Sismique-réflexion 15
B. Sondeur multifaisceaux (EM3002 17
C. Imagerie Sonar Latéral 22
D. Benne Petite Ponar 24
4. Cartographie de terrain et levés GPS 26
III. Journal de bord 28
IV. Résultats 34
1. Zone Glorieuses 34
A. Prismes sableux de rebord de plateau ("sources" des systèmes gravitaires) 34
B. Terrasses récifales ennoyées, marqueurs des paléo-niveaux marins 36
C. Affleurements des récifs fossiles 38
2. Zone Majunga 43
3. Zone Melaky 45
4. Zone Juan de Nova 48
A. Prismes sableux de rebord de plateau et terrasses récifales ennoyées 49
B. Stratigraphie sismique au sein du lagon 50
C. Sonar latéral et Prélèvements sédimentaires 50
D. Affleurements des récifs fossiles 51
V. Annexes 61
1. Annexe 1: Caractéristiques techniques de l'ANTSIVA 63
2. Annexe 2: Profils et paramètres sismiques 65
3. Annexe 3: Rapport sur l'acquisition bathymétrie/réflectivité (C. Prunier) 73
4. Annexe 4: Planche photo des bennes de Juan de Nova 81
5. Annexe 5: Observations de terrain à l'île du Lys 83
6. Annexe 6: Observations de terrain à l'île du Lys (suite) 85
7. Annexe 7: Observations de terrain à Juan de Nova. 87
8. Annexe 8: Observations de terrain à Juan de Nova (suite) 89
9. Annexe 9: Rapport sur le traitement bathymétrie/réflectivité (C. Guerin) 91

I. Contexte géologique du secteur d'étude

La mission REEFCORES-3 s'est concentrée dans la partie Nord du canal du Mozambique sur une zone étendue entre l'archipel des Glorieuses au Nord et à l'Est jusqu'à Juan de Nova au Sud et à l'Ouest (Figure 1).

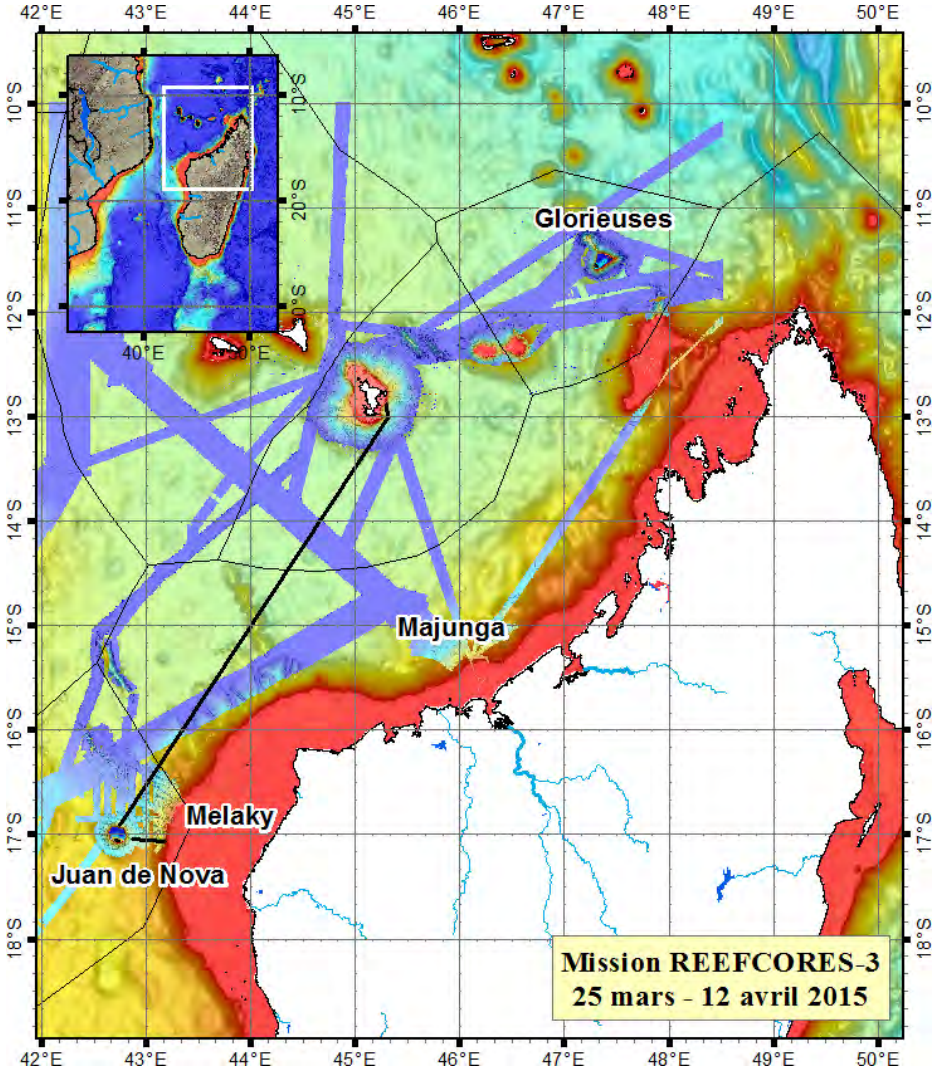


Figure 1: Carte de localisation des zones du canal du Mozambique explorées pendant la mission REEFCORES-3.

1. Glorieuses

Les Glorieuses sont localisées au Nord de Madagascar (Figure 2). L'archipel, qualifié de sentinelle du Canal du Mozambique, est un système récifal isolé qui repose sur un substrat d'origine volcanique (Figure 3A). Une vallée turbiditique sous-marine se distingue sur les données de bathymétrie au Sud de l'archipel, entre le banc du Léven et Glorieuses. Cette vallée sous-marine d'origine turbiditique (écoulements gravitaires provenant de Madagascar) présente une faible sinuosité et une confluence dans sa partie Sud (Figure 2).

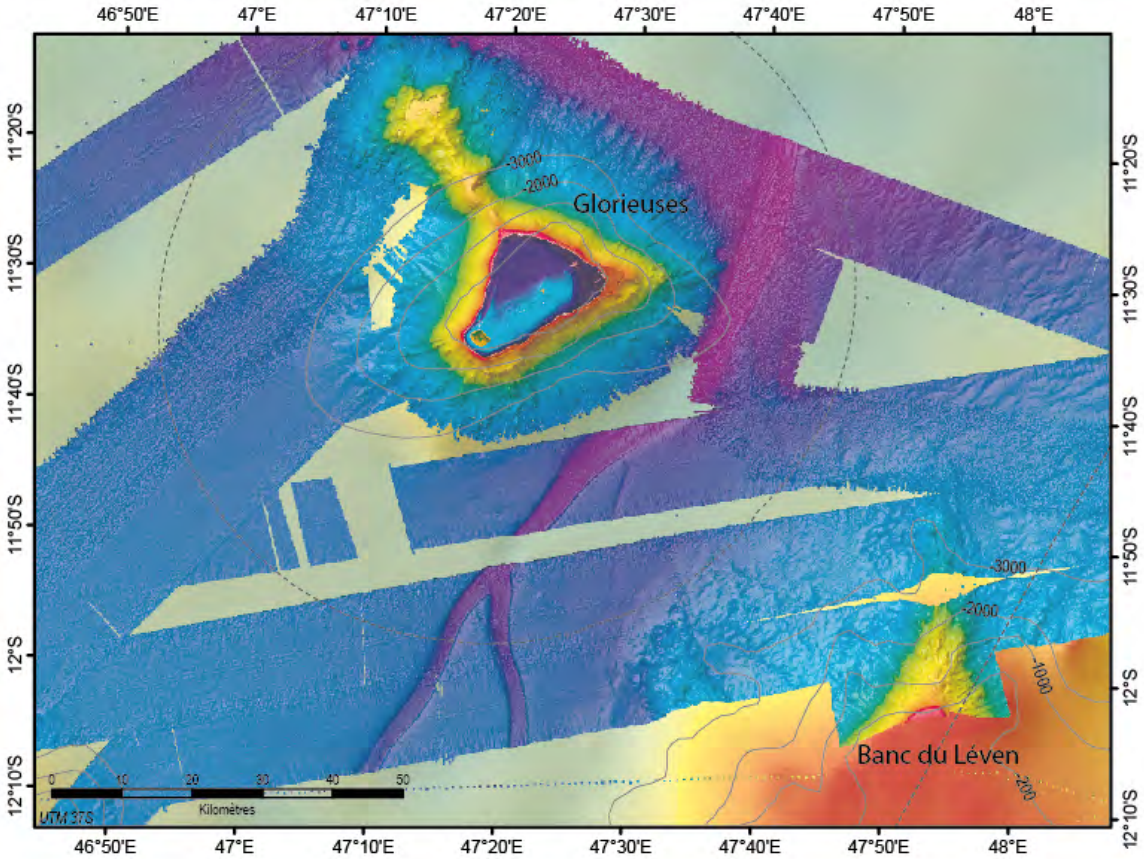


Figure 2: Carte de localisation de la zone GLORIEUSES (bathymétrie Gebco, levés SMF du SHOM et bathymétrie lidar Litto3D pour l'archipel des Glorieuses).

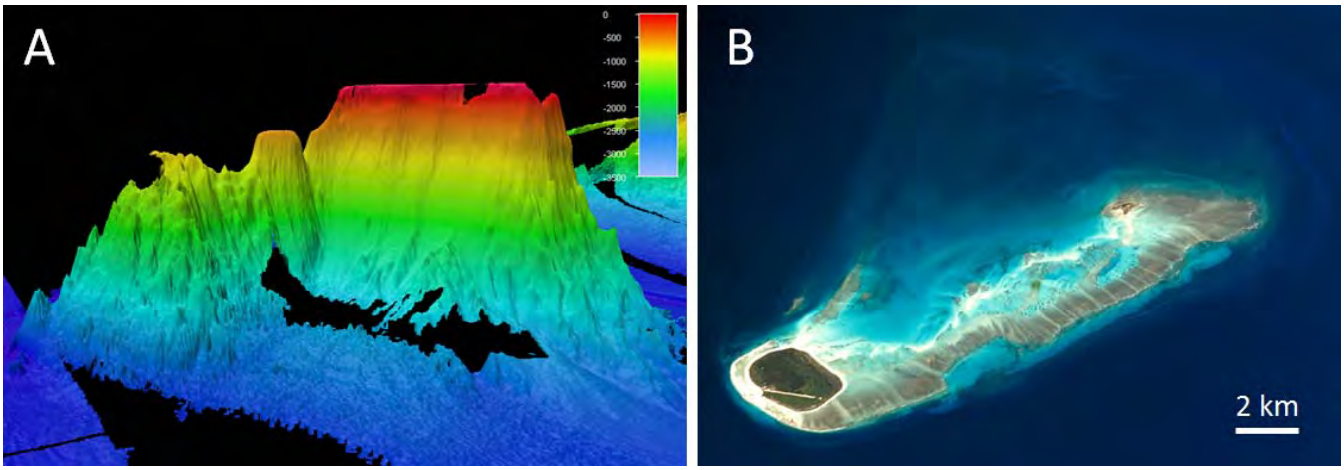


Figure 3: A) Mont sous-marin des Glorieuses (données SHOM) ; B) Iles et récif barrière des Glorieuses.

Le complexe récifal des Glorieuses s'étend sur 17 kilomètres de long et 165 km² en surface. En termes géomorphologiques, il est composé de quatre entités : un platier récifal, une pente interne, une terrasse lagonaire et une pente externe (Figure 3B). Le platier récifal, qui entoure les îles de la Grande Glorieuse et du Lys, témoigne d'une activité bioconstructrice actuelle. Principalement constitué d'algues calcaires encroûtantes, celui-ci forme une dalle compacte dans la zone de déferlement des vagues. En arrière des vagues, cette construction prend la forme d'alignements transversaux principalement peuplés d'algues

calcaires, encroûtantes ou non (*Halimeda*), et de quelques petites colonies coralliennes. Au cœur de ce platier se sont creusées des cuvettes dites de comblement, interprétées comme des reliques karstiques héritées de périodes de bas niveau marin. En arrière de ce platier, la pente interne sédimentaire s'étend vastement en arc ouvert sur le nord-est. Les conditions plus calmes permettent d'abriter quelques herbiers de phanérogames mono ou plurispécifiques. Enfin, la terrasse lagonaire, également à dominance sédimentaire, borde le flanc nord de la pente interne. La pente externe, qui longe la partie méridionale de ce complexe, est quant à elle soumise à une forte activité hydrodynamique avec des courants parallèles violents.

2. Majunga (Mahajunga)

La zone d'étude de Majunga correspond au débouché du fleuve Betsiboka dans la région de Majunga, au Nord-Ouest de Madagascar (Figure 4). L'estuaire de la Betsiboka débouche sur un plateau continental peu profond, qui est incisé par des passes.

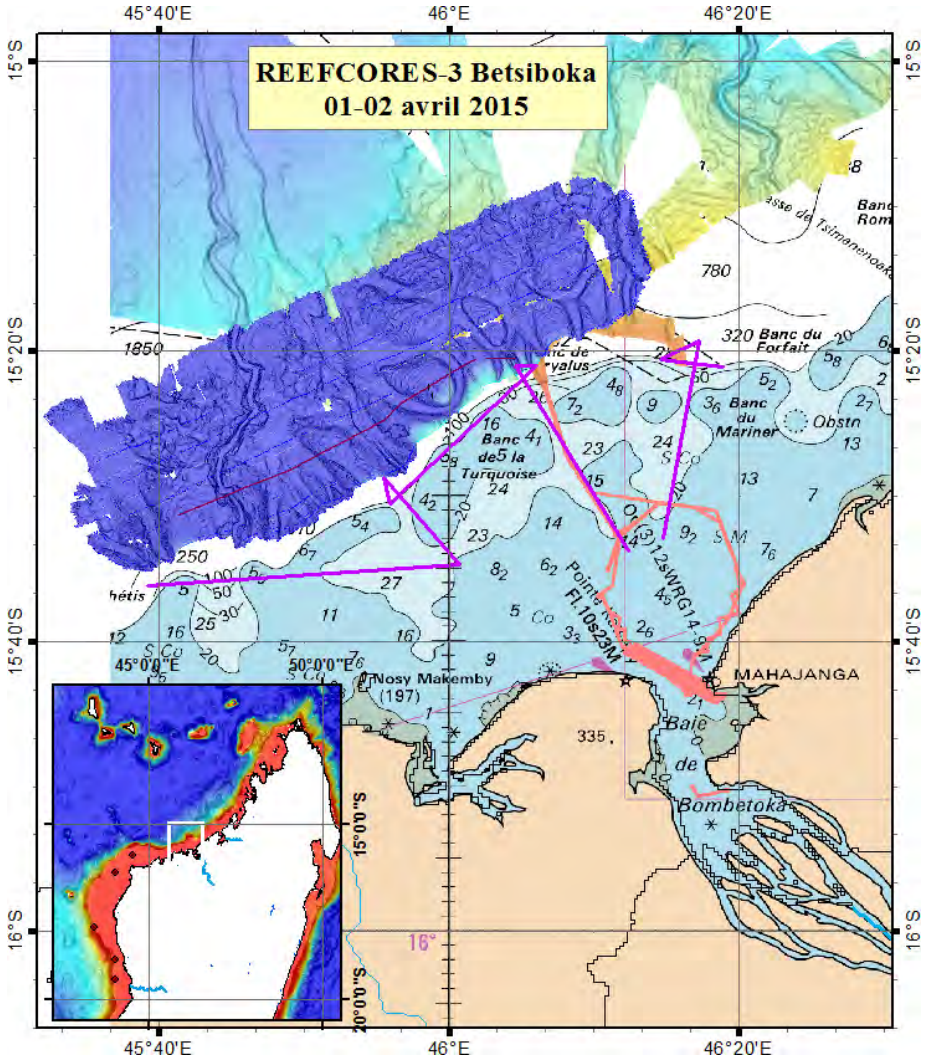


Figure 4: Zone d'étude de Majunga au débouché de la Betsiboka (levés du SHOM et bathymétrie PTOLEMEE-2014).

Durant la campagne PTOLEMEE (2014) du projet PAMELA (IFREMER-TOTAL), une cartographie de la pente entre 400 et 700 mètres de profondeur a montré la présence de nombreux systèmes d'incisions, avec deux orientations: une direction d'écoulements anciens orientée SO-NE, qui est recoupée par un système d'incisions plus récent d'orientation NO-SE (Figure 4). Des prélèvements par carottage effectués durant la campagne PAMELA-MOZ01 (2014) du même programme, ont confirmé le dépôt de sédiments boueux rougeâtres provenant de l'érosion des bassins versants à dominante latéritique.

Aucune donnée n'indique aujourd'hui une connexion des incisions (passes) du plateau continental avec celles observées sur la pente, par exemple par le biais de têtes de canyons. La question de la présence de systèmes carbonatés enfouis ou ennoyés le long du rebord et sur le plateau continental peut être également envisagée, par analogie avec d'autres systèmes mixtes connus dans ce secteur de l'Océan Indien (exemple de la marge continentale du Mozambique).

3. Juan de Nova et Melaky

La zone de Juan de Nova et de Melaky comporte l'île de Juan de Nova, ainsi que le haut de pente et le plateau continental (Melaky) à l'Ouest de Madagascar, au Sud du Cap Saint André (Figure 5).

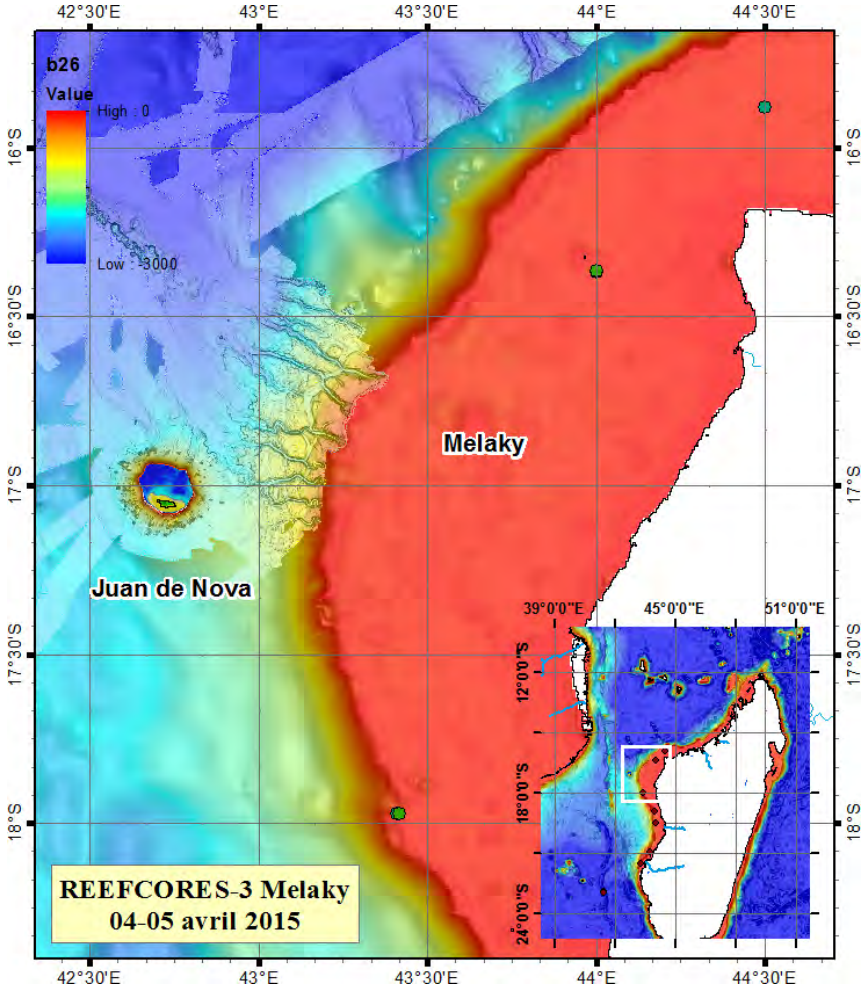


Figure 5: Carte de localisation de la zone Juan de Nova et Melaky (bathymétrie Gebco, PTOLEMEE-2014 et Litto3D pour Juan de Nova).

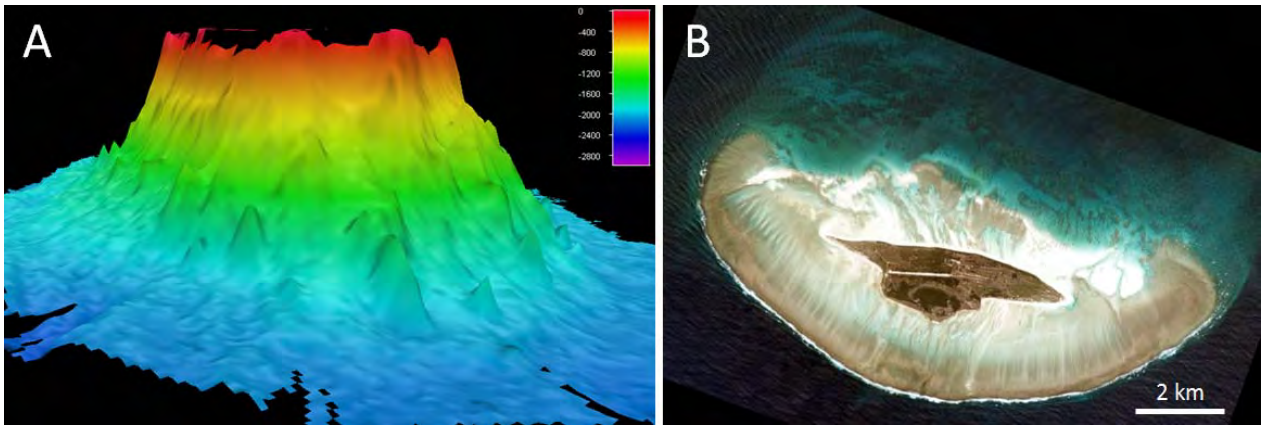
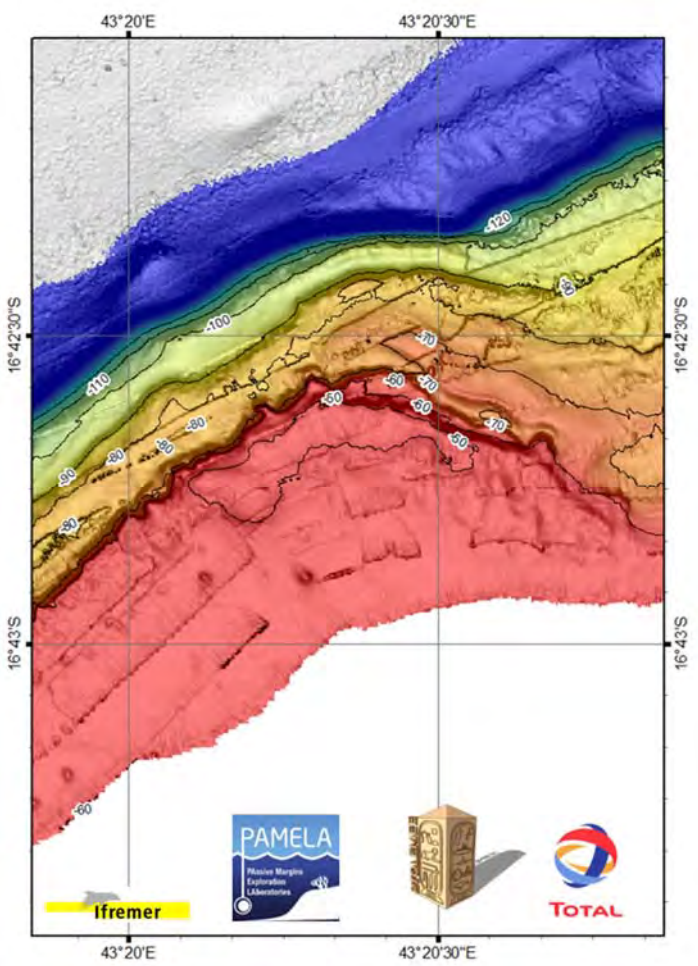


Figure 6: A) Mont sous-marin de Juan de Nova (données SHOM) ; B) Ile et récif barrière de Juan de Nova.

L'île de Juan de Nova est située dans le canal du Mozambique en position excentrée vers les côtes malgaches (~200 km du Cap Saint-André de Madagascar, et à ~280 km des côtes africaines). L'île s'est construite au sommet d'un promontoire sous-marin à partir d'un récif corallien qui a fini par émerger pour former une île recouverte de sable issu du démantèlement du récif par les courants marins (Figure 6). Les sédiments sont ensuite transportés sur les terres par les vents dominants (S-SO) pour former des dunes littorales d'une dizaine de mètres de hauteur. La côte SO de l'île est ceinturée par une barrière corallienne tandis que la côte NE est constituée d'un lagon complètement ensablé et émergé à marée basse.



Le haut de pente de la zone de Melaky a été exploré durant la campagne PTOLEMEE en 2014 (Figure 7). Cette zone a montré une succession de terrasses ennoyées, interprétées comme des systèmes carbonatés ennoyés. La zone de plateau continental qui s'étend depuis la côte malgache n'est pas connue. Les quelques données bathymétriques indiquent une zone extrêmement plate et peu profonde (<30 mètres de profondeur). La présence de terrasses carbonatées sur le rebord de pente laisse supposer la présence de plateformes carbonatées enfouies sur la zone de plateau.

Figure 7: Terrasses carbonatées ennoyées sur le rebord du plateau continental de Melaky (Bathymétrie PTOLEMEE-2014).

II. Navires, Equipe scientifique et Méthodes

A bord de l'ANTSIVA, la mission REEFCORES-3 a opéré plusieurs outils pour l'exploration géophysique des plateformes, le prélèvement des sédiments lagonaires et la cartographie des affleurements sur les îles. Un sondeur multifaisceau EM3002 et la chaîne d'acquisition Haute Résolution Sparker du laboratoire Domaines Océaniques (LDO) ont ainsi été mis en œuvre respectivement pour la bathymétrie, l'imagerie et la sismique (Figure 8). Un sonar a également été testé pour imager les fonds marins de ces environements récifaux. Des prélèvements par benne des dépôts sédimentaires lagonaires permettront d'obtenir des informations sur la nature et la distribution des sédiments carbonatés dans les lagons. Enfin, les récifs fossiles à l'affleurement sur les îles ont été carottés en utilisant une micro-foreuse et les niveaux de terrasses ont été levés grâce à un GPS RTK.

La mise en place et l'adaptation des outils géophysiques du LDO sur l'ANTSIVA et en particulier l'installation du sondeur multifaisceaux sur perche (EM3002) a été permise grâce à l'expertise et aux choix techniques sur le matériel en amont pour la mise en œuvre de ces capteurs. L'étude de faisabilité avait été réalisée quelques mois avant la mission grâce à la concertation des équipes du Pôle Image (LDO), de l'équipe embarquée et du propriétaire du navire. Une perche a ainsi été fabriquée sur mesure à Brest pour accueillir le sondeur et sa centrale d'attitude; elle a été installée avec succès le premier jour de la mission à la proue de l'ANTSIVA sur un axe afin de la rendre amovible lors des transits (cf paragraphe II.3.B).

Figure 8: Outils géophysiques (Bathymétrie et sismique).

1. Le Navire

L'embarcation affrétée pour cette mission est un navire à pavillon malgache l'ANTSIVA (Figure 9), basé à Nosy Be (Nord-Ouest Madagascar). Cette goélette en aluminium est le seul moyen navigable disponible et adapté pour cette expédition dans les îles Éparses. Il a été récemment certifié et dispose des autorisations de l'administration des Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF) pour travailler dans ces zones hautement protégées (ex. parc naturel des Glorieuses). L'ANTSIVA possède tous les moyens embarqués nécessaires pour la mise en œuvre de nos outils de prospection géophysique et la réalisation de nos prélèvements sédimentaires (Annexe 1). Il est particulièrement adapté aux travaux par petits fonds et pour les opérations de levés acoustiques (bruit moteur très faible). La prospection sismique et bathymétrique nécessite en particulier un déploiement technique spécifique:

- Capacité de transport de matériel (> 1.5T)
- Longueur supérieure à 20m pour une utilisation simultanée et sans interférence du sondeur EM3002 (proue) et de la sismique Sparker (poupe)
- Un tirant d'eau inférieur à 1,5m pour pouvoir travailler dans des eaux très peu profondes
- Dispose de 2 annexes rigides pour les travaux à terre et en mer
- Capacité d'embarquer 7 scientifiques qui mettront en œuvre les systèmes et d'une autonomie pour 25 jours de mer.
- Capacité de délivrer une puissance électrique > à 5 kVA pour les systèmes d'acquisition géophysiques (en plus des systèmes propres du navire)
- Dispose d'une perche rétractable à la proue pour le sondeur EM3002 (fabriquée pour les besoins de la mission)
- Dispose d'un mat de charge hydraulique pour la mise en œuvre de la benne à sédiment.

Les compétences techniques et scientifiques de l'équipage associées aux caractéristiques de l'ANTSIVA ont été un atout de taille pour l'acquisition de données de qualité et ont indéniablement participé au succès de la mission REEFCORES-3.

Figure 9: La goélette ANTSIVA (28 m) affrétée pour la mission REEFCORES-3.

2. Personnel impliqué dans la campagne

L'équipe embarquée comprenait 7 scientifiques en plus de l'équipage de l'ANTSIVA qui ont participé à l'acquisition, au traitement et à la pré-interprétation des données (Figure 10 et Tableau 1). L'ensemble de l'équipe sera impliqué dans les mois à venir dans la valorisation des données:

Prénom et nom	Statut	Organisme employeur	e-mail	Rôle durant la campagne
JOUET Gwenael	Chercheur	IFREMER GM/LES	gwenael.jouet@ifremer.fr	Chef de mission et Traitement sismique
LE ROY Pascal	Enseignant-chercheur	IUEM/LDO	Pascal.Leroy@univ-brest.fr	Co-chef de mission Acquisition/Traitement sismique
JORRY Stéphan	Chercheur	IFREMER GM/LES	stephan.jorry@ifremer.fr	Acquisition sismique et Cartographie terrain
PRUNIER Christophe	Technicien	IUEM/LDO	Christophe.Prunier@univ-brest.fr	Acquisition/Traitement Bathymétrie
COURGEON Simon	Thésard	IFREMER GM/LES	simon.courgeon@ifremer.fr	Intégration SIG et Cartographie terrain
GUERIN Charline	Technicien	IFREMER GM/CTDI	charline.guerin@ifremer.fr	Traitement Bathymétrie/Imagerie
EHRHOLD Axel	Chercheur	IFREMER GM/LES	Axel.ehrhold@ifremer.fr	Acquisition sonar, sédiment et GPS
TISNE Nicolas	Skipper ANTSIVA	ANTSIVA	nico.ANTSIVA@hotmail.fr	Skipper (Equipage)
TISNE Anne	Skipper ANTSIVA	ANTSIVA	nico.ANTSIVA@hotmail.fr	Skipper (Equipage)
Gilles SIANU	Marin ANTSIVA	ANTSIVA	nico.ANTSIVA@hotmail.fr	Marin (Equipage)
Denis DESCARRIERES	Marin ANTSIVA	ANTSIVA	nico.ANTSIVA@hotmail.fr	Marin (Equipage)

Tableau 1: Equipe scientifique de la mission REEFCORES-3 et équipage de l'ANTSIVA.

Figure 10: Equipe scientifique de la mission REEFCORES-3 (de gauche à droite: C. Prunier, C. Guerin, S. Jorry, N. Tisné, S. Courgeon, G. Jouet, A. Ehrhold et P. Leroy).

3. Acquisitions marines

A. Sismique-réflexion

La reconnaissance par sismique-réflexion Haute-Résolution a été assurée par l'utilisation du matériel de l'UMR Domaines Océaniques de Brest (LDO). La chaîne sismique utilisée est un Sparker monotrace (Figure 11). Elle se compose de 2 unités de puissance, ENERGOS (25 à 160 J.) et SIG1000 (250 à 1000 J.), de peignes S.I.G (30, 50 et 100 brins), d'une flûte S.I.G monotrace (8 hydrophones), ainsi que d'une unité d'enregistrement numérique "Delph acquisition Unit" développé par iX Blue.

Les offsets utilisés sont les suivants :

- Déport GPS : X : -4m ; Y = -2m ; Z = - 2.5m
- Déport pont arrière : X : -17.5m, Y = -3m ; Z= -2m
- Déport câble : X : -40m, Y= -3m ; Z = 0

Les paramètres d'acquisitions sont les suivants (ils sont détaillés en Annexe 02)

- Cadence de tir : 500ms
- Fenêtre d'enregistrement : 400ms
- Fréquence d'échantillonnage : 4000 Hz
- Fréquence : bande passante utile entre 150 et 1500 Hz (environ)

Figure 11: Illustration de la sismique Sparker. En haut de gauche à droite sont illustrés 1) le système d'acquisition en opération, 2) l'unité d'acquisition Delph, 3) l'unité de puissance ENERGOS; La source (peigne) qui provoque des impulsions électriques est déployée au bout d'un câble électroporteur (à gauche sur la photo du bas), la flûte de réception étant déployée en parallèle le long d'une second câble (visible à droite sur la photo du bas).

104 lignes sismiques ont ainsi été acquises au cours de la mission REEFCORES-3. Le tableau 2 ci-dessous illustre les profils acquis pour chaque secteur d'étude. La liste des profils et des paramètres d'acquisition figure également en Annexe 2. Les profils bruts ont été traités par le logiciel "DELPH interprétation", chaque profil a été traité par filtrage passe-bande, mute du fond, atténuation du multiple, déconvolution, filtrage de houle avant intégration dans un projet Kingdom Suite (@SMT).

Zones	Nombre de profils	Longueur des levés
Glorieuses	39	132 km
Majunga	20	136 km
Melaky	24	188 km
Juan de Nova	21	195 km
REEFCORES-3	**104**	**651 km**

Tableau 2: Nombre de profils sismiques et distances des levés par zone et sur l'ensemble de la mission REEFCORES-3.

B. Sondeur multifaisceaux (EM3002

Un Sondeur multifaisceaux (SMF) type EM3002 (société Kongsberg) a été mis en œuvre durant la mission REEFCORES-3 (Tableau 3; Figure 12). Le sondeur mesure simultanément la profondeur selon plusieurs directions déterminées par les faisceaux de réception du système. Ces faisceaux, au nombre de 160 pour l'EM3002, forment une fauchée perpendiculaire à l'axe du navire. On explore ainsi le fond sur une large bande (de l'ordre de 3,5 fois la profondeur), avec une vitesse inférieure à 5 nœuds. La plupart des sondeurs multifaisceaux fonctionnent selon la technique dite des faisceaux croisés. Une impulsion sonore est émise au travers d'un lobe d'émission étroit dans la direction longitudinale (de l'ordre de 1 à 5 degrés) et large transversalement (typiquement 150 degrés). La réception se fait à l'aide de faisceaux étroits dans le plan transversal (de l'ordre de 1 à 5 degrés). Pour chaque faisceau de réception, la zone du fond explorée ("cellule insonifiée") est l'intersection entre le lobe d'émission et le faisceau de réception. Pour recaler précisément les positions géographiques des mesures bathymétriques de part et d'autre du bateau, ces systèmes sont équipés d'une centrale inertielle qui enregistre les mouvements du navire. Des précisions de l'ordre de 0,05° pour le cap, le roulis et le tangage et de 10 cm pour le pilonnement sont atteintes. Pour corriger la courbure des rayons sonores dans la colonne d'eau, la célérité du son dans l'eau et la température sont régulièrement mesurées. La résolution de l'EM3002 est de l'ordre de 1 cm à la verticale du bateau.

Characteristics	**EM 3002 Kongsberg**
Frequency	293, 300 or 307 kHz
Maximum ping rate	40 Hz
Number of beams per ping and sonar head	160
Number of soundings per ping and sonar head	max 254
Beamwidth	1.5° x 1.5°
Beam spacing	Equidistant or equiangular
Coverage sector	130° per sonar head
Transmit beam steering	± 15° in 0.5° steps alongtrack
Depth resolution	1 cm
Pulse length	50, 100, 150, 200 and 400 µs
Range sampling rate	14, 14.3 or 14.6 kHz (5 cm)
Beamforming method	Time delay with dynamic focusing in near-field
Depth range from Sonar Head	<1 m to > 200 m (depending upon conditions)
Maximum swath width	> 200 m (depending upon conditions)
Depth accuracy	better than 5 cm RMS (excluding external sensors)
Data storage rate	150 to 1000 MB/h (max at about 5-10 m depth) and 1000 to 2000 MB/h for water column data option

Tableau 3: Résumé de la configuration du sondeur multifaisceaux EM3002 utilisé sur la mission REEFCORES-3

Le sondeur EM3002 est fixé sur une plateforme en aluminium munie d'un axe vertical sur lequel viendra se fixer la perche mobile (Annexe 3). Sur la plateforme sont également fixées une centrale d'attitude et une sonde de célérité de surface (mini SVS) comme l'illustre la figure 12. La perche permet de plonger le sondeur dans l'eau pendant l'acquisition et de le sortir de l'eau lorsque l'ancre est mouillée ou lors des transits. Cette perche est maintenue en permanence par la drisse de génois et pivote le long d'un axe horizontal fixé à l'avant du bateau.

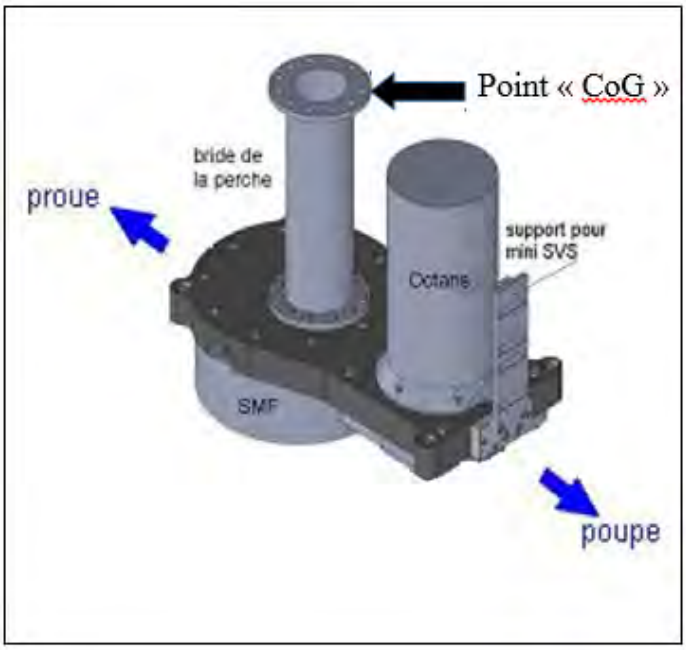


Figure 12: Schéma de la plateforme SMF submersible.

Afin de limiter les vibrations de la perche en position basse lors de la navigation, celle-ci est fixée en deux points: 1) sur la plage avant (niveau pont) au niveau de l'axe de rotation avec deux sangles et 2) quasiment au niveau de l'eau où la perche vient buter contre un sabot soudé sur la coque du navire. A cette endroit un axe métallique amovible vient fixer la perche au sabot. La figure 13 illustre le système en position émergée et immergée :

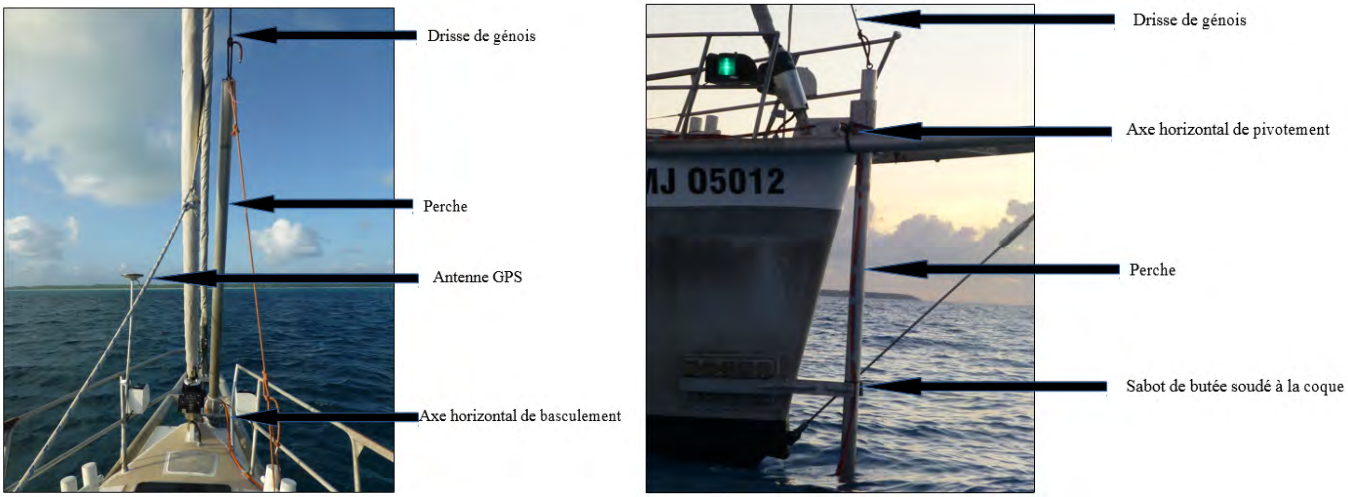
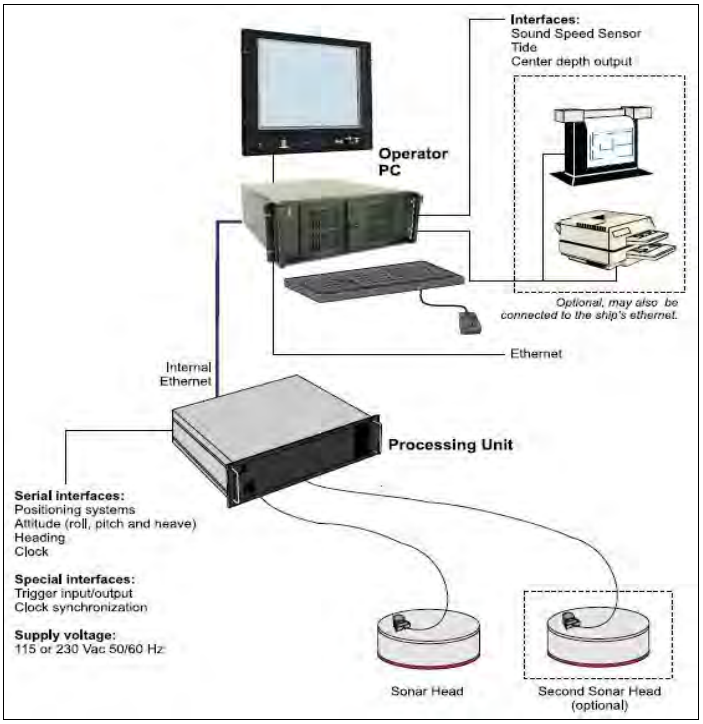


Figure 13: Système en position émergée (à gauche) et en position immergée (à droite).

L'ensemble du système d'acquisition (Annexe 3) est installé dans la cabine avant du bateau avec de gauche à droite sur la figure 14 le PC d'acquisition du SMF, le boîtier d'acquisition du GPS, le petit PC portable d'archivage et de contrôle du GPS et le PC portable de commande du système d'acquisition avec le logiciel "QINSy". Un écran répétiteur du PC de navigation est également installé au poste de barre pour le suivi des profils. Le système d'acquisition est schématisé sur la figure 15.

Figure 14: Poste d'acquisition du SMF (cabine avant).



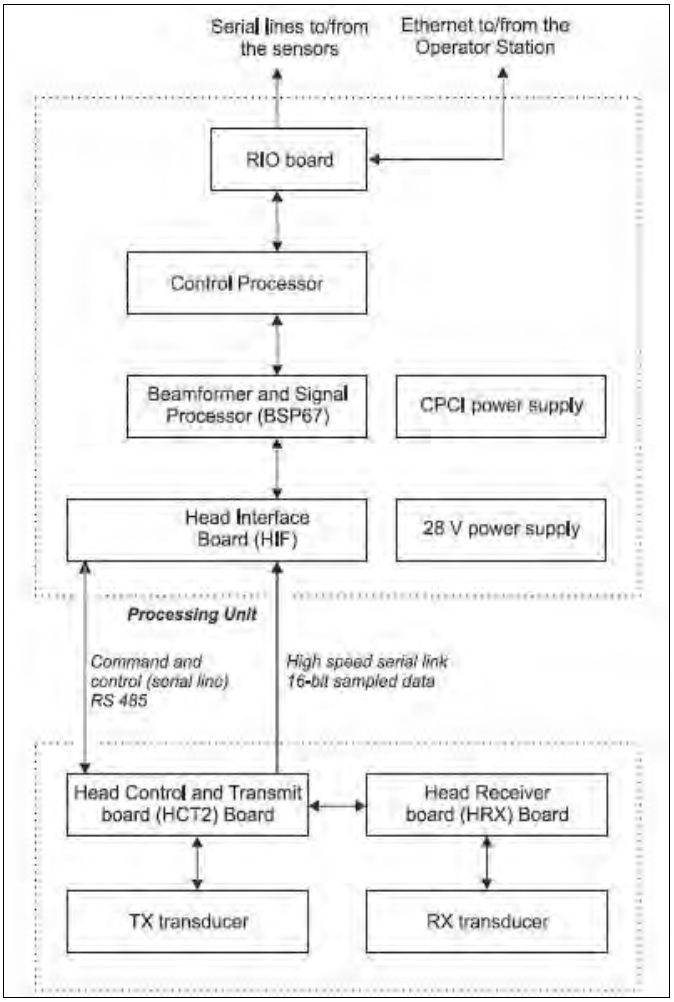


Figure 15: Schéma de fonctionnement (à gauche) et diagramme représentant le système de l'EM3002 (à droite).

- Positionnement GPS ASHTECH Proflex 500

Le système de positionnement est constitué d'un récepteur GPS (Global Positioning System) bifréquences (L1/L2) PROFLEX 500 fabriqué par "ASHTECH". Les précisions (pour l'intervalle de confiance 95 %) sont de 1 cm + 1 ppm horizontalement et le double verticalement. Les positions du navire sont établies dans le système de géodésie mondial WGS84 puis transformées en coordonnées planes UTM 38°S par le logiciel d'acquisition. L'antenne GPS est fixée contre les bastingages à l'avant du bateau.

- Centrale attitude "IXSEA OCTANS Subsea"

Une centrale d'attitude "OCTANS Subsea" fabriquée par iXSea est utilisée pour compenser les mouvements et fournir le cap du navire. Les données de roulis et tangage sont fournies avec une résolution et une précision de respectivement 0.001° et 0.01° et la valeur du pilonnement est donnée avec une précision de 5 cm ou 5 %, celle qui est la plus importante. Les gyrocompas établissent le cap vrai avec une résolution de 0.01° et une précision de 0.1/cos (latitude)°. Le temps d'établissement pour la précision maximale en conditions dynamiques est de 5 min.

- Célérimètre Valeport mini SVS

Ce célérimètre permet de mesurer en permanence la célérité de surface.

- Sonde à main de mesure de célérité "XBT Reson Navitronic system AS"

Grâce à la géométrie cylindrique de l'antenne de réception, la donnée de célérité de coque n'est pas utile pour la formation de voies. Afin de mesurer la vitesse de propagation du son dans l'eau sur un profil complet on utilise la sonde de célérité SVP 15 manufacturée par RESON. La précision théorique de mesure de la profondeur est de 0.10 m + 0.2% de la profondeur nominale et l'on effectue une mesure tous les 50 cm. La célérité est déterminée avec une précision de 0.25 m/s et une résolution de 0.1 m/s sur l'intervalle 1350-1600 m/s.

Le logiciel d'acquisition "QINSy" (Quality Integrated Navigation System) développé par QPS permet d'intégrer et de synchroniser les données du sondeur et des capteurs annexes en temps réel au cours du levé. Avant la campagne, la procédure de calibration du sondeur (Patch Test) a été réalisée pour déterminer les angles de montage (en roulis, tangage et lacet) entre le sondeur multifaisceaux et la centrale d'attitude. Le signal PPS (Pulse Per Second) du GPS est utilisé pour fixer une base de temps commune à tous les capteurs. Les logiciels "Waypoint" (GrafNet / GrafNav) seront utilisés pour les post-traitements GPS. Le format de fichier natif en sortie de "QUINSy" est .QPD. En parallèle un format .XTF est enregistré ; c'est celui-ci qui sera utilisé pour le traitement des données dans le logiciel IFREMER "CARAIBES" (Annexe 9: rapport de traitement). Les paramètres d'acquisition renseignés dans "QUINSy" sont les suivants :

- Raw data packets (raw record) : Pour que les .XTF puissent être importés dans CARAIBES,
- Raw snippets data « enable » et mode « 48 » sélectionné : pour enregistrer les données de réflectivité,
- Head Port Angle/ Heah Starbord Angle : 65°/ 65°,
- Angular coverage : auto (détermine automatiquement la couverture à partir du secteur angulaire défini, maximum Port/ Starbord),
- Beam spacing : 4 ping par seconde,
- Beam width : normal,
- Detector mode : Normal,
- Slope filter : on,
- Pas de colonne d'eau enregistrée.

Toutes les mesures d'offsets sont réalisées par rapport au point « CoG » situé sur la plateforme SMF à la base de l'axe sur lequel viendra se fixer la perche (Figure 12). L'antenne GPS est fixée contre les bastingages à l'avant du bateau. Les offsets de position du GPS par rapport au point « CoG » ont été mesurés à la main à l'aide d'un mètre ruban (Figure 16A). La centrale d'attitude est positionnée avec un léger décalage par rapport au point « CoG » sur la plateforme (Figure 16B). Le SMF est également décalé en Z par rapport au point « CoG » (Figure 16C).

Node: ANT_GPS		Node: OCTANS		Node: EM3002	
Object location:	ANTSIVA	Object location:	ANTSIVA	Object location:	ANTSIVA
Nom du Noeud:	ANT_GPS	Nom du Noeud:	OCTANS	Nom du Noeud:	EM3002
X (Tribord = Positif)::	-0.680 m	X (Tribord = Positif)::	0.000 m	X (Tribord = Positif)::	0.000 m
Y (Proue = Positif)::	-1.060 m	Y (Proue = Positif)::	-0.220 m	Y (Proue = Positif)::	0.000 m
Z (Haut = Positif)::	4.620 m	Z (Haut = Positif)::	-0.325 m	Z (Haut = Positif)::	-0.610 m
Ecart-type estimé:	0.020 m	Ecart-type estimé:	0.020 m	Ecart-type estimé:	0.020 m

Figure 16: A) Offsets liés à la navigation, B) Offsets liés à la centrale d'attitude, C) Offsets liés au sondeur.

La figure 17 permet de visualiser les offsets intégrés dans "QUINSy".

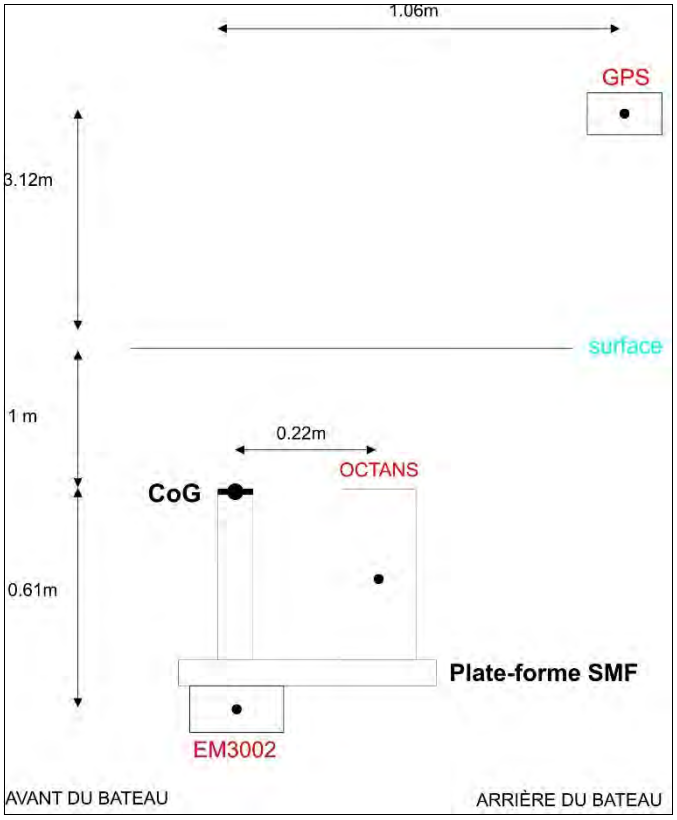


Figure 17: Schéma représentant les offsets intégrés dans "QUINSy".

C. *Imagerie Sonar Latéral*

Les systèmes acoustiques hautes fréquences de type sonar à balayage latéral, sont employés depuis plusieurs décennies pour prospecter rapidement de larges zones côtières ou bien des cibles très localisées (épaves, câble, …), avec une très haute résolution (décimétrique à centimétrique). Ces capteurs permettent de cartographier non seulement des variations liées à la morphologie du fond mais aussi à sa nature, en fonction des fréquences utilisées. Le principe même de l'imagerie sonar est d'insonifier le fond avec un effet de rasance beaucoup plus élevé que pour un SMF, accentuant les ombres et la dynamique d'interprétation (Figure 18). Sa mise en œuvre est par contre beaucoup plus contraignante. Il fournit en continu et sur plusieurs dizaines à centaines de mètres de largeur, une image codée en niveau de gris de l'énergie rétrodiffusée par le fond marin, résultante de l'effet de surface combinée à l'effet de volume. La qualité de l'imagerie sonar dépend d'une part de la configuration d'acquisition (orientation des profils, altitude au-dessus du fond), des caractéristiques intrinsèques de l'équipement (fréquence, ouverture angulaire), et de l'état de la mer.

Le sonar utilisé dans le lagon de Juan de Nova est un petit poisson (40cm x 11cm, 2kg) de type "starfish" 452, fonctionnant à 450 kHz et appartenant au LDO (Figure 18). L'angle d'ouverture vertical est de 100° avec un tilt de 30° par rapport à l'horizontale et un angle d'émission transversale de 0,8° pour le modèle 452. L'énergie maximum est concentrée sur un angle de 60°. Comme tous les sonars latéraux, il existe une zone aveugle sous le poisson, qui est en partie corrigée au moment du traitement des données (Slant range correction ou correction d'obliquité). Le poisson a été mis en œuvre essentiellement sur perche, à l'arrière de l'ANTSIVA, ou en mode remorqué pour les trois derniers profils (Figure 19) avec une qualité d'enregistrement moindre. La position du poisson remorqué est calculée à partir de la valeur de "layback" (longueur de câble à l'eau et distance à l'antenne GPS du bateau), en tenant compte d'un offset XY par rapport à l'antenne GPS. Les portées variaient entre 50m (petit fond) à 150m en rebord du lagon.

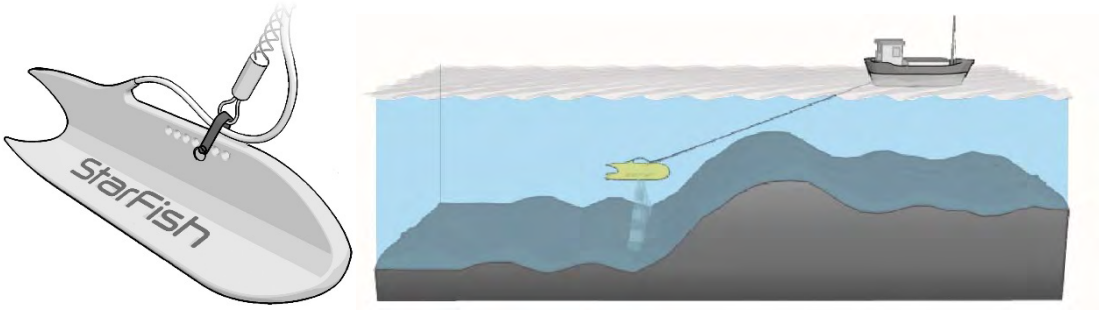


Figure 18: Poisson "Starfish 452" (laboratoire LDO) en mode tracté.

Figure 19 : Mise en œuvre du sonar "Starfish 452" sur perche et remorqué.

Malheureusement une seule voie était opérationnelle (voie bâbord). Néanmoins, la stratégie consistant à traverser le lagon dans les deux directions (12 profils), recoupant les bassins Est, Sud et Ouest (Tableau 4 et Figure 20), aura permis d'identifier plusieurs signatures acoustiques caractéristiques (Figure 21). Les mosaïques brutes ont été produites sous "Triton Perspective".

DATE	NOM	HD	XD	YD	HF	XF	YF	CAP
07/04/2015	RC3_JDN_sonar01	7h54	17°00.211S	42°44.599E	8h30	16°58.498S	42°45.763E	NE
07/04/2015	RC3_JDN_sonar02	8h30	16°58.498S	42°45.763E	8h58	16°57.159S	42°46.663E	NE
08/04/2015	RC3_JDN_sonar03	7h47	17°01.556S	42°43.527E	8h26	17°00.109S	42°45.135E	NW->NE
08/04/2015	RC3_JDN_sonar04	8h26	17°00.109S	42°45.135E	9h11	16°58.215S	42°47.323E	NE
08/04/2015	RC3_JDN_sonar05	9h11	16°58.215S	42°47.323E	9h13	16°58.135S	42°47.419E	NE -arrêt trop profond
08/04/2015	RC3_JDN_sonar06	9H26	16°58.006	42°47.145E	10h01	16°57.661S	42°44.846E	W
08/04/2015	RC3_JDN_sonar07	10h01	16°57.661S	42°44.846E	10h34	16°57.369S	42°42.878E	W
08/04/2015	RC3_JDN_sonar08	10h34	16°57.369S	42°42.878E	11h10	16°57.107S	42°41.080E	W
08/04/2015	RC3_JDN_sonar09	11h10	16°57.107S	42°41.080E	11h54	16°57.378S	42°39.650E	W->SW arrêt mat brisé
08/04/2015	RC3_JDN_sonar10	14h41	17°00.285S	42°47.860E	14h56	17°00.452S	42°47.848E	Petite boîte passe Est
08/04/2015	RC3_JDN_sonar11	14h56	17°00.455S	42°47.873E	15h05	17°00.161S	42°47.803E	N
08/04/2015	RC3_JDN_sonar12	15h06	17°00.105S	42°47.784E	15h16	17°00.276S	42°47.701E	Fin en remontée

Tableau 4: Liste des profils réalisés dans le lagon de Juan de Nova.

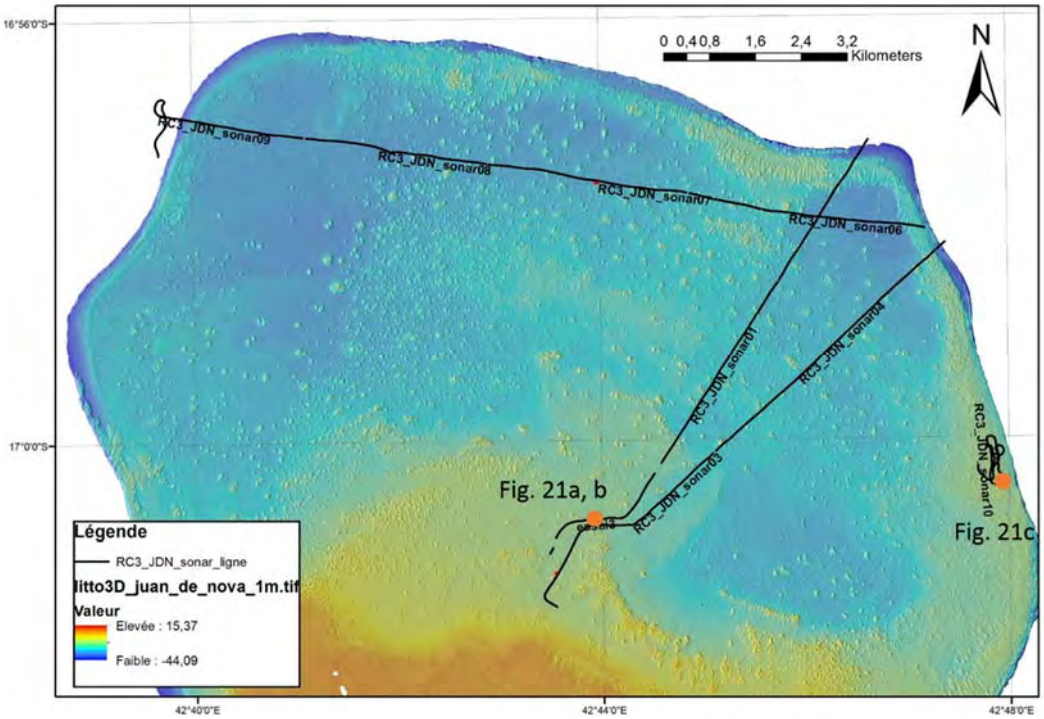


Figure 20: Position des profils sonar dans le lagon de Juan de Nova.

Du fait de la fréquence utilisée (environ 500 kHz), les effets de rugosité sont accentués sur les images permettant d'identifier clairement les pinacles et les massifs coralligènes sub-affleurants. Très peu de figures sédimentaires ont été identifiées. Il s'agit de trains de mégarides rectilignes sub-métriques, observées principalement dans le bassin Sud et Ouest, orientées NE-SW à ENE-WSW, et de faible longueur d'onde. Leur signature morphologique les rapprochent des structures d'oscillations construites sous l'action des houles. Ils traduisent une remobilisation du matériel coralligène produit dans les zones de pinacles, et un transfert

pour le bassin Sud, vers le prisme armant le littoral nord de l'île (Figures 21a et b). Ces figures se différencient de celles modelant les couloirs entre les pinacles qui constituent la bordure Est du lagon (Figure 21c). Les mégarides observées en rebord du lagon (côté Est) y sont plus asymétriques, anastomosées, présentant des dichotomies, en lien avec les courants de marée qui se frayent un chemin lors des phases de remplissage et vidange du lagon.

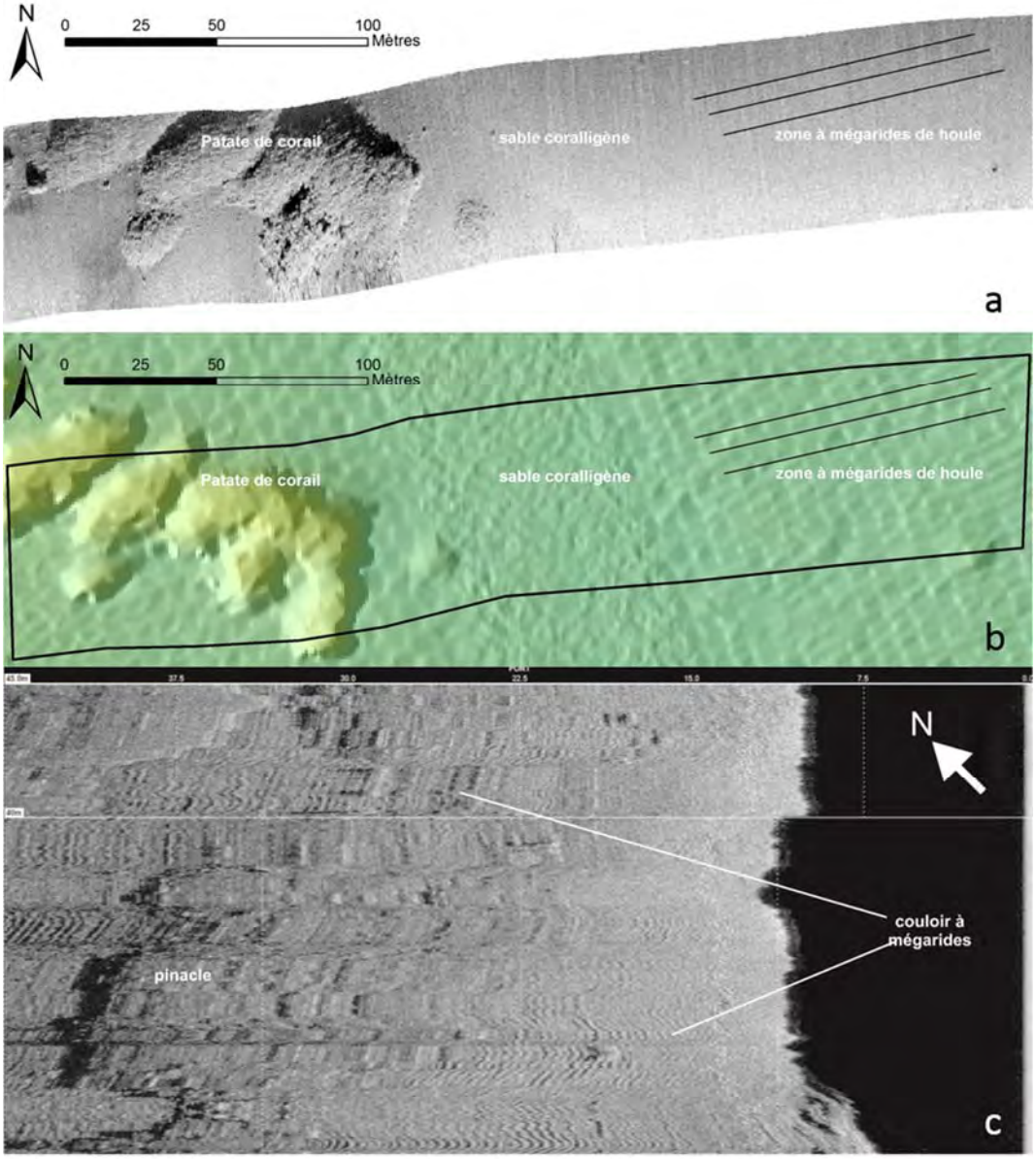


Figure 21: Exemple de sonogrammes (a et b : profil essai 3; c : profil 10; position sur la Figure 20)

D. Benne Petite Ponar

La benne Petite Ponar est une benne légère en acier inoxydable (fabricant "Wildco"). Elle peut être manipulée depuis une embarcation de petite taille non équipée d'un treuil ou d'un winch. Elle a été mise en œuvre depuis l'annexe de l'ANTSIVA (Figure 22). Son poids total est de 10 kg pour une surface échantillonnée de 15x15 cm. Elle est surtout adaptée pour des sédiments meubles peu grossiers. Elle fonctionne par gravité, le déclenchement étant assuré au moment où la tension sur le bout se relâche, permettant à la goupille de

se retirer sous la poussée d'un ressort. Au début de la remontée, les deux godets se referment, emprisonnant le sédiment. La benne du laboratoire a été modifiée, pour être alourdie avec un poids supplémentaire de 5 kg, dans l'espoir de mieux prélever les sédiments carbonatés les plus grossiers (Figure 22).

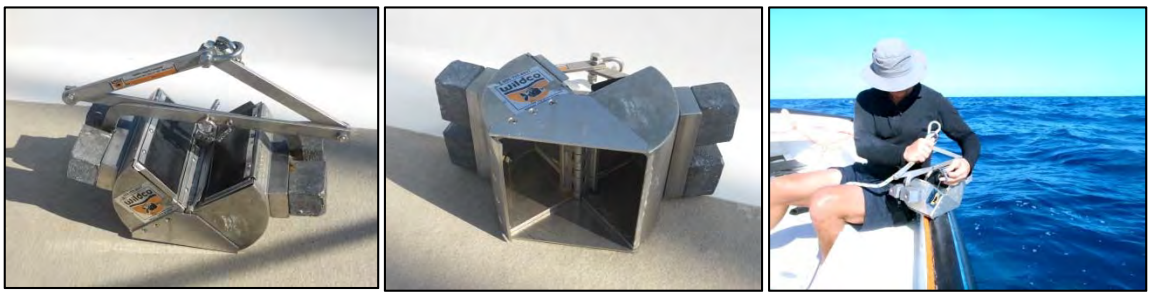


Figure 22: Benne Petite Ponar déployée sur Juan de Nova depuis l'annexe de l'ANTSIVA.

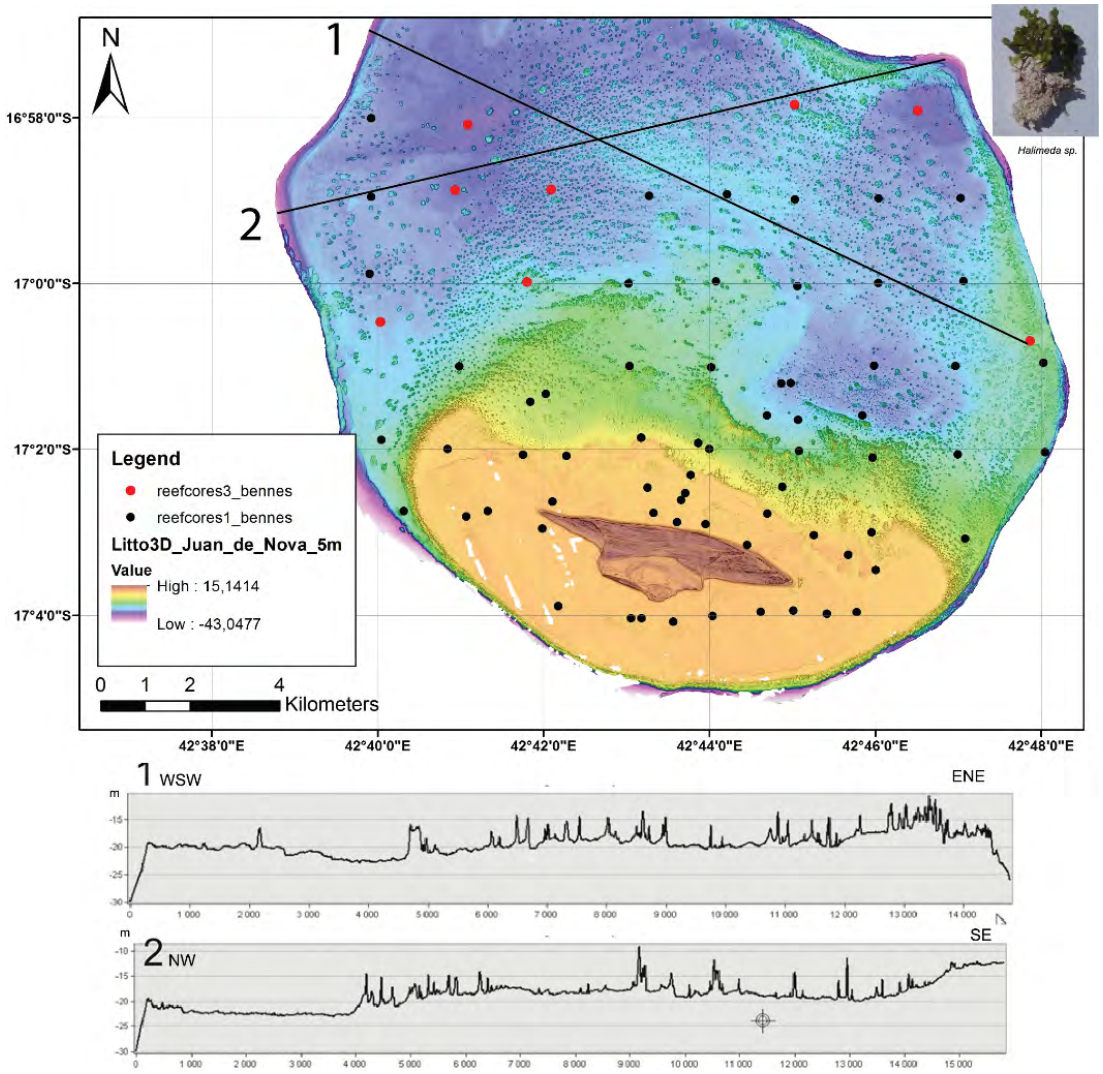


Figure 23: Carte des stations de prélèvement (en rouge) et coupes traversant dans le lagon.

18 stations de prélèvement ont été positionnées sur la base du MNT lidar disponible (point rouge, Figure 23). Il s'agissait de compléter le semis de points acquis en 2011 lors de REEFCORES-1. Elles se situent, pour l'essentiel dans le lagon même (partie Nord), entre 10 et 25m, et à sa bordure, au-delà de 25m (stations

6, 10, 11, 12, 13). Sur les 18 stations envisagées, seules 8 ont rapporté du matériel sédimentaire (Tableau 5). Certaines ont raclée un fond dur (stations 5, 17), ne prélevant que des petits débris de récif en place, colonisés par des padines avec une maigre quantité de sédiment, d'autres encore n'ont pas fonctionnées du fait d'un trop fort courant, d'une profondeur trop grande, ou d'un déclenchement dans l'eau.

Les sables remontés sont le plus souvent mal calibrés, composés d'éléments grossiers (débris de coraux branchu, de gastéropode, etc…), dans laquelle se mêlent des particules zoogènes plus fines (foraminifères, spicules, etc…). Dans certains cas, ce sable graveleux est aggloméré autour des racines d'*Halimeda macroloba* (Figure 23 et Annexe 4). L'analyse granulométrique précisera la distribution de la taille des grains et leur nature.

Nom	X	Y	Z	Observations
1	42°41,799E	16°59,981S	16	sable hétérogène grossier et zoogène, mal trié
5	42°45,027E	16°57,841S	19,2	(1) morceau de coraux fraichement cassés et (2) halimeda sp. + sable grossier +1 débris coraux
7	42°40,932E	16°58,875S	23	bloc remonté arraché et halimeda verte piégeant du sable
8	42°42,090E	16°58,864S	21	gravier biogène grossier, avec morceau de coraux et petit gastéropode
9	42°40,031E	17°00,465S	19,4	quelques éléments grossiers, morceau de padine = fond dur = prélèvement non conservé
14	42°41,084E	16°58,084S	23,4	halimeda verte, padine, foram, sable grossier
17	42°46,512E	16°57,915S	23,5	halimeda sp., sable très grossier
18	42°47,865E	17°00,693S	14,7	halimeda sp., morceau de corail et sable grossier à très grossier

Tableau 5: Liste des prélèvements récoltés.

4. Cartographie de terrain et levés GPS

Durant la mission REEFCORES-3, plusieurs relevés de terrain ont été effectués à Glorieuses (Ile du Lys) et à Juan de Nova. Les objectifs de ces levés étaient de 1) observer la nature des différentes successions sédimentaires en terme de faciès et d'architecture, 2) réaliser des mesures topographiques et des prélèvements sur les différentes unités stratigraphiques et 3) établir la chronologie des séquences sédimentaires depuis la mise en place d'un récif pendant la dernière période interglaciaire.

Figure 24: Déploiement d'une foreuse thermique pour la collecte d'échantillons sur affleurement.

Les observations de terrain consistent principalement dans la réalisation de 5 levés de coupes sur chaque île (île du Lys et Juan de Nova), complétés par de nombreuses prises de photographies. 9 prélèvements de roche ont été effectués à l'île du Lys, et 12 à Juan de Nova (Tableau 6). Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un marteau et d'une foreuse thermique (matériel LDO). La foreuse consiste en un moteur de tronçonneuse équipée d'un foret à tête diamantée, d'un diamètre de 2 cm et d'une longueur de 15 cm (Figure 24). Le foret est alimenté en eau douce afin de le refroidir lors de la rotation et de l'enfoncement de l'outil.

Zone	**Echantillon**	**Outil**	**Objet**	**Ht_Ellipsoide**	**Longitude**	**Latitude**
Ile du Lys	RC-GLO-058	Carottier	Corail	-15,1580	47,37620709	-11,51517332
Ile du Lys	RC-GLO-059	Marteau	faciès brunâtre	-16,3580	47,37811083	-11,51507956
Ile du Lys	RC-GLO-060	Marteau	Calcarénite	-16,7100	47,37871958	-11,51523153
Ile du Lys	RC-GLO-061	Carottier	Corail	-15,2450	47,3740179	-11,51631225
Ile du Lys	RC-GLO-062	Carottier	faciès plage	-13,5660	47,37338278	-11,51701764
Juan de Nova	RC-JDN-017	Marteau	*Tridacnia*	-7,49	42,72082388	-17,06221345
Juan de Nova	RC3_JDN_C01	Carottier	Corail (*Porites*)	-9,468	42,72811225	-17,06169512
Juan de Nova	RC3_JDN_C02	Carottier	*Tridacnia*	-9,152	42,73172528	-17,06154131
Juan de Nova	RC3_JDN_C03	Carottier	*Tridacnia*	-8,949	42,73130042	-17,06168857
Juan de Nova	RC3_JDN_C04	Carottier	Grainstone	-10,303	42,72398863	-17,06379259
Juan de Nova	RC3_JDN_C05	Carottier	Grainstone	-9,207	42,72388996	-17,06386546
Juan de Nova	RC3_JDN_C06	Carottier	Corail (méandriforme)	-9,706	42,72375239	-17,06401786
Juan de Nova	RC3_JDN_C07	Marteau	*Tridacnia*	-9,561	42,72234839	-17,06307328
Juan de Nova	RC3_JDN_C08	Carottier	faciès bioturbés	-9,141	42,72236664	-17,06308929
Juan de Nova	RC3_JDN_C09	Carottier	faciès plage	-7,179	42,72235889	-17,06301862
Juan de Nova	RC3_JDN_C10	Carottier	Grainstone	-9,826	42,7198758	-17,06208999
Juan de Nova	RC3_JDN_C11	Carottier	Grainstone	-8,684	42,71989504	-17,06208221
Juan de Nova	RC3_JDN_C12	Carottier	beachrock	-8,82	42,71941429	-17,06181590

Tableau 6: Liste et position des échantillons prélevés durant la mission REEFCORES 3.

Figure 25: Emplacement de la base GPS RTK sur la pointe Ouest de l'île du Lys dans l'archipel des Glorieuses (11°30'56.29763'' S; 47°22'30.48383'' E Ellipsoïde : -19.890 m).

Une balise GPS RTK a été positionnée sur Glorieuses (île du Lys) et Juan de Nova (proche de l'ancienne gendarmerie) dans le but de fournir un point géographique de référence (X,Y,Z), et de réaliser des levés topographiques sur les affleurements des deux îles. La base GPS a été positionnée au toit des affleurements de la pointe ouest de l'île du Lys durant 4 jours consécutifs (Figure 25), et proche de la gendarmerie à Juan de Nova durant également 4 jours (Figure 26). 33 mesures à l'île du Lys et 46 mesures à Juan de Nova ont été réalisées à l'aide d'une base GPS mobile (Annexe 3).

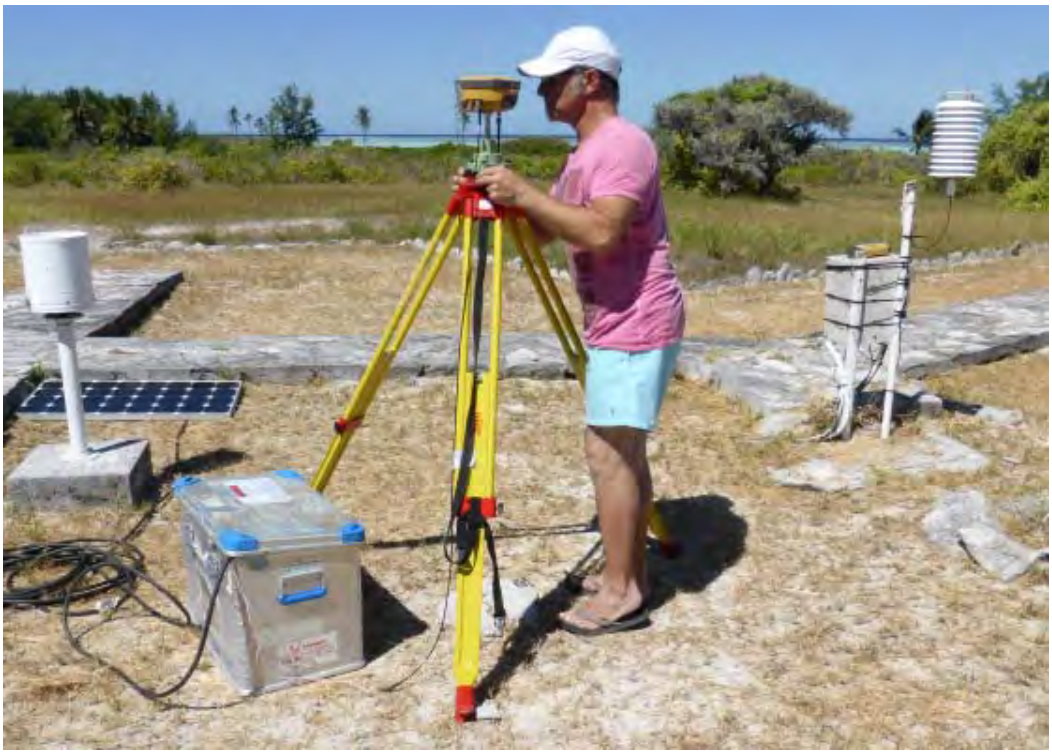


Figure 26: Emplacement de la base GPS RTK sur Juan de Nova, proche de l'ancienne gendarmerie, côte au vent (17°03'16.67438'' S; 42°42'43.57952'' E; Ellipsoïde : -3.740 m).

III. Journal de bord

La campagne à la mer REEFCORES-3 a duré 19 jours à bord de la goélette ANTSIVA depuis Diego Suarez (Madagascar) le 25 mars et jusqu'à Mayotte le 12 avril 2015 (Figure 27 et Tableau 7). 12 jours d'acquisition en mer ont été menés sur 4 zones d'étude: les plateformes carbonatées isolées des Glorieuses et de Juan de Nova et les plateformes mixtes de Majunga et Melaky. Plus de 6 jours ont été consacrés au transit afin de rejoindre ces différentes zones d'étude éloignées les unes des autres par plusieurs 100^{aines} de milles nautiques.

Tableau 7: Planning des opérations menées pendant la mission REEFCORES-3 (page suivante).

Dates		Heures																							
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Lundi	16/03/2015									Arrivée du Materiel + MOB (La Réunion)															
Mardi	17/03/2015																								
Mercredi	18/03/2015																								
Jeudi	19/03/2015																								
Vendredi	20/03/2015									Transit Antsiva La Réunion - Diego Suarez															
Samedi	21/03/2015																								
Dimanche	22/03/2015																								
Lundi	23/03/2015																								
Mardi	24/03/2015																								
Mercredi	25/03/2015								Antsiva Mouillage à Antsiranana											Transit vers Glorieuses (140 MN)					
Jeudi	26/03/2015								Transit vers Glorieuses (140 MN)											Mouillage à Grande Glorieuse					
Vendredi	27/03/2015			Mouillage à Grande Glorieuse					Formalitées à Grande Glorieuse, Installation Syst. et GPS à l'île du Lys											Sismique/Bathy NE Glorieuses					
Samedi	28/03/2015			Mouillage à l'île du Lys					Terrain à l'île du Lys						Sismique/Bathy NE Glorieuses										
Dimanche	29/03/2015			Mouillage à l'île du Lys					Sismique/Bathy NE Glorieuses + Terrain à l'île du Lys											Mouillage à Grande Glorieuse					
Lundi	30/03/2015			Mouillage à Grande Glorieuse					Sismique/Bathy NO et NE Glorieuses + Terrain à l'île du Lys + Récup. GPS											Transit vers Betsiboka (240 MN)					
Mardi	31/03/2015																								
Mercredi	01/04/2015					Transit vers Betsiboka (240 MN)									Sismique/Bathy Majunga					Mouillage à Majunga					
Jeudi	02/04/2015			Mouillage à Majunga					Formalitées à Majunga																
Vendredi	03/04/2015			Sismique/Bathy Majunga																					
Samedi	04/04/2015																								
Dimanche	05/04/2015																			Transit vers Juan de Nova (30 MN)					
Lundi	06/04/2015			Mouillage à Juan de Nova					Formalitées à Juan de Nova + GPS						Sismique/Bathy Juan de Nova					Mouillage à Juan de Nova					
Mardi	07/04/2015			Mouillage à Juan de Nova					Sismique/Bathy Juan de Nova + autres opérations											Mouillage à Juan de Nova					
Mercredi	08/04/2015			Mouillage à Juan de Nova					Sismique/Bathy Juan de Nova + autres opérations											Mouillage à Juan de Nova					
Jeudi	09/04/2015			Mouillage à Juan de Nova					Sismique/Bathy Juan de Nova + autres opérations											Transit vers Mayotte (300 MN)					
Vendredi	10/04/2015																								
Samedi	11/04/2015																								
Dimanche	12/04/2015			Antsiva Mouillage à Mayotte					Dépot Materiel + DEMOB (Mayotte)																
Lundi	13/04/2015																								
Mardi	14/04/2015																								
Mercredi	15/04/2015																								
Jeudi	16/04/2015																								
Vendredi	17/04/2015																								

Mouillages	7,5 nuits
Transits (138h)	6,5 jours
Opérations (122h)	12 jours
MOB/DEMOB	2 jours

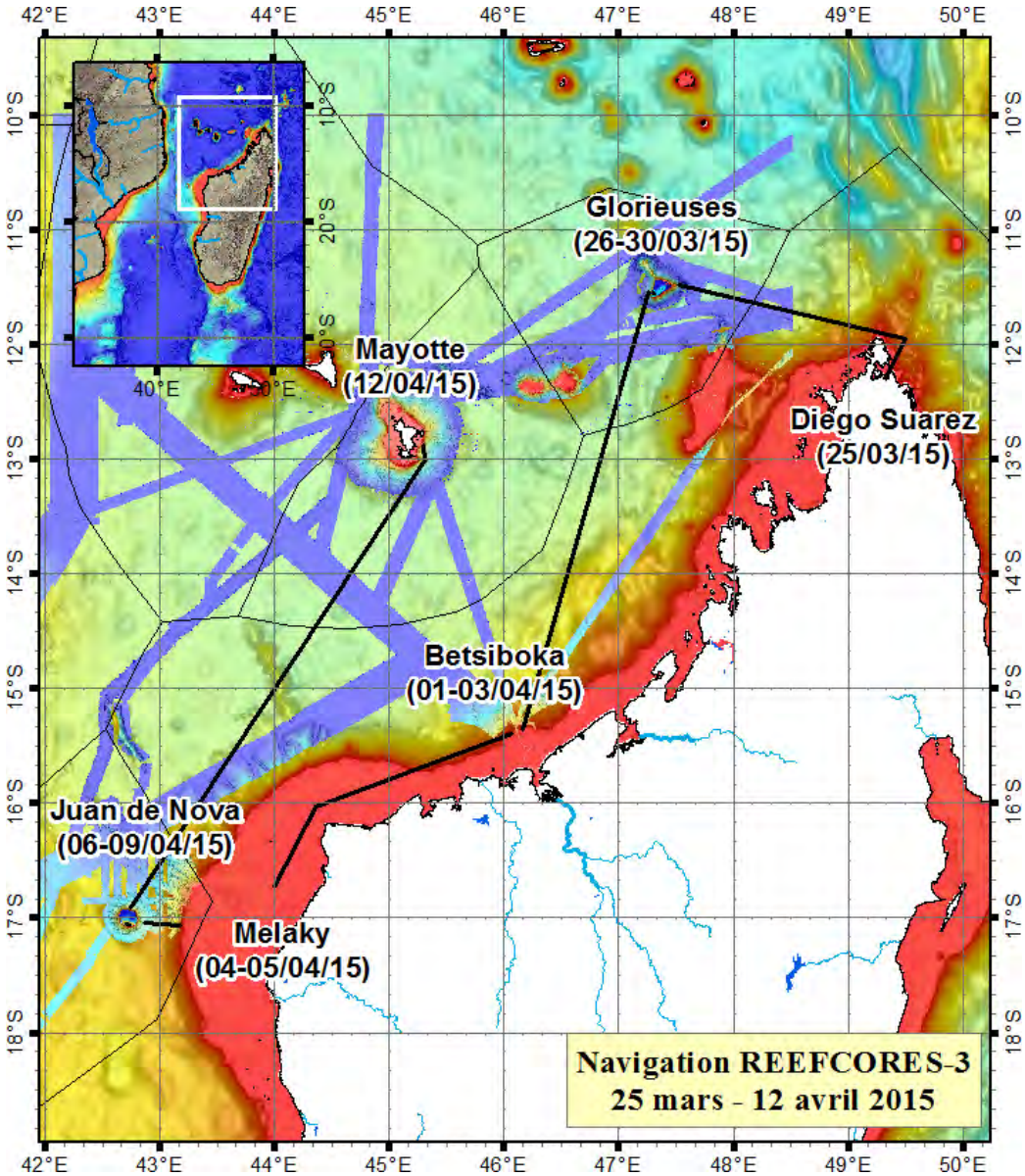


Figure 27: Carte de localisation des zones du canal du Mozambique explorées pendant la mission REEFCORES-3.

Ci-dessous, une description détaillée des opérations jour par jour:

Lundi 23 mars:
Voyage Brest-Paris-La Réunion-Mayotte-Diego Suarez de l'équipe scientifique.

Mardi 24 mars:
Voyage La Réunion-Mayotte-Diego Suarez de l'équipe scientifique.

Mercredi 25 mars: A Diego Suarez.
Mobilisation à Diego Suarez. Embarquement de l'équipe scientifique et installation des outils géophysiques:
- Mise en place de la perche et des capteurs du sondeur EM3002,
- Montage de la chaîne sismique Sparker et du système d'acquisition de l'EM3002,
- Matossage des caisses pour le transit.

A 18h00 heure locale, l'ANTSIVA appareille et fait route vers la passe de Diego Suarez. Navigation de nuit vers l'archipel des Glorieuses et passage au large du cap d'Ambre vers minuit sous un régime de vent de SE à plus de 25 nœuds.

Jeudi 26 mars:
En transit vers l'archipel des Glorieuses; préparation des systèmes d'acquisition annexes (marégraphe, GPS TopCon) et discussions sur l'organisation et la stratégie des acquisitions lors des premières journées à Glorieuses. L'ANTSIVA arrive au mouillage à l'Ouest de l'île de Grande Glorieuse vers 22h00.

Vendredi 27 mars: Zone ***Glorieuses***.
La journée commence par les formalités d'usage au camp militaire et présentation des passeports à la gendarmerie de Grande Glorieuse. Derniers réglages de la perche du sondeur EM3002 et des systèmes d'acquisition (branchements sismiques, mesure des offsets GPS, …) à bord de l'ANTSIVA. Le transit vers l'île du Lys permet d'effectuer les paramétrages et les premiers tests d'acquisition et de traitement de la bathymétrie. Installation de la base GPS (TopCon) qui restera toute la durée des acquisitions géophysiques sur un point haut de l'île du Lys et servira de référence pour calibrer les positions XYZ des différents GPS de la mission. Vers 19h00, transit vers la zone d'acquisition (NE de l'île du Lys), réalisation d'une sonde SVP dans la colonne d'eau et début des profils de calibration pour l'EM3002 sur une zone pentée (tangage) et plate (roulis). A 23h00 et pendant le début de la nuit, acquisition de profils de bathymétrie sur une première boite géophysique dans la zone NE de la plateforme.

Samedi 28 mars: Zone ***Glorieuses***.
Acquisition de bathymétrie dans la zone NE de la plateforme et retour au mouillage vers 2h00. Au matin, le vent de 15-20 nœuds ne permet pas une exploration géophysique au large de qualité; débarquement sur l'île du Lys pour une reconnaissance du terrain d'une partie de l'équipe et traitement des premiers profils de bathymétrie à bord de l'ANTSIVA. La décision est prise en fin de matinée de faire route vers la zone de travail au NE de l'île du Lys suite à l'amélioration des conditions météorologiques. Acquisition de profils jointifs de bathymétrie et sismique sur la zone des terrasses récifales du NE. A 16h00, un problème d'onduleur sur la chaine d'acquisition de bathymétrie qui ne semble ne pas supporter les émissions concomitantes de la sismique, nous force à stopper l'acquisition Sparker et à continuer le levé bathymétrique seul. A 20h00, fin du levé bathymétrique sur la première boite géophysique sur les terrasses récifales du NE de la plateforme. Extension des acquisitions vers le NO par une seconde boite géophysique afin de compléter l'exploration de ce rebord de plateau. Retour au mouillage de l'île du Lys vers 22h30.

Dimanche 29 mars: Zone ***Glorieuses***.
Une équipe est déposée pour la journée sur l'île du Lys pour réaliser les coupes de terrain des affleurements des récifs fossiles du MIS5 et les mesures GPS TopCon des différents niveaux remarquables (position en Z). Acquisition simultanée de sismique et de bathymétrie sur la première boite afin de justifier et valider les futurs sites de forage sur les terrasses récifales ennoyées (profils en croix sur les 4 sites potentiels des forages MEBO (site survey). A 13h45, fin du levé sismique de la première boite et retour sur la seconde boite (au NO de la boite 1). A 15h30, mesure de célérité dans la colonne d'eau avec la sonde SVP et changement de configuration de la source Sparker (passage de 130 à 500 J. et à 100 brins) pour réaliser un profil qui traverse toute la plateforme des Glorieuses (équivalent du profil GLO-7 de la mission REEFCORES-2). Au passage au N de l'île du Lys, récupération de l'équipe terre. Ralliement du mouillage de Grande Glorieuse cartographiant le rebord de la plateforme. Mouillage vers 19h00. Visite nocturne des sites de ponte des tortues vertes sur l'île de Grande Glorieuses avec les spécialistes de l'équipe de Kélonia-Ifremer présents sur le site.

Lundi 30 mars: Zone ***Glorieuses***.
Transit en acquisition bathy/sismique vers la troisième zone d'étude au NO de la plateforme. A la latitude de l'île du Lys, l'équipe Terre rejoint l'île avec l'annexe pour continuer le travail de cartographie des

affleurements et pour prélever ces différents niveaux avec une mini-foreuse. De 9h00 à 11h00, l'acquisition sismique et bathymétrique se concentre sur le prisme sableux au NO de la plateforme (boite 3). Transit en acquisition en longeant le rebord de plateau du Nord de la plateforme pour rejoindre la boite 2 au NE. A partir de 12h30, reprise des acquisitions des profils jointifs sur la boite 2 et mise en évidence de nouvelles accumulations des corps sableux alimentant en sédiments le haut de pente de l'édifice des Glorieuses. A 14h30, couverture complète de la boite 2 et profil de ralliement vers l'île du Lys pour récupérer l'équipe à terre et le matériel déposé pendant ces quelques jours aux Glorieuses (base RTK). Nouveau profil de ralliement vers l'île de Grande Glorieuse pour récupérer l'équipe "Tortue". A 19h00, départ de l'archipel des Glorieuses et transit vers Majunga.

Mardi 31 mars:
Transit vers Majunga. Présentation de l'organisation et des objectifs scientifiques de la mission REEFCORES-3 et traitements des données de sismique et de bathymétrie à bord de l'ANTSIVA.

Mercredi 1 avril: Zone ***Majunga***.
Fin du transit vers Majunga. A 14h45, lancement des acquisitions de sismique et bathymétrie à l'arrivée sur la plateforme de Majunga à partir du haut de pente et en direction de l'estuaire de la Betsiboka. Vers 15h15, le groupe électrogène s'arrête inopinément; le redémarrage du groupe entraine un problème électrique au niveau de l'unité Sparker 160 J.; changement d'unité Sparker, passage à 250 J. Reprise des tirs à 19h00 en transect vers Majunga. A 20h00, fin d'acquisition Sparker et SMF. L'ANTSIVA au mouillage dans la baie de Majunga autour de 22h00.

Jeudi 2 avril: Zone ***Majunga***.
Formalités auprès des douanes (sortie de territoire de Madagascar) et ravitaillement en produits frais au marché. A bord, traitement des données, réparation et tests de l'unité Sparker (changement de carte d'alimentation). Changement de l'équipe "Tortue". Appareillage de l'ANTSIVA vers 14h30, mise à l'eau de la perche du sondeur et début d'acquisition des données de bathymétrie à 15h00. A 17h30, début des profils Sparker quelques milles plus au large sur la plateforme de Majunga, à des profondeurs d'eau plus importantes pour éviter d'avoir le multiple trop proche du fond de mer.

Vendredi 3 avril: Zone ***Majunga***.
L'acquisition sur la zone de Majunga prend fin vers 07h30. L'ANTSIVA part en transit vers la zone de Melaky après la remontée de la perche du sondeur et des câbles sismiques. Passage du cap St André dans la nuit sous voile et au près serré avec 15-20 nœuds de vent.

Samedi 4 avril: Zone ***Melaky***.
En transit vers la plateforme de Melaky. A 15h30, réalisation d'une sonde SVP et début d'acquisition d'un profil Est-Ouest qui traverse l'ensemble de la plateforme depuis 40 m de profondeur et jusqu'à 250 m en haut de pente continentale. Le début de profil est affecté par des problèmes électroniques sur la chaîne Sparker; après différents tests, le préamplificateur de signal dans la flute est changé et la sismique reprend avec l'acquisition de traces avec un niveau d'amplitude correct. Installation des quarts pour le suivi des acquisitions pendant les prochaines 24h.

Dimanche 5 avril: Zone ***Melaky***.
A 4h00, arrivée dans la zone de rebord de plateforme où des terrasses carbonatées ont été identifiées lors de la mission Ptolémée de 2014. Réalisation d'une sonde SVP et levé de profils sismiques et bathymétriques courts autour des potentiels sites de forage de ces terrasses (site survey). Vers 9h00, fin de l'exploration de la zone des terrasses et reprise des profils régionaux sur la plateforme de Melaky. A 23h00, fin de l'acquisition sur la zone de Melaky; début du transit vers Juan de Nova; la perche du sondeur reste le place.

Lundi 6 avril: Zone ***Juan de Nova***.
A 0h00, la plateforme de Juan de Nova est en approche. Remise à l'eau de la sismique et début d'acquisition sismique/bathymétrie depuis le haut de pente à l'Est de Juan et vers la zone de mouillage au Nord de l'île, dans le lagon ouvert. Mouillage de l'ANTSIVA autour de 2h00. Débarquement de l'équipe à terre au matin pour les formalités auprès de la gendarmerie et pour l'installation de la base GPS RTK. A 15h00, début des acquisitions de sismique et bathymétrie dans le lagon de Juan de Nova. Retour au mouillage vers 18h00.

Mardi 7 avril: Zone ***Juan de Nova***.
L'équipe à terre quitte l'ANTSIVA vers 5h45 pour aller travailler sur les affleurements de Juan de Nova. A 8h30, l'ANTSIVA appareille pour une journée d'exploration du lagon et des tombants sur le rebord de la plateforme avec la sismique, la bathymétrie et le sonar. En parallèle de l'acquisition géophysique, une équipe part en annexe réaliser des bennes à sédiment dans les zones externes du lagon afin de compléter les prélèvements récupérés en 2011 lors de la rotation avec le Marion Dufresne. Retour de l'annexe à bord vers 11h30, la géophysique continue. L'annexe repart pour d'autres prélèvements vers 13h00. Fin des acquisitions de sismique et de bathymétrie; retour au point de mouillage, récupération de l'équipe à terre. L'ANTSIVA au mouillage à 18h00.

Mercredi 8 avril: Zone ***Juan de Nova***.
Une équipe retourne à terre vers 7h45 pour réaliser les prélèvements des affleurements par micro-forage. L'ANTSIVA quitte son mouillage à 8h30 pour une journée de sismique et bathymétrie le long de grands transects Est-Ouest et pour explorer de manière détaillée avec le sonar une passe dans le platier récifal à l'Est du lagon afin de déterminer la présence de figures sédimentaires sableuses en rebord de plateforme. L'acquisition se termine vers 17h30 par la prise de mouillage. L'équipe à terre rejoint le bord à 18h00.

Jeudi 9 avril: Zone ***Juan de Nova***.
A 7h30, l'équipe quitte le bord pour aller récupérer le matériel déposé à terre pendant ces derniers jours (base GPS, micro-foreuse, …). Retour à l'ANTSIVA pour conditionner le matériel dans les caisses. Récupération vers 10h00 d'une partie de l'équipe restée à terre. En parallèle, traitement des données et rédaction du rapport à bord de l'ANTSIVA. En début d'après-midi, démontage de la perche et de la tête de sondeur SMF. Préparation du transit. A 17h30, l'ANTSIVA quitte Juan de Nova et fait route plein Nord en direction de Mayotte.

Vendredi 10 avril:
L'ANTSIVA en transit vers Mayotte; Rangement du matériel géophysique, traitement des données et rédaction du rapport de mission.

Samedi 11 avril:
L'ANTSIVA en transit vers Mayotte; Rangement du matériel géophysique, traitement des données et rédaction du rapport de mission. Arrivée au mouillage vers 23h00.

Dimanche 12 avril: A Mayotte.
L'ANTSIVA au mouillage à Dzaoudzi. Conditionnement, colisage et débarquement du matériel de mission. L'équipe scientifique quitte le bord vers 11h00.

Lundi 13 avril: A Mayotte.
Départ du fret du matériel vers la métropole. Voyage Mayotte-La Réunion-Paris de l'équipe scientifique

Mardi 14 avril:
Arrivée de l'équipe scientifique à Brest.

IV. Résultats

Les résultats de REEFCORES-3 se basent sur des observations des données temps-réel ou pré-traitées à bord de l'ANTSIVA au cours de la mission. Un rejeu définitif des données de bathymétrie et d'Imagerie devra être effectué à terre après la mission. Une correction GPS de l'ensemble des données sera également appliquée pour obtenir une précision accrue en X, Y et surtout en Z. Cette présentation des données restera donc descriptive et succincte.

1. Zone Glorieuses

L'acquisition de bathymétrie et de sismique sur la zone Glorieuses (Figure 28) s'est concentrée sur 2 objectifs majeurs du programme REEFCORES: cartographier les terrasses carbonatées récifales ennoyées au NE de l'île du Lys et les corps sédimentaires sableux accumulés au NO sur le rebord de la plateforme.

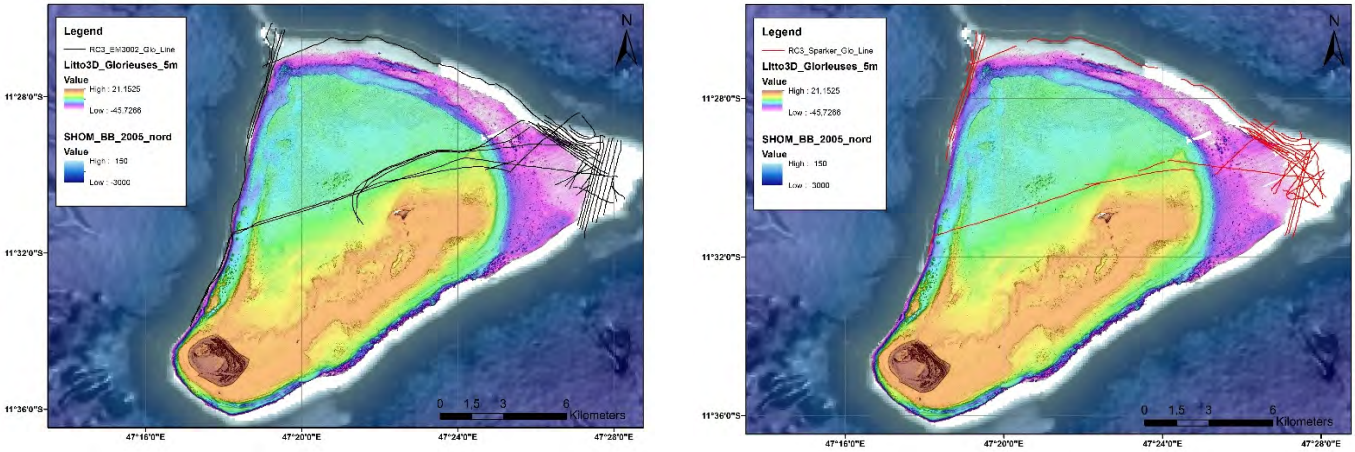


Figure 28: Plan de positionnement sur la zone des Glorieuses des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite).

A. Prismes sableux de rebord de plateau ("sources" des systèmes gravitaires)

Pendant les précédentes missions du programme REEFCORES, des corps sédimentaires sableux avaient déjà été identifiés et imagés au sein des lagons et sur les rebords du plateau des Glorieuses. La mission REEFCORES-3 a permis de confirmer la présence de ces dépôts sableux au NO de la plateforme des Glorieuses (Figure 29); d'autres corps dunaires semblent également s'accumuler au NE dans des profondeurs d'eau équivalentes entre 50 et 80 m (Figure 31). Les données de SMF permettent de bien mettre en relation la configuration de ces dépôts le long du rebord de plateau avec la présence de terrasses récifales ou replats morphologiques plus ou moins développés dans cette zone. Dans la partie NO de la plateforme des Glorieuses, les terrasses affleurent au Nord du prisme sableux, au niveau d'un éperon qui enregistre la succession des niveaux récifaux à 50, 80, 105 et 200m de profondeur. La bathymétrie détaillée met également en évidence des petites rides sableuses orientées NO-SE au toit du prisme et l'étude de ces structures sédimentaires permettra de contraindre les modalités de transport et de dépôt dans ces zones de la plateforme externe.

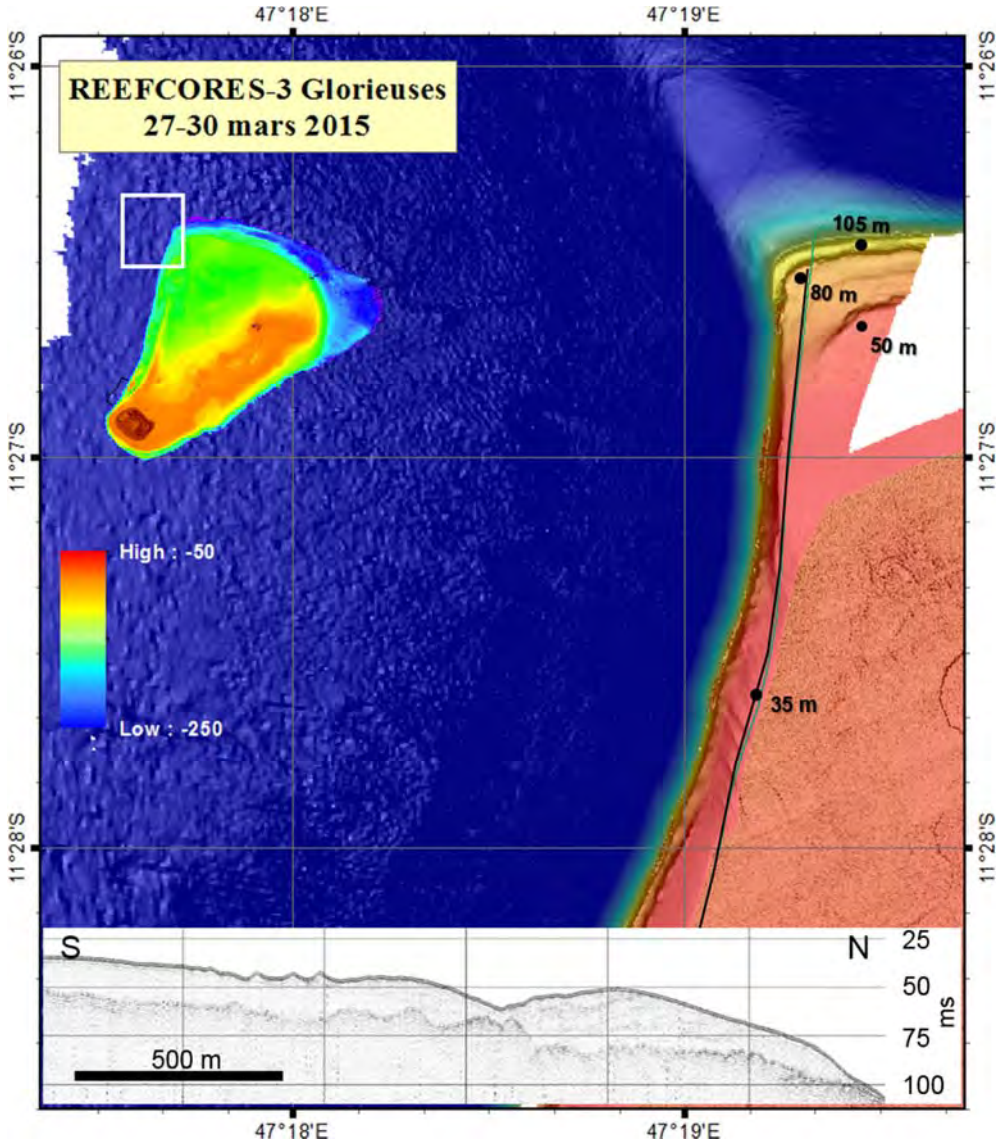


Figure 29: Morpho-bathymétrie des dépôts sableux sur le rebord NO de la plateforme des Glorieuses. La ligne verte correspond au profil sismique RC2-GLO_21 (mission REEFCORES-2) présenté en bas de la figure.

Les observations basées sur les données sismiques confirment les épaisseurs de plusieurs mètres (12 à 25 m) de sédiments déposés sur le rebord de plateforme (Figures 29 et 30). Ces dépôts, sans doute holocènes, attestent de la production importante en sédiments des plateformes carbonatées modernes dès lors qu'elles sont ennoyées mais également de leur mobilité et leur transport vers les domaines externes en contexte de haut niveau marin.

Les processus d'export de ces sédiments depuis leur lagon ouvert vers le domaine profond pourraient se résumer au déplacement des dunes et bancs sableux dans la partie interne du lagon et jusqu'au domaine externe au niveau de zones particulières du rebord de plateau (présence de terrasses récifales ou replats morphologiques sous-jacents); la déstabilisation de ces accumulations de sables par les courants ou par les forts gradients du haute de pente contribuerait régulièrement à alimenter le domaine profond en sédiments carbonaté. Ces prismes de haut de pente pourraient ainsi former des paraséquences transgressives ou de haut niveau marin qui témoigneraient de transits sédimentaires vers les bassins pendant les terminaisons climatiques et les interglaciaires.

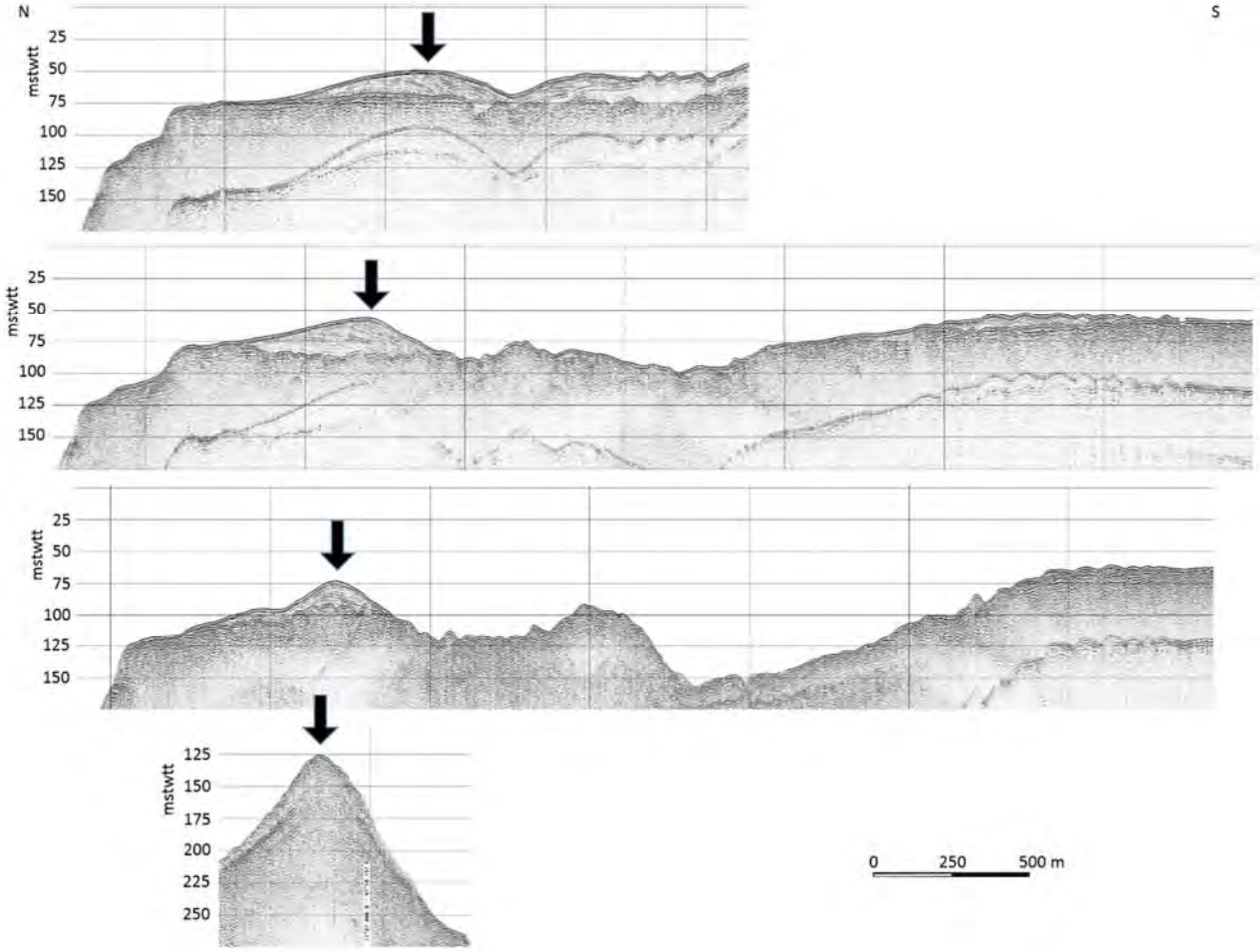


Figure 30: Profils sismiques RC3-GLO-327, -328, -329, -330 illustrant la présence de corps sableux sur le rebord de plateforme.

En 2014, la campagne PTOLEMEE, menée dans le cadre du projet PAMELA (IFREMER-TOTAL-CNRS) a permis d'identifier au pied du mont sous-marin des Glorieuses, des géométries de corps sédimentaires associés à des complexes de chenaux-levées typiques de systèmes gravitaires carbonatés (cf contexte géologique; Partie I.). Ces systèmes sédimentaires confirment également l'export de matériel sableux depuis les plateformes récifales actuelles jusque dans les bassins sédimentaires adjacents.

Ces observations détaillées sur les corps sableux du rebord de plateau permettent de remplir le premier objectif de la mission REEFCORES-3 qui était d'étudier la source de ces sédiments carbonatés profonds et les processus associés à la dynamique et au remplissage sédimentaire au sein des lagons actuels suite à la dernière remontée du niveau marin et en contexte de haut niveau marin interglaciaire.

B. Terrasses récifales ennoyées, marqueurs des paléo-niveaux marins

L'évolution du niveau de la mer reste une des clés fondamentales pour expliquer, sur les plateformes peu profondes, l'aggradation et la préservation des récifs, la production et l'accumulation de sédiments et leurs transferts vers les bassins sédimentaires. Les récifs coralliens tiennent une place centrale dans la reconstitution des variations passées du niveau marin et des paramètres environnementaux depuis le Dernier Maximum Glaciaire. Ces enregistrements sous forme de terrasses récifales sont fondamentaux pour

la compréhension des mécanismes qui ont gouverné la succession des différents événements climatiques abrupts de la dernière déglaciation. Les terrasses et les aggradations récifales sont les témoins des changements dans les variations du niveau de la mer. Ils ont notamment permis de mettre en évidence des variations brusques du niveau marin (MWP: "Meltwater Pulses") pendant la dernière période glaciaire. Ces évènements de réchauffement et par conséquent de remontée rapide du niveau de la mer pourraient correspondre aux périodes majeures de production carbonatée liées à l'augmentation de l'accommodation sur les plateformes et à des conditions environnementales favorables.

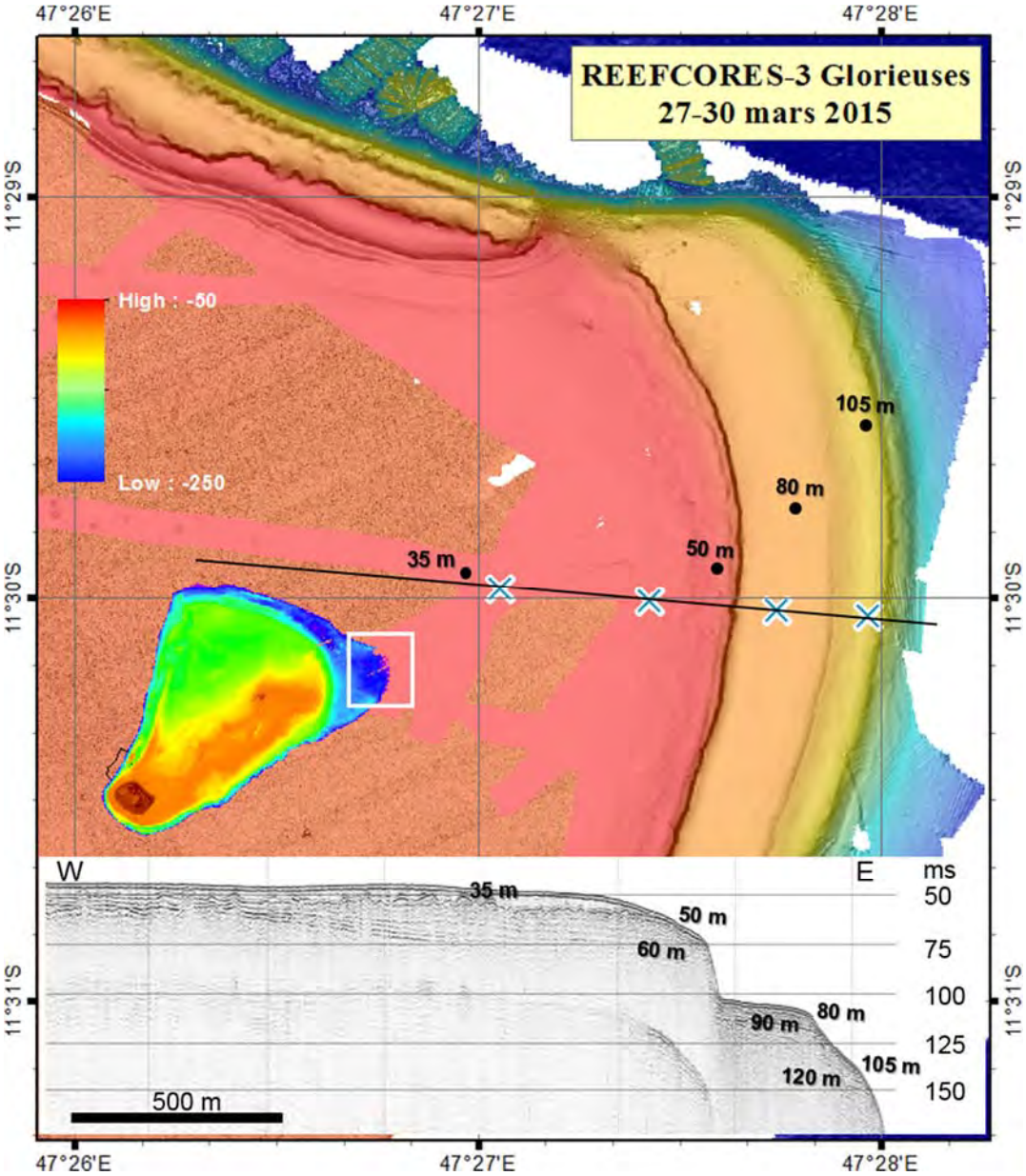


Figure 31: Morpho-bathymétrie des terrasses récifales submergées. La ligne noire correspond au profil sismique RC2-GLO_07 (mission REEFCORES-2) présenté en bas de la figure.

Aux Glorieuses, plusieurs terrasses récifales submergées ont été identifiées en 2013 lors la mission REEFCORES-2. Les conditions météorologiques exceptionnelles sur l'archipel des Glorieuses pendant REEFCORES-3 ont permis la réalisation d'un levé complet de bathymétrie (Figure 31) et de sismique (Figure 32) sur les terrasses récifales et la découverte de nouvelles dunes sableuses en rebord de plateau dans le Nord-Est de la plateforme. La morpho-bathymétrie de cette zone externe de la plateforme montre

des terrasses très développées à 35m, 50m, 80m et 105m, séparées par des ruptures de pente extrêmes formant de véritables "murs carbonatés" bioconstruits (Figure 31). Comme dans le coin NE de la plateforme, elles se distribuent au droit d'un éperon particulièrement étendu vers le NO. Ces extensions profondes de la plateforme ont sans doute une relation étroite avec la morphologie du substrat volcanique sous-jacent.

En profondeur, la sismique Sparker indique la présence d'une couverture sans doute sableuse (faciès transparent) sur ces terrasses fossiles. Même si la pénétration dans ces environnements carbonatés n'est pas exceptionnelle, la sismique permet de corriger les profondeurs mesurées sur la bathymétrie afin d'obtenir les profondeurs réelles de terrasses carbonatées qui sont associées aux paléo-niveaux marins (Figure 32).

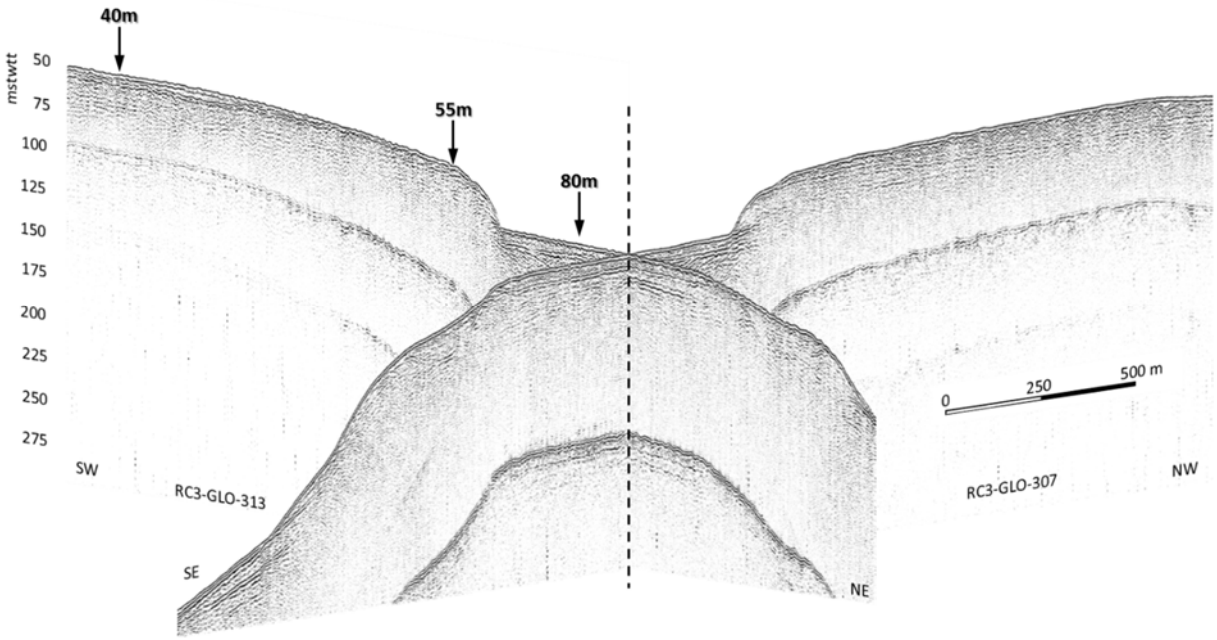


Figure 32: Profil sismique RC3-GLO-307 et -313 permettant de caractériser la stratigraphie des terrasses récifales submergées au croisement d'un futur site potentiel de forage (80 m).

L'objectif principal de la mission REEFCORES-3 qui était de cartographier ces terrasses récifales au Nord-Est de la plateforme est atteint et les données récoltées sont d'une très bonne qualité. Nous disposons désormais d'une base de données exceptionnelle sur ce site pour documenter ces paléo-niveaux marins probablement déglaciaires.

C. *Affleurements des récifs fossiles*

En parallèle de ces acquisitions géophysiques, une partie de l'équipe s'est concentrée sur la cartographie et la compréhension des récifs fossiles de l'île du Lys (Figure 33). Des mesures très précises par GPS RTK des différents niveaux préservés de terrasses récifales et de sables cimentés (paléo-plages) serviront à définir, en accord avec les futures datations sur les prélèvements effectués dans ces unités, la mise en place et l'enregistrement des hauts niveaux marins depuis le stade MIS5, il y a environ 130 000 ans.

➢ Données d'élévation à l'île du Lys

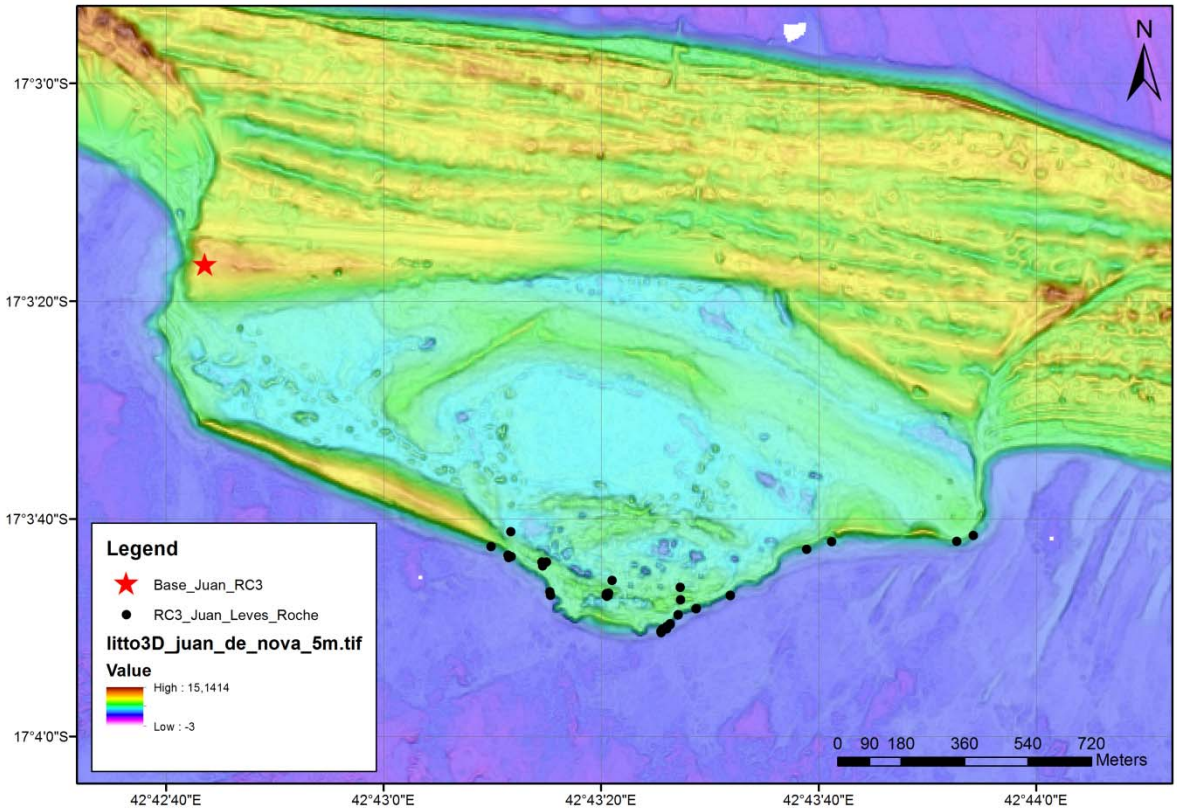


Figure 33: Carte de l'île du Lys, positionnement de la base GPS RTK et des relevés réalisés à l'aide de la base mobile RTK.

Nom	Ht_Ellipsoide	Description	Longitude	Latitude
LYS_02	-16,1560	Dalle Récif 5E pourtour lagune	47,37527018	-11,51635957
LYS_03	-14,8140	Contact Récif 5E\Plage (Proche Base RTK)	47,37539108	-11,51573941
LYS_04	-15,2250	Top Récif 5E (Affleurement Nord)	47,37565397	-11,51549087
LYS_05	-15,3370	Top Récif 5E (Affleurement Nord)	47,37617038	-11,51513781
LYS_06	-15,4940	Top Récif 5E (Affleurement Ouest)	47,37452765	-11,51608531
LYS_07	-17,6470	Base Récif 5E	47,37420782	-11,51617718
LYS_08	-15,2450	RC-GLO-061 (Toit Récif 5E)	47,3740179	-11,51631225
LYS_09	-14,8740	Top Récif 5E (Affleurement Ouest)	47,37333067	-11,51657189
LYS_10	-13,5660	RC-GLO-062	47,37338278	-11,51701764
LYS_11	-12,9300	Top Plage 5E	47,37338884	-11,51704767
LYS_12	-15,0830	Top Récif 5E	47,37329501	-11,51711344
LYS_13	-15,3280	Toit du notch - Intra-5E Reef Discontinuity ? - Proche Base RTK	47,37540943	-11,51563704
LYS_14	-17,4850	Top (Unité 1) Récif 5E	47,37536467	-11,51568276
LYS_15	-15,1580	RC-GLO-058 (Top Récif 5E)	47,37620709	-11,51517332
LYS_16	-15,8430	Top Récif 5E (Affleurement Est)	47,37704876	-11,51491518
LYS_17	-15,8400	Top Facies ""Rouge"" - Secteur Ouest	47,37752153	-11,51492751
LYS_18	-15,9880	Top Facies ""Rouge"" - Sortie Lagune	47,37801042	-11,5150598
LYS_19	-16,7260	Contact Récif 5E\Facies ""Rouge"" - Sortie Lagune	47,37806491	-11,51501879
LYS_20	-16,3580	RC-GLO-059 - Intra Facies ""Rouge""	47,37811083	-11,51507956

LYS_21	-16,7100	RC-GLO-060 - Intra Facies ""Washover""	47,37871958	-11,51523153
LYS_22	-15,5390	Top Facies ""Washover""	47,37877288	-11,51527193
LYS_23	-16,9960	Top Récif 5E - Sortie Lagune	47,37881533	-11,51516573
LYS_24	-15,6740	Top Facies ""Washover"" - Est Lagune	47,37910328	-11,51529996
LYS_25	-16,5650	Top Récif 5E - Est Lagune	47,37933977	-11,51509695
LYS_26	-16,0890	Top Facies ""Rouge"" - Est Lagune	47,37935425	-11,51508612
LYS_27	-15,9660	Top Récif 5E - Est Lagune	47,37948033	-11,51511552
LYS_29	-16,5570	Top Récif 5E - (Côte Est)	47,37928315	-11,51562718
LYS_30	-15,8020	Top Facies ""Shoreface-Foreshore"" 5E - (Côte Est)	47,37925696	-11,51568822
LYS_31	-17,0830	Top Récif 5E - (Côte Est)	47,37850692	-11,51633179
LYS_32	-16,0980	Beach Rock"" - (Côte Est)	47,37832839	-11,51650854
LYS_33	-15,8120	Beach Rock"" - (Cote Est)	47,37808364	-11,51723644

Tableau 8: Relevés topographiques sur l'île du Lys (UTM Zone 38S - WGS84).

➢ Séquences stratigraphiques (Figures 34 et 35)

Successions lithologiques du dernier interglaciaire :

Cette formation a été datée par Battistini (1976) et Guillaume (2012) de la dernière période interglaciaire (MIS5e). La base de cette unité n'est pas identifiable à l'affleurement (sous le niveau de la mer actuel). Elle affleure sur l'ensemble du pourtour de l'île hormis la face Sud-Ouest où elle est recouverte par les dépôts sableux littoraux actuels.

Les unités affleurantes les plus anciennes se composent de calcaires récifaux (F1a, Figure 34) dominés par les genres *Faviidae* (formes massives, Annexe 5A) et *Acropora* (petites formes branchues), ainsi que la présence de grands bivalves (*Tridacnia sp*.). Dans la partie NO de l'île, cette unité passe à des calcaires récifaux dominés par les formes branchues (*Acropora*), dont certaines atteignent plus de 1,5m de haut ainsi que des diamètres de branches de 10 cm (*Isopora palifera*, Annexe 5B).

Au NO de l'île, ces unités récifales (colonies et espaces inter-récifs) sont scellées par des grainstones (F1b) fortement bioturbés (Annexe 5C), puis sont recouverts par des faciès grainstones montrant des stratifications planes subhorizontales, légèrement bioturbées (Annexe 5D). Le toit des récifs fossiles montre également la présence de puits de dissolution, générés par la stagnation d'eau saumâtre actuelle (ou subactuelle) sur la dalle récifale du MIS5e, dont les structures en cheminée ressortent par érosion différentielle (Annexe 5E). Certains puits forment des cavités larges de plus de deux mètres, lesquelles traversent l'ensemble du récif fossile, et se retrouvent aujourd'hui connectées à l'océan. Au SE de l'île, le récif du MIS5e est recouvert par des grainstones bioclastiques (F1b) assez peu cimentés, exempts de bioturbations et montrant des plans de stratifications à base légèrement tangentielle vers le SE (Annexe 5F).

Formations lithologiques au débouché de la lagune :

Au débouché de la lagune de l'île du Lys (au nord de l'île), le toit du récif du MIS5e est drapé par une unité lithologique F2a, caractéristique par sa couleur brunâtre (Annexe 5G). Son extension latérale est exclusivement limitée sur le pourtour du débouché de la lagune. Elle présente soit un contact franc avec le MIS5e, soit elle remplit des cavités décimétriques de dissolution. Le faciès est composé d'un floatstone à nombreux gastéropodes (Annexe 5H), avec une matrice fine (argileuse ?) de couleur brunâtre. Des structures sédimentaires obliques, à base tangentielle et bi-directionnelle peuvent y être observées (Annexe 6A).

Plus au SE, cette unité est recouverte par des dépôts (F2b) montrant de grandes stratifications à pendage vers le SO (Annexe 6B) ou le NE. Le faciès à la base de cette unité est un grainstone assez grossier à éléments bioclastiques. Les couches au toit de cette unité montrent la cimentation de blocs calcaires, de coraux, ainsi que de galets brunâtres (remaniement de l'unité sous-jacente, Annexe 6C).

Formations tardi-Holocène et actuelles

Une unité de beachrock (F2c) vient coiffer les dépôts anciens de l'île, principalement l'unité récifale du MIS5e. Cette unité peut s'observer uniquement dans la partie SE de l'île, proche du prisme littoral sableux actuel. Elle se compose d'une succession de dalles calcaires à faciès grainstone bioclastique relativement bien trié et cimenté. Les différentes dalles montrent une progradation vers le SE (Annexe 6D).

En arrière de ces beachrocks, de nombreux blocs rocheux sont accumulés en haut de plage (Annexe 6D). Le prisme littoral actuel s'étend principalement le long d'une petite baie sur la côte SO de l'île (Annexe 6E), ainsi que de part et d'autre d'un éperon qui forme la pointe Sud, dont le sommet constitue le point le plus haut de l'île (+12m au-dessus du niveau marin actuel). A cet endroit, il est possible d'observer une structure en dôme à substrat sableux et colonisée par la végétation (Annexe 6F).

- <u>Synthèse</u>

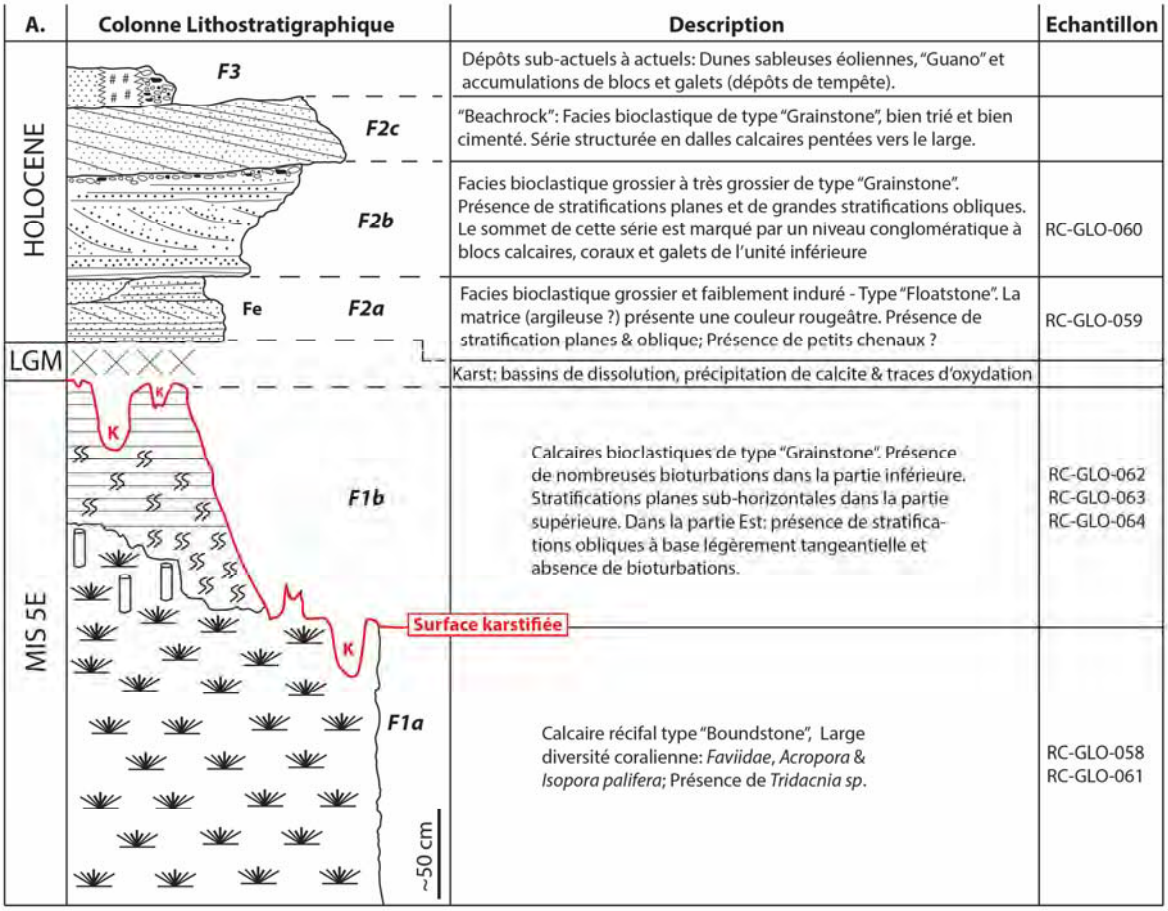


Figure 34: Log synthétique de l'île du Lys.

Le substrat de l'île du Lys est représenté par une unité récifale datant du MIS5e. Les associations de coraux à la base de cette unité sont représentées par des coraux branchus de type *Acropora* et des coraux massifs de type *Faviidae*. La partie la plus haute de cette unité, visible sur l'éperon ouest de l'île, montre quant à elle l'apparition des grandes formes branchues (*Isopora palifera*) en association avec les *Acropora*. La différence topographique ainsi que le changement dans les associations coralliennes sont interprétées comme un "backstepping" du récif corallien pendant la transgression marine du MIS5e.

Le toit des faciès coralliens à *Isopora palifera* est comblé par des grainstones fortement bioturbés, ce qui témoigne d'un arrêt de la production récifale et du comblement du récif par des apports sableux marins à la fin de la transgression marine du MIS5e. Dans la partie ouest de l'île, les faciès bioturbés passent ensuite à des dépôts à stratifications planes horizontales bioturbées, interprétés comme des faciès de plage. Dans la partie est, l'équivalent des faciès de plage est exprimé par des dépôts de shoreface supérieur progradant vers l'est et qui recouvrent le récif du MIS5e.

De nombreuses cavités karstiques peuvent être observées au toit du récif du MIS5e. Les plus grandes forment des puits métriques arrondis qui traversent l'ensemble de la série du MIS5e, et par lesquels s'engouffre l'eau de mer à marée montante. Les plus petits sont représentés par des cavités de dissolution décimétriques tapissés de calcite sur les bords, et qui forment par endroit des structures en cheminées par érosion différentielle. La dépression centrale de l'île du Lys qui forme la lagune actuelle est interprétée comme la cavité karstique principale qui serait héritée de la période post MIS5e (incluant la dernière période glaciaire).

Le dépôt des faciès brunâtres (supposés riche en oxyde de fer), dont l'extension est limitée à la sortie nord de la lagune, est interprété comme le remaniement des dépôts de remplissage de karst accumulés pendant les bas niveaux marins post MIS5. La présence de structures sédimentaires bi-directionnelles atteste d'un environnement de dépôt en domaine marin, probablement sous influence tidale. Ceci renforce l'idée que le dépôt de cette unité n'a pu se mettre en place que pendant le ré-ennoiement post-glaciaire de la lagune, peut-être à la fin de la dernière remontée du niveau marin. La présence de nombreux gastéropodes dans ces couches sera à approfondir par la suite. Il s'agira de déterminer s'il s'agit d'une espèce marine ou terrestre, et de voir si l'extraction de matériel peut être entreprise pour réaliser une datation 14C.

L'éperon Est de l'île montre ensuite une unité d'une puissance d'environ 1,50m caractérisée par le dépôt de grainstones bioclastiques à pendage variable (en direction de l'intérieur et de l'extérieur de l'île). Sa base est érosive, et son toit comporte de nombreux blocs cimentés dans la matrice. La présence de blocs et galets de faciès brunâtre atteste du remaniement de la séquence post-glaciaire. Cette unité est interprétée comme une accumulation de faciès de tempête déposés durant l'Holocène.

La séquence la plus jeune est attribuée au dépôt de beachrock, qui est visible uniquement le long du littoral sud-ouest de l'île du Lys. Leur dépôt peut être attribué au dernier haut niveau marin tardi-Holocène (autour de 3000 ans BP), documenté dans le secteur SO Indien notamment à Mayotte (Camoin et al., 1997).

Remarque: la présence de faciès récifaux à grands *Isopora palifera* sur l'île de Grande Glorieuse (affleurements du Cap Vert) juste au-dessus du niveau marin actuel laisse penser à un déplacement progressif de ces faciès en direction de l'île du Lys pendant le MIS5e. Les faciès brunâtres ainsi que les autres séquences, mis à part les beachrock holocènes, sont absent dans ce secteur sud de l'archipel. Ceci démontre d'une succession lithologique et stratigraphique très spécifique à l'île du Lys, dont l'avantage est de retranscrire la transition entre le haut niveau marin du MIS5e et la transgression de la dernière déglaciation.

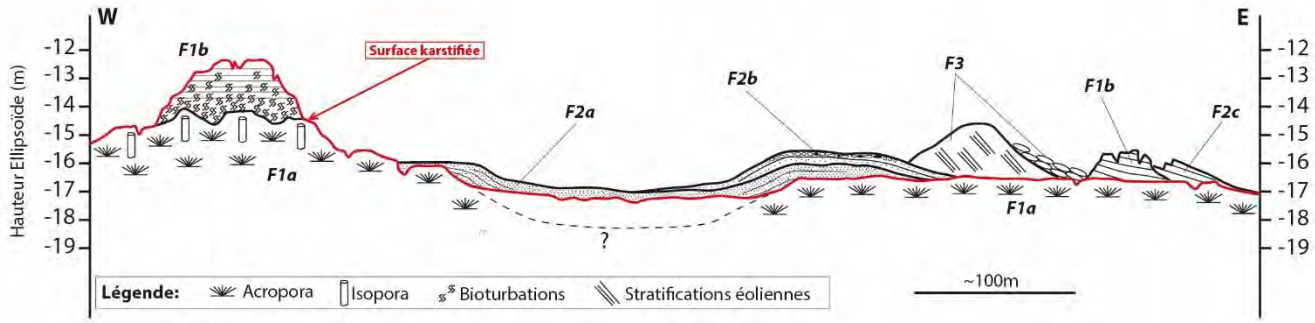


Figure 35: Coupe simplifiée de l'île du Lys (O-E).

<u>*Bibliographie*</u>

Battistini, R., Lalou, C., Elbez, G., 1976, Datation par la méthode 230Th/234U du Pléistocène moyen marin de Madagascar et des îles voisines. Comptes Rendus de la Société géologique de France, v. 5, p. 201.

Camoin, G.F., Colonna, M., Montaggioni, L. F., Casanova, J., Faure, G., Thomassin, B. A., 1997, Holocene sea level changes and reef development in the southwestern Indian Ocean: Coral Reefs, 16, pp. 247-259.

Guillaume, M.M.M., Reyss, J.L., Pirazzoli, P.A., Bruggemann, J.H., 2012, Tectonic stability since the last interglacial offsets the Glorieuses Islands from nearby Comoros archipelago: Coral Reefs, DOI10.1007/s00338-012-1006-9.

2. Zone Majunga

L'exploration géophysique de la zone de Majunga (Figure 36) avait pour objectif d'avoir une vision générale de la stratigraphie d'une plateforme mixte dans la région Nord du canal du Mozambique. Cette plateforme est directement sous les apports clastiques latéritiques de la région Nord de Madagascar drainée par les affluents de la Betsiboka. La relation entre ces dépôts clastiques avec des monts carbonatés partiellement enfouis devrait permettre d'enregistrer les variations passées du niveau marin avec différents marqueurs géologiques (carbonatés et silicoclastiques).

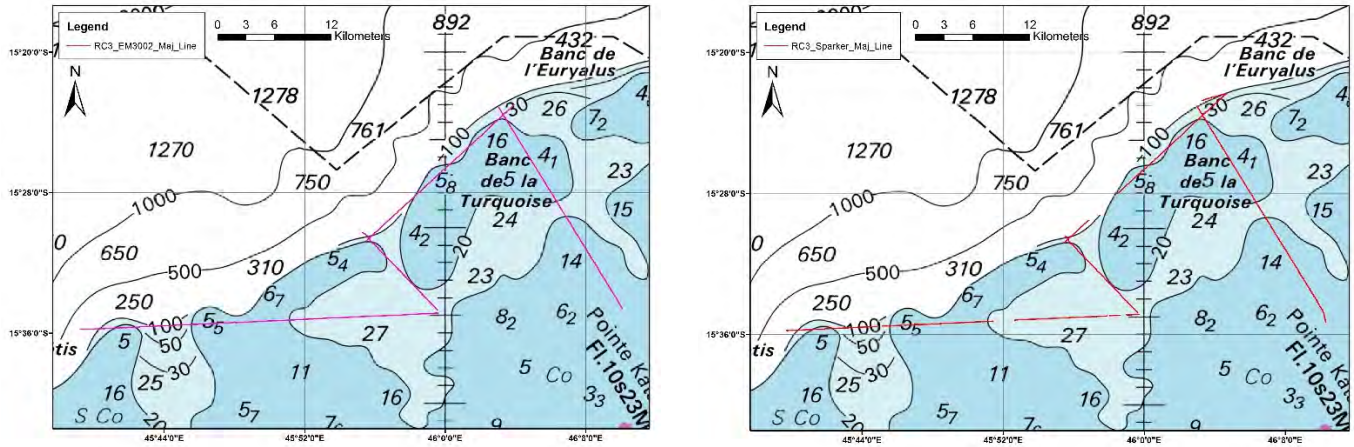


Figure 36: Plan de positionnement sur la zone de Majunga des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite).

Deux profils sismiques d'orientation NS à NNW-SSE recoupant la plateforme médiane et externe permettent une première caractérisation de la morphologie et de la sédimentation de la zone de Majunga. Ces profils localisés au droit de l'estuaire du Bestiboka (Figure 37) permettent de mettre en évidence les principales unités morphologiques du plateau avec la présence de structures carbonatées positives sur le rebord de plateau et des incisions importantes sur la plateforme médiane (Figure 38).

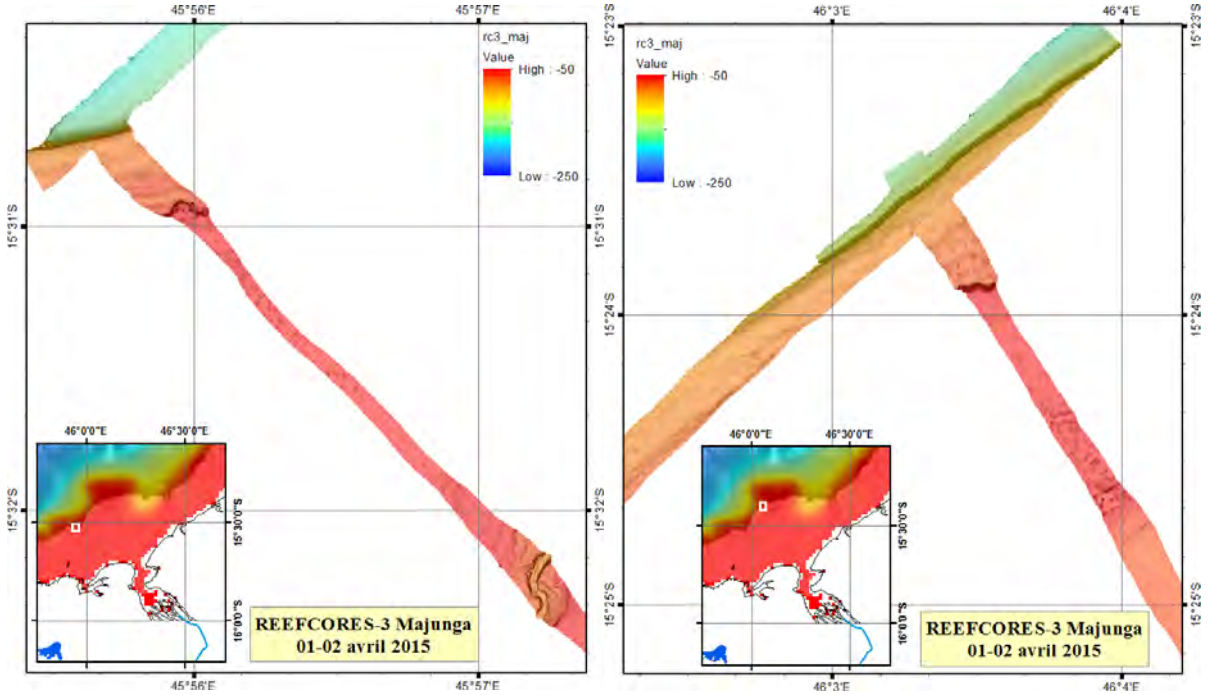


Figure 37: Morpho-bathymétrie des niveaux remarquables en rebord de plateau le long des grands transects à travers la plateforme de Majunga.

La sismique révèle une alternance de zones de faciès sismique sourd interprété comme la signature de carbonates lithifiés et de faciès lités interprétés comme les dépôts détritiques terrigènes récents (Figure 38). On trouve ainsi depuis la plateforme médiane vers le large une première zone litée par une profondeur de 18 à 20m où la géométrie des dépôts évoque un système en incisions/remplissages développé au sein d'un ensemble sédimentaire aggradant à progradant (sur le profil plus à l'Ouest). La géométrie de l'ensemble délimite une large zone chenalisée pouvant correspondre à la vallée incisée (Incised Valley : IV) du sytème Bestiboka. Localement des hauts fonds (carbonatés ?) pointent à travers cet ensemble. Cette zone litée vient s'interrompre sur une première zone lithifiée médiane développant une ride affleurant sur le fond par 7 à 8 m sous la surface marine sur le profil oriental.

Cette zone médiane s'interrompt assez nettement vers le large en plongeant sous un autre ensemble lité dont les réflecteurs viennent se terminer en onlaps sur la surface de la ride médiane plongeant vers le nord. Cette géométrie suggère que l'ensemble lithifié puisse correspondre à un système carbonaté ancien. L'ensemble lité détritique présente pour sa part une épaisseur atteignant localement près de 100 ms temps-double. Il est limité à l'Ouest par un nouvel ensemble lithifié carbonaté armant la bordure de la plateforme externe. Les dépôts détritiques délimitent ainsi un petit bassin de près de 3 km de large parallèle à la plateforme. Les géométries des dépôts présentent des clinoformes orientés vers le Nord à l'Est tandis que les faciès apparaissent aggradant plus à l'Ouest. Une à deux discordances érosives sont identifiables au sein

de cet ensemble. L'ensemble peut correspondre à nouveau à la chenalisation des dépôts du système de Bestiboka (Figure 38).

L'ensemble carbonaté externe présente une succession de ressauts et terrasses avec des profondeurs identifiés à 35, 60 et 80m. Il remonte de part et d'autre des profils enregistrés à proximité de la surface et correspond manifestement à l'ensemble des bancs cartographiés sur les cartes marines (Banc de la Turquoise, Banc du Mariner, Banc du Forfait….).

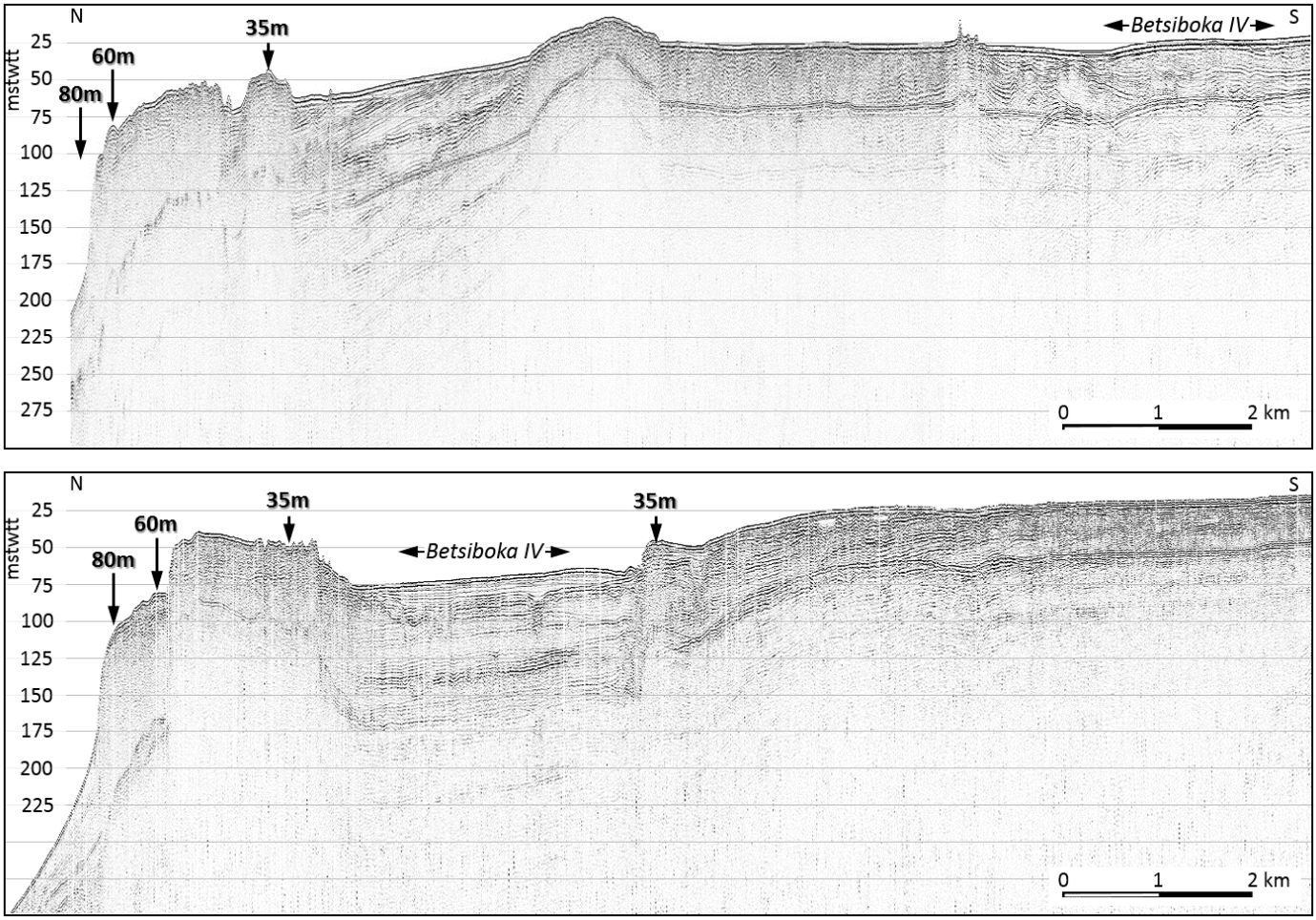


Figure 38: Profils sismiques RC3-MAJ-03 à l'Est (en haut) et RC3-MAJ-05 à l'Ouest (en bas), permettant de caractériser la stratigraphie de la plateforme mixte de Majunga.

3. Zone Melaky

La zone de Melaky est une zone géologique très complexe où s'expriment les interactions entre les sources clastiques en provenance du Sud de Madagascar (Tsiribinia) et carbonatées. La plateforme de Melaky a été investiguée à la fois pour comprendre l'agencement stratigraphique régional du plateau avec de longs transects orientés plus ou moins Est-Ouest et une boite a été détaillée pour réaliser un "site survey" sur une future zone de forage sur le rebord de plateau et le haut de pente (Figure 39).

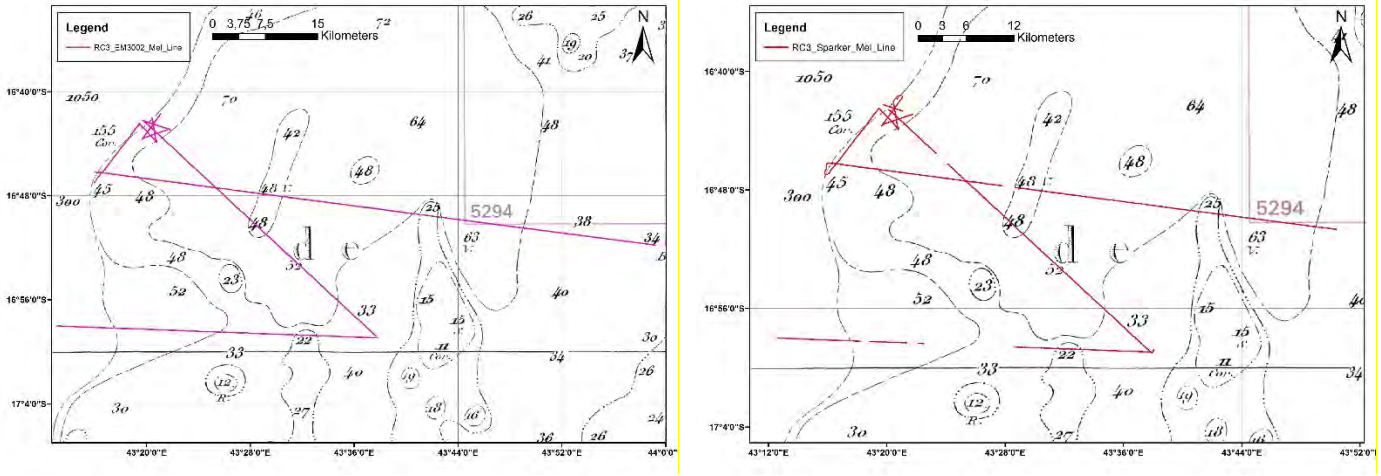


Figure 39: Plan de positionnement sur la zone de Melaky des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite).

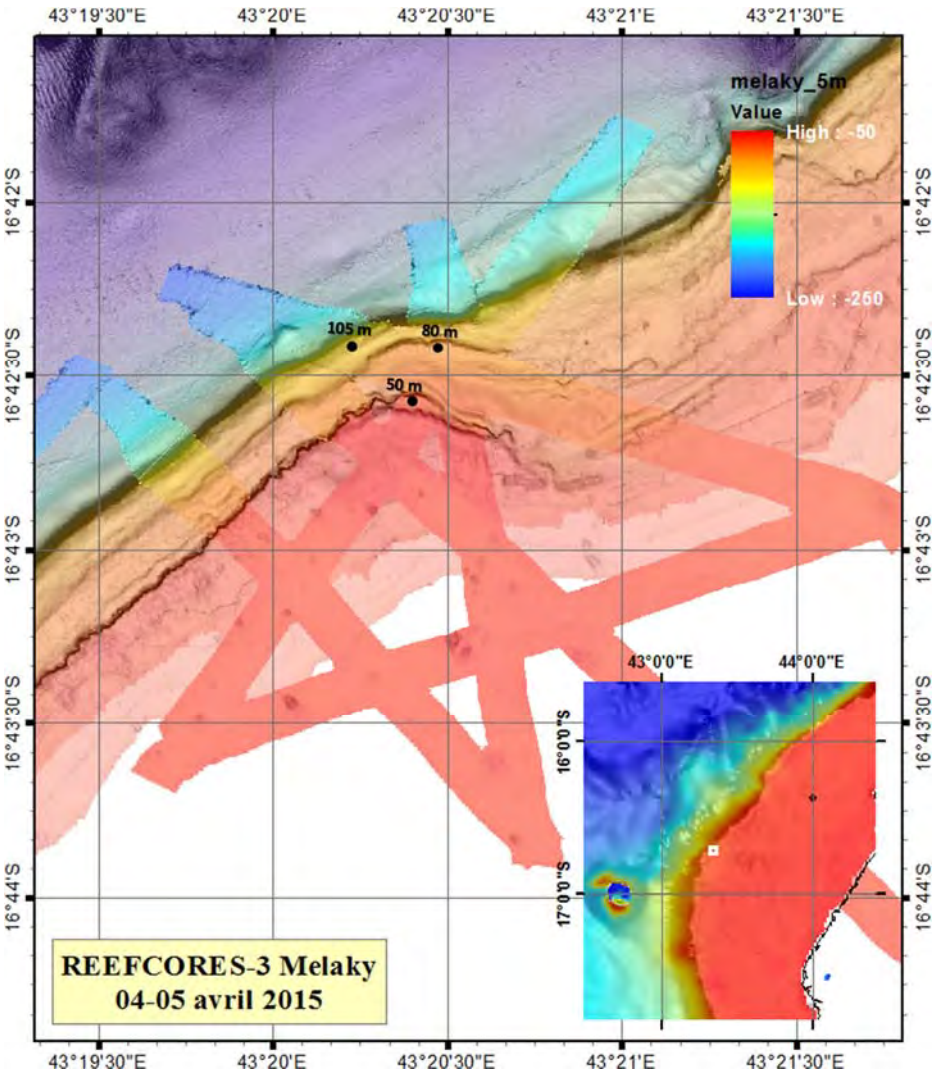


Figure 40: Détail du levé SMF sur le rebord de plateau continental, à l'ouest de Madagascar et du Cap Saint André, et qui montre plusieurs niveaux de terrasses. Les premières observations qui incluent les données de bathymétrie et de sismique Sparker montrent que ces terrasses seraient constituées à la fois de prismes sableux en rebord de plateau et/ou d'un substrat rocheux, probablement carbonaté ; ces niveaux pourraient constituer l'enregistrement sédimentaire et carbonaté de la rétrogradation d'une ligne de rivage lors de la dernière déglaciation (20 à 11 ka).

En rebord de plateau, les interprétations préliminaires réalisées à partir des données sismiques Sparker et bathymétriques nous permettent de mettre en évidence une succession de terrasses (-105m, 80m, -50m) couvrant un enregistrement silicoclastique et/ou mixte antérieur (Figure 40). Ces profondeurs de terrasses sont rigoureusement identiques aux terrasses récifales que nous avons déjà documentées aux Glorieuses. Elles témoigneraient de la rétrogradation de paléorivages entre des périodes de stabilisation et/ou de remontée lente du niveau de la mer lors la dernière déglaciation. Les sommets de ces terrasses pourraient correspondre à des surfaces d'érosion ou d'abandon qui pourraient être datées par U/Th (drague).

Cette morphologie très détaillée de rebord de plateau de Madagascar vient compléter plusieurs observations sur les îles carbonatées du canal du Mozambique (Mayotte, Glorieuses, …) afin d'établir un modèle d'évolution post-glaciaire du niveau marin relatif dans l'Ouest de l'Océan Indien. Ce site devrait être considéré comme une cible potentielle pour une future mission de forage.

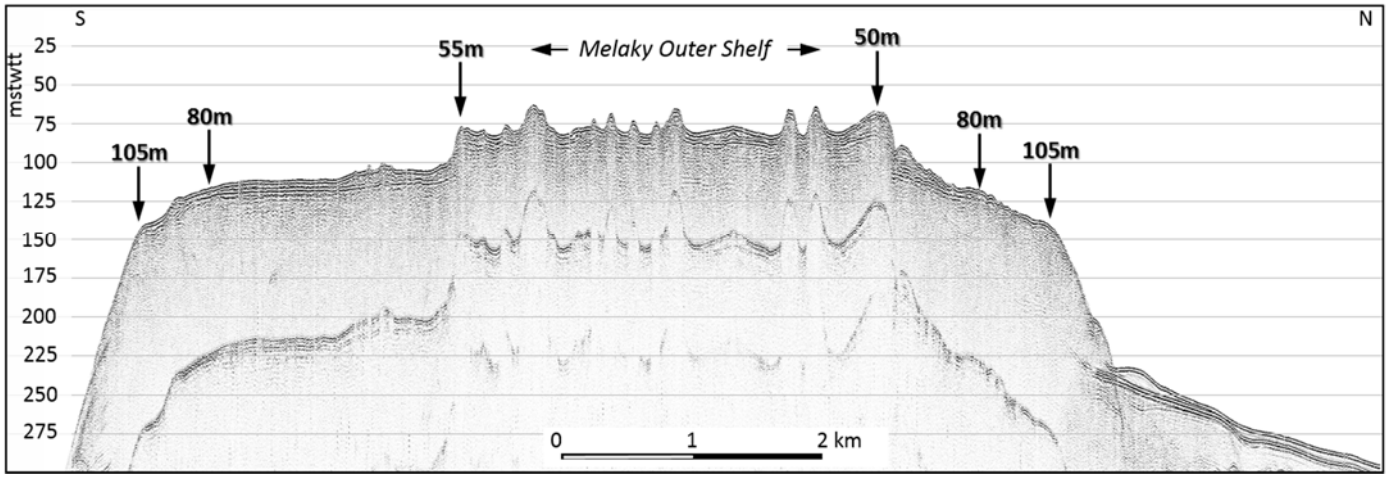


Figure 41: Profil sismique RC3-MEL-04 montrant les terrasses carbonatées du rebord de plateau de Melaky.

La plateforme de Melaky est imagée par sismique pour sa partie médiane et externe (Figure 41). Elle est caractérisée par une morphologie tabulaire remarquable située entre 70 et 60m de profondeur (au niveau du shelf-break). Ce dispositif est interrompu par une ride carbonatée localisée sur la plateforme médiane. Cette ride de 3km de large se développe entre -70 et -40m de profondeur. Un réflecteur interne suggère une construction polyphasée de l'édifice carbonaté.

Les épaisseurs sédimentaires identifiables sont les plus importantes au niveau de la plateforme médiane à l'est de la ride carbonatée. Les dépôts y atteignent localement 10 à 15m et sont principalement associés à des remplissages d'incisions. Deux unités sédimentaires peuvent être identifiées. Une unité inférieure plus basse fréquence et de forte amplitude et une unité supérieure au faciès plus ténu. La plateforme externe est en revanche très peu sédimentée et les dépôts se limitent à un placage superficiel qui atteint localement quelques mètres d'épaisseur. Une terrasse remarquable localisée à -80m structure le haut de la pente.

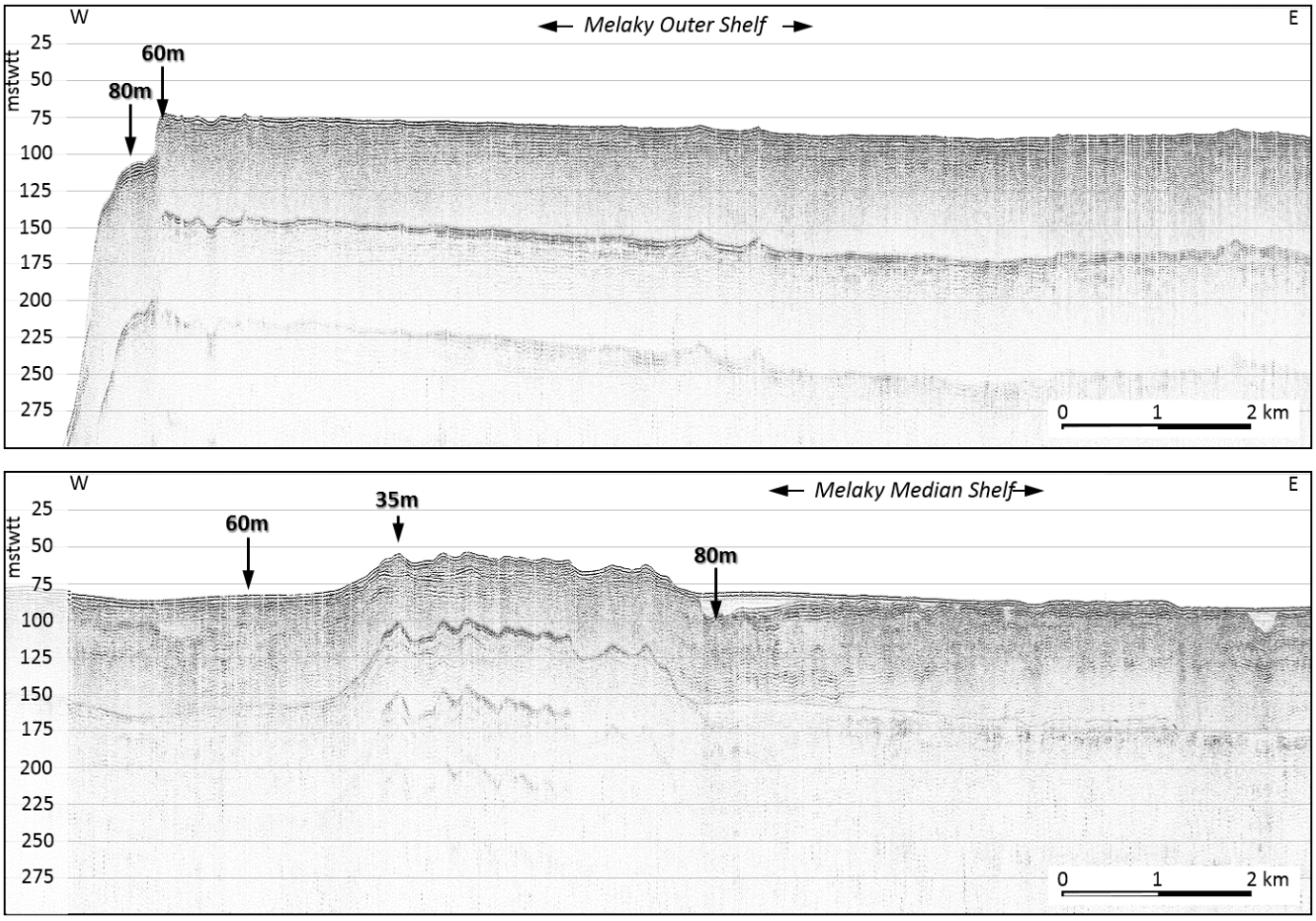


Figure 42: Profil sismique RC3-MEL-01 permettant de caractériser la stratigraphie de la plateforme mixte médiane et externe de Melaky.

4. Zone Juan de Nova

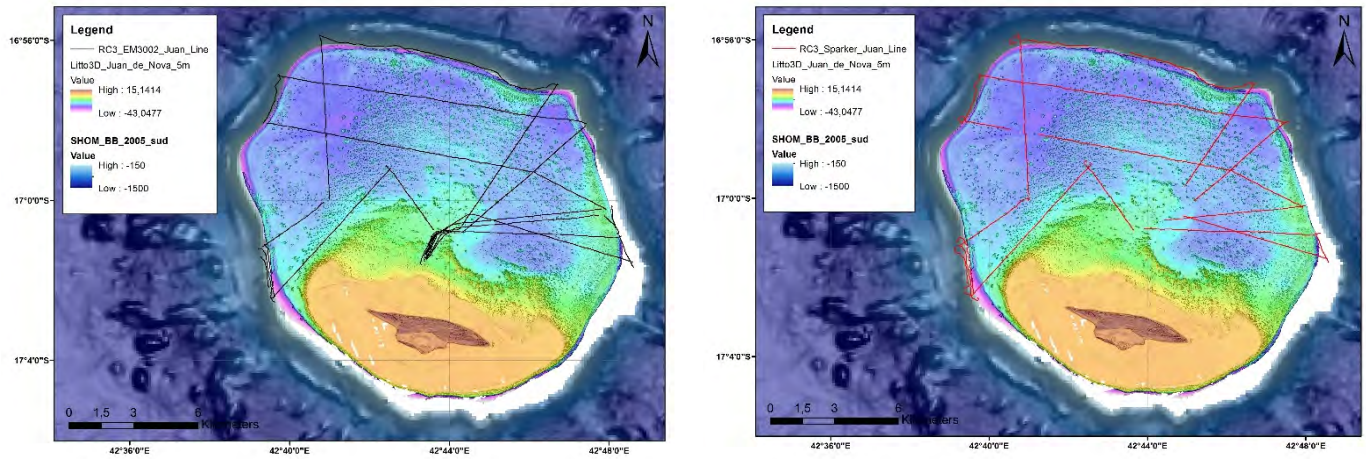


Figure 43: Plan de positionnement sur la zone de Juan de Nova des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite).

Avec la même stratégie que sur l'Archipel des Glorieuses, l'acquisition de bathymétrie et de sismique sur la zone Juan de Nova (Figure 43) s'est concentrée sur plusieurs objectifs: cartographier de potentielles terrasses carbonatées récifales ennoyées, identifier les corps sédimentaires sableux sous le vent de la plateforme et imager la stratigraphie des dépôts sédimentaires dans le lagon.

A. Prismes sableux de rebord de plateau et terrasses récifales ennoyées

Durant la campagne PTOLEMEE (2014) du projet PAMELA (IFREMER-TOTAL), un corps sédimentaire ou "prisme sableux" avait été repéré sur le flanc Est de la plateforme de Juan de Nova par 200 à 300 m de profondeur. Nous avons donc concentré nos acquisitions pour rattacher ce dépôt de haut de pente avec les sédiments accumulés dans le lagon. Une dépression ou une "passe" a ainsi été mis en évidence sur le platier récifal qui permet le transfert depuis le lagon vers le haut de pente. Cette passe est directement connectée à un petit bassin sédimenté dans la partie Est du lagon qui servirait de zone d'accumulation avant transfert vers le large. Sur la base des résultats préliminaires, aucune autre accumulation n'a pu être imagée en rebord de plateau et haut de pente.

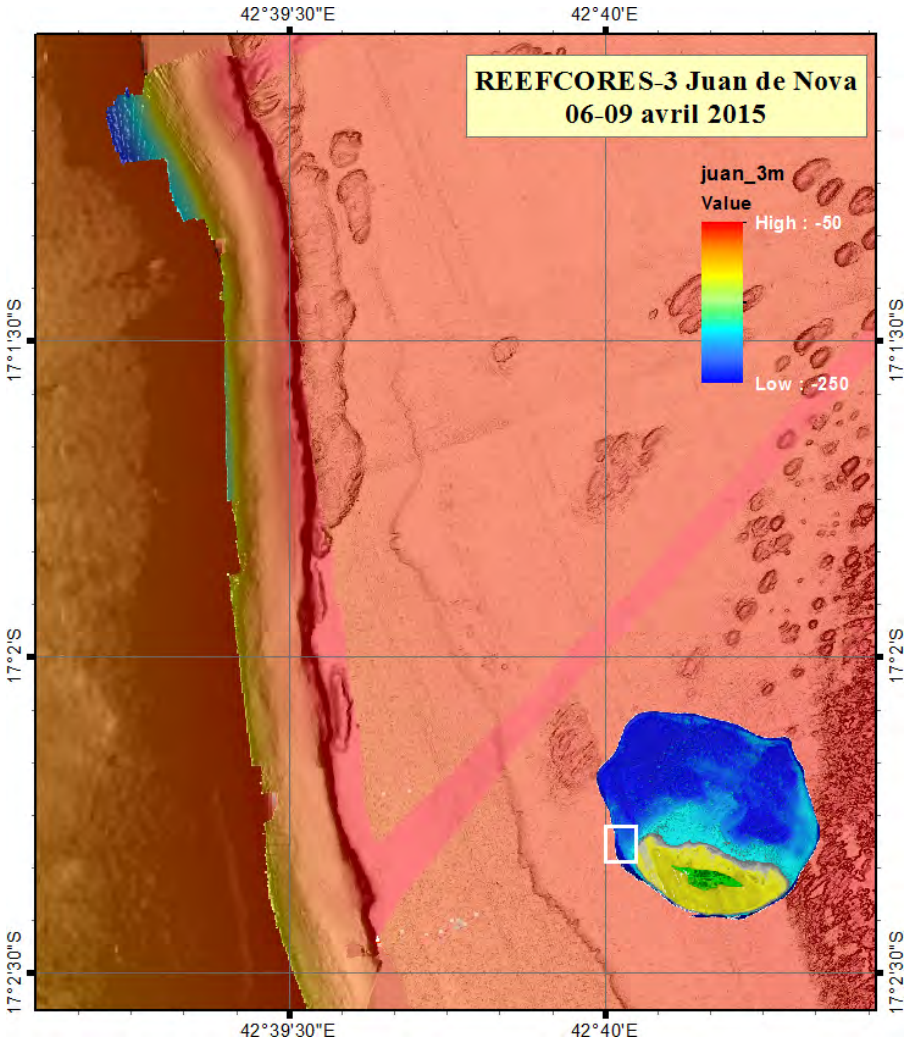


Figure 44: Morpho-bathymétrie des terrasses récifales submergées.

Avant la mission REEFCORES-3, aucune terrasse récifale n'était connue à Juan de Nova. L'exploration systématique du rebord de plateau dans la partie sous le vent (Est-Nord et Ouest) confirme la quasi-absence de ces replats morphologiques si caractéristiques de îles carbonatées. Seule une "marche" dans la

morphologie qui pourrait s'apparenter à une terrasse récifale a pu être identifiée à l'Ouest de l'île de Juan de Nova (Figure 44). Ce niveau autour de 80 m est particulièrement étroit et sa faible expression morphologique méritera une étude plus approfondie afin de déterminer son origine. De manière générale et à l'issue de cette campagne à la mer, il reste à comprendre pourquoi les paléo-niveaux marins ne sont pas enregistrés ou préservés sous forme de terrasse sur la plateforme de Juan de Nova.

B. Stratigraphie sismique au sein du lagon

Les profils sismiques acquis à travers le lagon de Juan de Nova ont révélé une organisation sédimentaire d'apparence assez simple (Figure 45). Les épaisseurs des dépôts restent inférieures à 10m (7 à 8m en moyenne) au sein des petits bassins identifiées par bathymétrie. Les faciès sismiques d'amplitudes moyennes à hautes sont compatibles avec les dépôts sableux carbonatés prélevés par bennes en surface. Des dépôts inférieurs semblent être localement identifiables en remplissage d'irrégularités du substratum consolidé. Une unité sédimentaire superficielle (épaisseur inférieure à 5m) recouvre partiellement l'unité basale à l'approche du lagon interne Nord. Des petits récifs isolés (patch reefs) se développent au sein de la couverture alors que la barrière récifale trouve une assise plus profonde. Sa bordure externe permet d'identifier deux terrasses à 24 m et 32/34m de profondeur. Les profils sismiques enregistrés n'ont pas permis de révéler d'accumulations sableuses remarquables sur la bordure externe pouvant transiter vers le domaine profond.

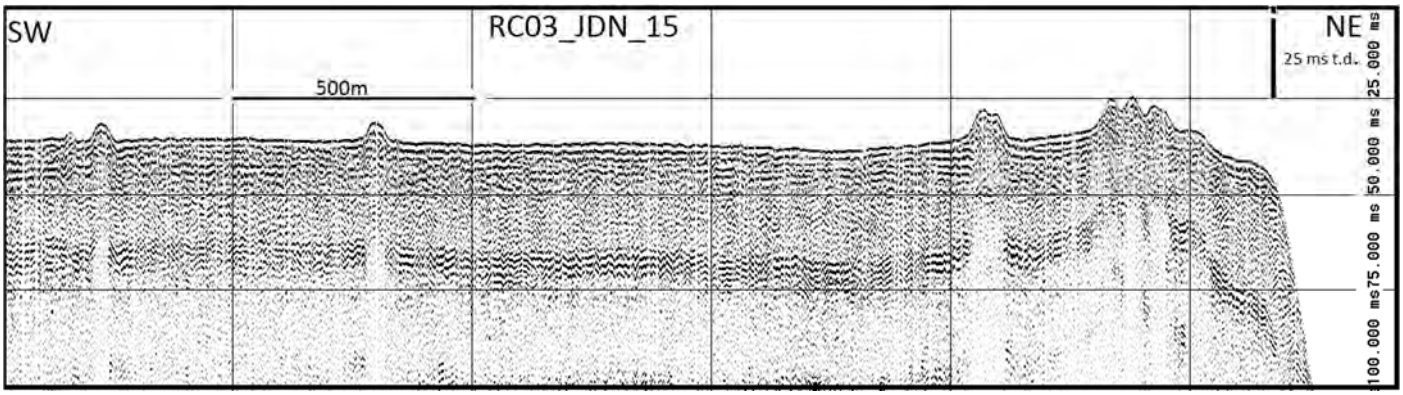


Figure 45: Profil sismique RC3-JDN-15 illustrant la stratigraphie de plateforme carbonatée isolée de Juan de Nova.

C. Sonar latéral et Prélèvements sédimentaires

Sur la plateforme de Juan de Nova, la mission REEFCORES-3 avait également comme objectif de compléter le cartographie des systèmes carbonatés récifaux et les corps sédimentaires sableux associés (barrière corallienne, bancs sableux, replat de marée sableux, …) développés dans ces environnements récifaux et péri-récifaux. Les prélèvements sédimentaires (sables), les images du sonar (Figures 21 et 23) et les levés multifaisceaux (Figures 43 et 44) réalisés pendant la mission permettront de faire des hypothèses sur la genèse de corps carbonatés sableux et bioconstruits dans les lagons actuels en lien avec la géométrie de la plateforme, le type de sédiment carbonaté, et les paramètres dynamiques (houle, marée, courants) qui influent sur la nature, la composition, la taille et l'orientation des corps sédimentaires. Couplés avec la sismique, ces sédiments participeront à l'élaboration d'un scénario de remplissage de lagon pendant la dernière remontée du niveau marin depuis environ 8-10 ka.

D. *Affleurements des récifs fossiles*

➢ Données d'élévation à Juan de Nova:

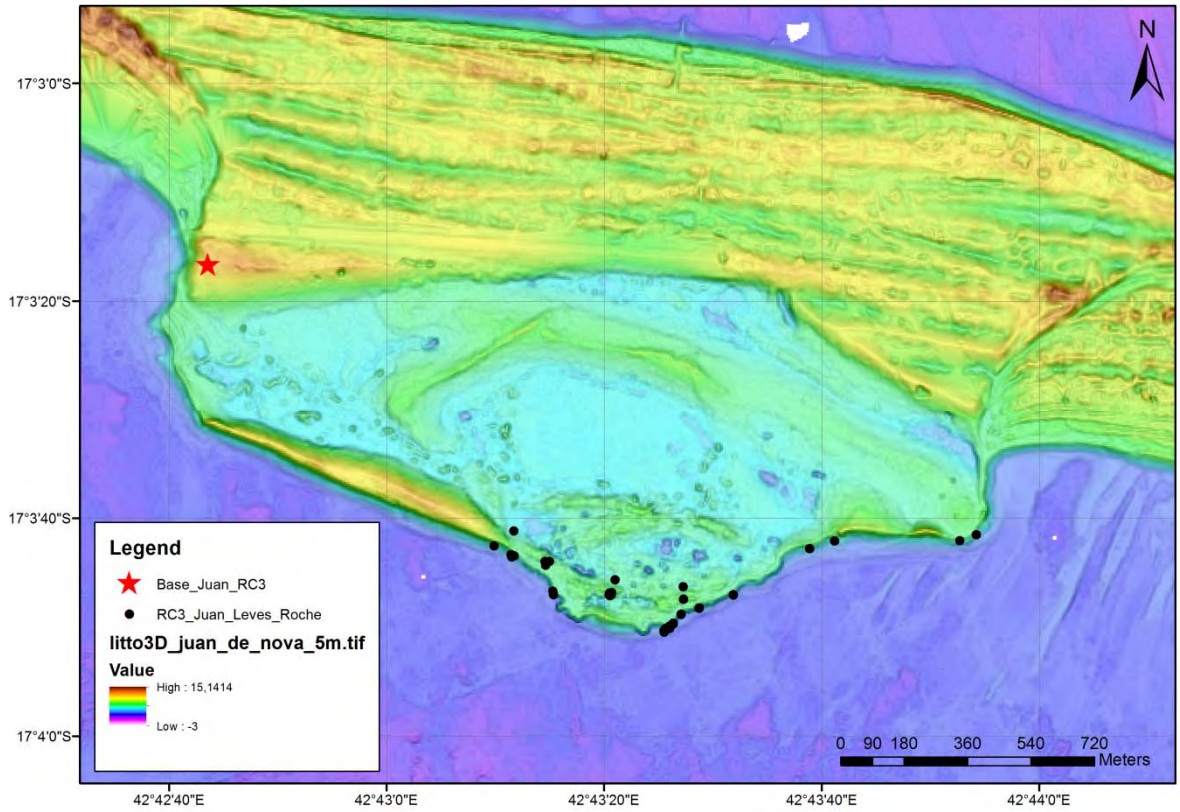


Figure 46: Carte de Juan de Nova, positionnement de la base GPS RTK et des relevés réalisés à l'aide de la base mobile RTK.

Nom	Ht_Ellipsoide	Description	Latitude	Longitude
JUAN_01	-3,064	TEST	-17,05462652	42,7121038
JUAN_02	-3,23	TEST	-17,05462775	42,71210299
JUAN_03	-3,226	Mesure base via mobile - Léger Offset	-17,05462790	42,71210309
JUAN_04	-9,514	Point entrée lagune (en arrière de l'éperon)	-17,06144240	42,71991582
JUAN_05	-10,068	Dalle 5e à fragments de bénitiers	-17,06210402	42,71985851
JUAN_06	-9,087	Discordance au-dessus des faciès à bénitiers	-17,06203664	42,71984748
JUAN_07	-8,126	Toit faciès de flanc	-17,06207786	42,71991928
JUAN_08	-9,104	Toit faciès de flanc (plus à l'ouest)	-17,06297983	42,72091473
JUAN_09	-7,739	Toit récif 5e	-17,06306411	42,72092585
JUAN_010	-8,169	Toit récif 5e/faciès flanc	-17,06231383	42,72072346
JUAN_011	-5,826	Toit faciès plage 5e	-17,06221352	42,72071353
JUAN_012	-7,49	RC3_JDN_017 (*Tridacnia*; toit 5e)	-17,06221345	42,72082388
JUAN_013	-7,226	Toit flanc Est récif 5e	-17,06398497	42,7237497
JUAN_014	-10,317	Discontinuité intra 5e (Est) - Voir coupe	-17,06391901	42,7237924
JUAN_015	-9,822	Discontinuité intra 5e (Est) - Voir coupe	-17,06379317	42,72398183
JUAN_016	-9,508	Discontinuité intra 5e (Est) - Voir coupe	-17,06391951	42,72389581

JUAN_017	-7,59	Top récif 5e - Voir coupe	-17,06388253	42,72389042
JUAN_018	-10,654	Base sous 5e intra - ""Grainstone"" - Voir coupe	-17,06381946	42,72398678
JUAN_019	-10,204	D1 - Voir coupe	-17,06356669	42,7241876
JUAN_020	-9,556	D2 - Voir coupe	-17,06355809	42,7241883
JUAN_021	-10,247	D1 - Voir coupe	-17,06341136	42,72464769
JUAN_022	-10,248	ECHEC	-17,06341134	42,72464797
JUAN_023	-9,626	D2 - Voir coupe	-17,06339850	42,72465454
JUAN_024	-10,503	D1 - Voir coupe	-17,06307608	42,72552024
JUAN_025	-9,751	D2 - Voir coupe	-17,06306396	42,72552023
JUAN_026	-8,842	ECHEC	-17,06189368	42,72747351
JUAN_027	-8,841	Toit récif 5e (Baie des Tortues)	-17,06189314	42,72747348
JUAN_028	-9,152	Toit récif 5e - Zone à *Tridacnia* - RC3_JDN_C02	-17,06154131	42,73172528
JUAN_029	-6,495	Top 5e Plage	-17,06317838	42,72424793
JUAN_030	-8,418	Toit récif 5e sous faciès plage	-17,06286112	42,72423892
JUAN_031	-9,415	Base remplissage bioturbé (top 5e récifal)	-17,06307537	42,72239294
JUAN_032	-8,069	Top récif 5e - Voir coupe	-17,06305744	42,72238581
JUAN_033	-6,895	Top plage 5e	-17,06301562	42,72241631
JUAN_034	-8,729	Top 5e récifal - Faciès *Isopora palifera*	-17,06268483	42,7225015
JUAN_035	-9,468	Top 5e récifal - Porites - RC3_JDN_C01	-17,06169512	42,72811225
JUAN_036	-8,949	Top 5e - *Tridacnia* - RC3_JDN_C03	-17,06168857	42,73130042
JUAN_037	-10,303	RC3_JDN_C04 (entre D1 et D2)	-17,06379259	42,72398863
JUAN_038	-9,207	RC3_JDN_C05 (Grainstone au-dessus de D2)	-17,06386546	42,72388996
JUAN_039	-9,706	RC3_JDN_C06 (Corail entre D1 et D2)	-17,06401786	42,72375239
JUAN_040	-9,141	RC3_JDN_C08 (faciès bioturbé bas de plage)	-17,06308929	42,72236664
JUAN_041	-9,561	RC3_JDN_C07 (*Tridacnia* Top 5e récif)	-17,06307328	42,72234839
JUAN_042	-7,179	RC3_JDN_C09 (Faciès plage 5e)	-17,06301862	42,72235889
JUAN_043	-9,826	RC3_JDN_C10	-17,06208999	42,7198758
JUAN_044	-8,684	RC3_JDN_C11	-17,06208221	42,71989504
JUAN_045	-8,82	RC3_JDN_C12	-17,06181590	42,71941429
JUAN_046	-3,217	Mesure bas via mobile (léger offset)	-17,05462865	42,71210323

Tableau 9: Relevés topographiques à Juan de Nova (UTM Zone 38S - WGS84).

➢ Séquences stratigraphiques (Figures 47 et 48):

Successions lithologiques du dernier interglaciaire :

La séquence générale est identique à celle décrite à l'île du Lys. La singularité de Juan de Nova réside dans l'absence dans la littérature de datation sur les formations fossiles visibles aujourd'hui à l'affleurement. Comme à l'île du Lys, la base de cette unité n'est pas identifiable à l'affleurement (sous le niveau de la mer actuel). Elle affleure le long de la face sud de l'île de Juan de Nova, formant des éperons rocheux.

Les unités affleurantes les plus anciennes se composent de calcaires récifaux et périrécifaux, dominés par les genres *Porites* (Annexe 7A) et *Acropora*, ainsi que la présence de grands bivalves (*Tridacnia sp.*, Annexe 7B) Le toit de ce récif fossile est caractérisé par la présence de formes branchues (*Acropora*), dont *Isopora palifera*. Les flancs de l'unité bioconstruite sont composés de grainstone à grands débris de bivalves

et coraux. Ces dépôts sont stratifiés et montrent la présence de discontinuités qui peuvent se suivre latéralement (Annexe 7C).

Les unités récifales (colonies et espaces inter-récifs) sont scellées par des grainstones dans lesquels on retrouve des bioturbations (Annexe 7D), qui sont surmontés par des faciès grainstones montrant des stratifications planes subhorizontales (Annexe 7E). Le toit des récifs fossiles est affecté par des processus de karstification. De nombreux puits de dissolution, profonds de quelques mètres, parsèment l'arrière de la côte au vent (Annexe 7F). Ces structures sont majoritairement de forme circulaire, et d'un diamètre plurimétrique. Les variations du niveau d'eau observées dans ces structures montrent que les conduits karstiques sont connectés entre eux et à l'océan. L'intérieur des cavités est recouvert par des dépôts d'argile rougeâtre/brunâtre, ainsi que par des tapis bactérien qui marquent le niveau des hautes eaux (Annexe 7G). Des stromatolithes ont été observés dans certains karsts qui montrent la présence plus ou moins permanente d'eau saumâtre. Une petite mangrove où prolifèrent les palétuviers colonise les cavités karstiques.

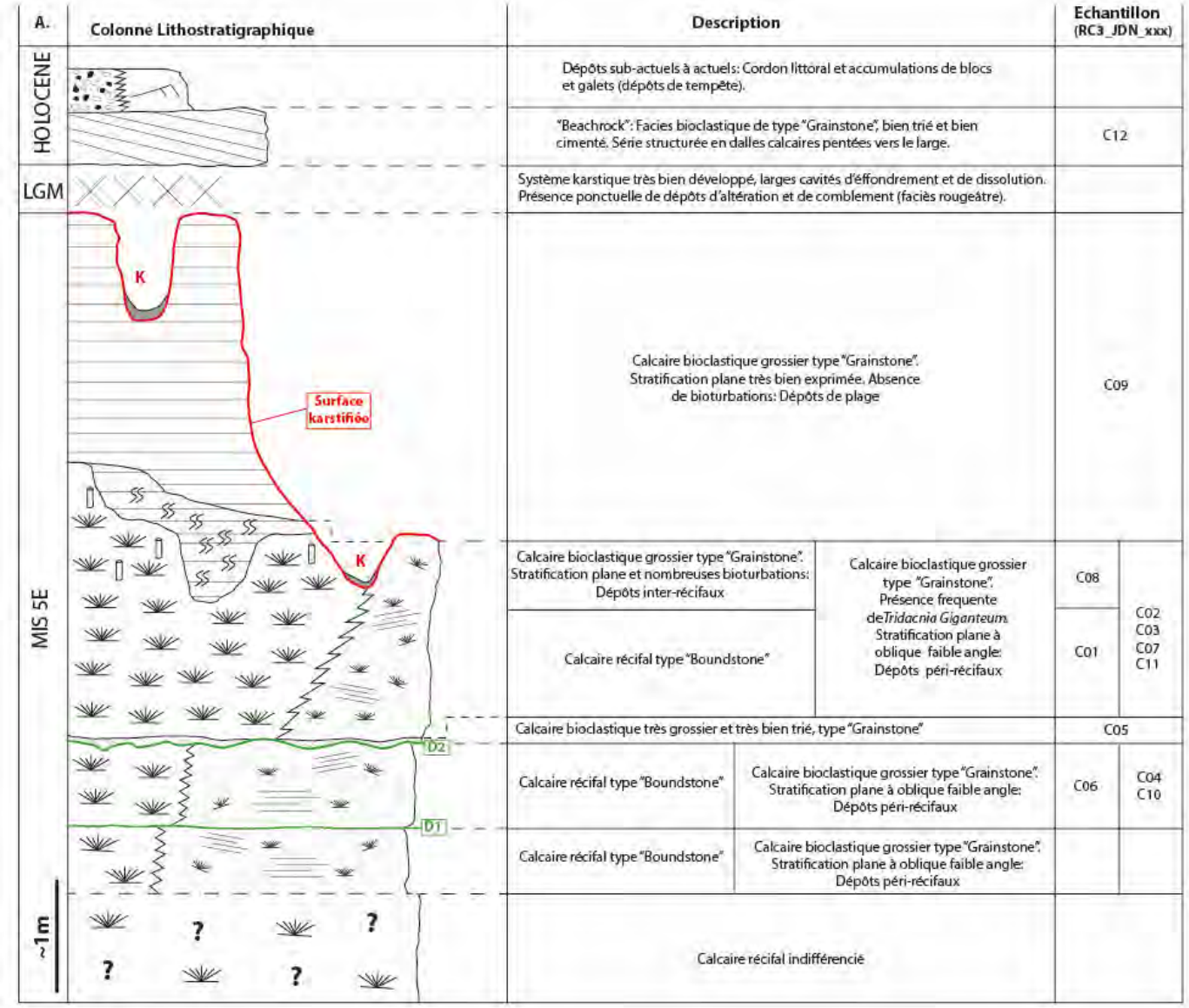


Figure 47: Log synthétique de Juan de Nova.

Formations tardi-Holocène et actuelles

Une unité de beachrock vient coiffer les dépôts anciens de l'île. Cette unité peut s'observer uniquement le long de la côte au vent de l'île, proche du prisme littoral sableux actuel. Elle se compose d'une succession de dalles calcaires à faciès grainstone bioclastique relativement bien trié et cimenté. Les différentes dalles montrent une progradation vers le sud (Annexe 7H).

En arrière de ces beachrocks, de nombreux blocs rocheux sont accumulés en haut de plage, au pied de dunes littorales partiellement colonisées par la végétation. Le prisme littoral actuel prolonge les deux côtés est et ouest de l'île par des flèches sableuses, découvertes sur plusieurs centaines de mètres à marée basse. Le sommet de l'île est représenté par des linéaments d'orientation E-W qui font penser à d'anciens cordons dunaires, probablement cimentés et aujourd'hui colonisés par les Philaos.

- Synthèse

L'altitude (environ 5 mètres au-dessus du niveau marin actuel) et la succession des séquences observées à Juan de Nova sont identiques à celles de l'île du Lys. Il est possible à ce stade de l'étude de penser que les formations fossiles de Juan de Nova datent de la dernière période interglaciaire (MIS5e), à confirmer ultérieurement par des datations U/Th.

Le substrat de l'île de Juan de Nova est représenté par une unité bioconstruite, composée par des coraux branchus de type *Acropora* et des coraux massifs de type *Faviidae*. La partie la plus haute de cette unité, visible en arrière des affleurements sur les bordures ou à l'intérieur des cavités karstiques, montre quant à elle l'apparition des grandes formes branchues (*Isopora palifera*) (Annexe 8A&B) en association avec les *Acropora*.

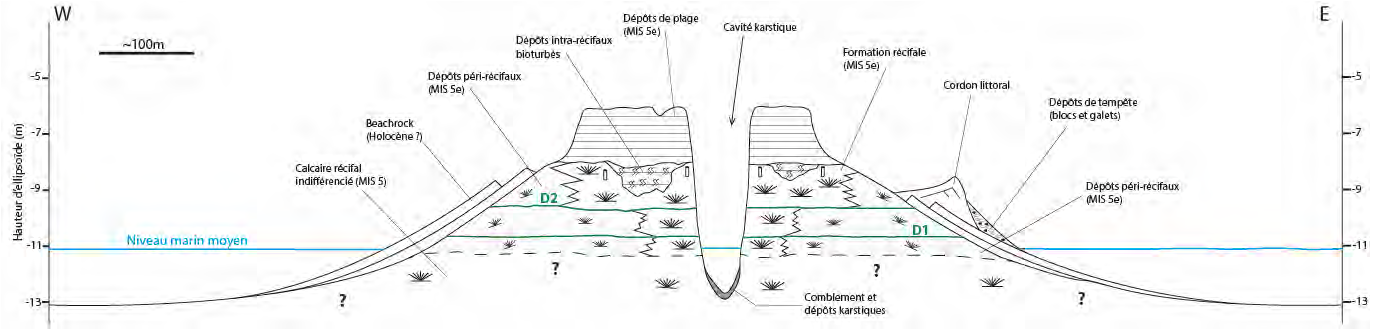


Figure 48: Coupe synthétique de l'île de Juan de Nova.

Cette unité bioconstruite passe latéralement à des dépôts stratifiés de grainstones qui sont interprétés comme des dépôts de flanc de récif (Annexe 8C&D). Deux discontinuités majeures (D1 et D2) peuvent y être observées. La première sépare deux unités de grainstone dans la partie basse de la formation fossile, la deuxième marque une surface d'érosion au toit des grainstones, qui laisse place progressivement à l'installation de petites bioconstructions dominés par des faciès coralliens à *Isopora palifera* (Annexe 8D). Ce faciès est ensuite comblé par des grainstones bioturbés, qui témoignent d'un arrêt de la production récifal et du comblement du récif par des apports sableux marins à la fin d'un épisode transgressif. Les faciès bioturbés passent ensuite à des dépôts à stratifications planes horizontales bioturbés, qui sont interprétés comme des faciès de plage.

De nombreuses cavités karstiques peuvent être observées sur l'île de Juan de Nova. Les plus grandes forment des puits pluri-métriques arrondis, de deux à trois mètres de profondeur, et par lesquels s'engouffre l'eau de mer à marée montante. Ces cavités sont probablement héritées d'une période de bas niveau marin (post-MIS5e).

La séquence la plus jeune est attribuée au dépôt de beachrock, qui est visible uniquement le long de la côte au vent de l'île. Leur dépôt peut être attribué au dernier haut niveau marin tardi-Holocène (autour de 3000 ans BP), comme à l'île du Lys.

Conclusion

Le canal du Mozambique, et plus particulièrement les îles Eparses, constitue ainsi un site unique pour l'étude des systèmes carbonatés "source-to-sink" et pour la reconstitution des variations du niveau de la mer et des changements climatiques au cours de la dernière déglaciation. Plusieurs grands systèmes récifaux sont présents dans le Nord du canal du Mozambique: les plateformes mixtes de Melaky et Majunga sur la marge occidentale de Madagascar et les îles carbonatées des Eparses comprenant les Glorieuses et Juan de Nova. L'exploration de ces environnements dans des contextes tectoniques variés (îles volcaniques, microcontinents) et dans des sites relativement éloignés des régions préalablement englacées nécessitent de déconvoluer les signaux tectoniques et isostatiques afin de comprendre le fonctionnement de ces systèmes sédimentaires.

La mission REEFCORES-3 a été effectuée dans la continuité du projet REEFCORES (REEFs and CORals from the EparseS) financé par le CNRS-INEE depuis 2011 et par TOTAL depuis 2012. La campagne de 2015 avait pour objectif d'acquérir des données complémentaires de bathymétrie/imagerie et de sismique par petits-fonds (0 à 60 mètres) dans le but de cartographier les morphologies d'anciennes couronnes récifales aujourd'hui ennoyées, de quantifier l'accumulation de sédiments dans les lagons lors du ré-ennoiement des îles pendant la dernière remontée du niveau marin.

Ces données géophysiques et les sédiments lagonaires prélevés, en particulier dans l'Archipel des Glorieuses permettent en complément des études qui ont été réalisées sur les données acquises par carottages sur les pentes et les bassins océaniques adjacents aux îles (campagne CNFH PTOLEMEE-2014) de caractériser ce système terre-océan dans sa globalité. Les observations sur le rebord de la plateforme des Glorieuses confirment les épaisseurs de plusieurs mètres (12 à 25 m) de sédiments déposés durant l'Holocène et qui attestent de la production importante en sédiment des plateformes carbonatées modernes dès lors qu'elles sont ennoyées mais également de la mobilité et du transport de ces "sables" vers les domaines externes en contexte de haut niveau marin. Ces données détaillées sur les corps sableux du rebord de plateau alimenteront l'étude de la source de ces sédiments carbonatés profonds et les processus associés à la dynamique et au remplissage sédimentaire au sein des lagons actuels suite à la dernière remontée du niveau marin, et en contexte de haut niveau marin interglaciaire.

Aux Glorieuses et sur les plateformes mixtes de Majunga et Melaky, plusieurs terrasses récifales submergées ont été identifiées. Les conditions météorologiques exceptionnelles sur l'archipel des Glorieuses pendant la mission REEFCORES-3 ont permis, pour la première fois, la réalisation d'un levé complet de bathymétrie et de sismique sur ces terrasses récifales dans le Nord-Est de la plateforme. La morpho-bathymétrie de cette zone externe de la plateforme montre des terrasses très développées à 35m, 50m, 80m et 105m, séparées par des ruptures de pente extrêmes formant de véritables "murs carbonatés" bioconstruits. L'objectif principal de la mission qui était de cartographier ces terrasses récifales est atteint et les données récoltées sont d'une très bonne qualité. Nous disposons désormais d'une base de données exceptionnelle sur ce site pour documenter ces paléo-niveaux marins probablement déglaciaires et nous sommes dans la capacité d'envisager sereinement de forer ces récifs fossiles avec la foreuse "MEBO" (MARUM) opérée depuis le navire océanographique le PourquoiPas ? (IFREMER) en 2019 ou 2020 (demande CNFH en cours de préparation).

Les deux études de terrain sur les îles du Lys (Archipel des Glorieuses) et de Juan de Nova ont montré des séquences fossiles très similaires, à savoir la mise en place d'un récif corallien surmonté par des dépôts de plage pour la dernière période interglaciaire à des altitudes très proches (environ 5 mètres par rapport au niveau marin actuel); ces formations pourraient être l'expression de la période interglaciaire du stade isotopique MIS5e. La description détaillée de ces environnements permettra de discuter la variabilité haute fréquence du niveau marin pendant cette période du MIS5e. Ces niveaux fossiles sont également recouverts

par des témoins de la remontée du niveau marin durant la dernière déglaciation et par l'inondation des cavités karstiques en lien avec l'apparition des mangroves sur ces îles.

Ce rapport vient relater l'exceptionnelle richesse et qualité des données acquises lors de cette mission REEFCORES-3. Les moyens mis en œuvre par une équipe pluridisciplinaire et les conditions météorologiques particulièrement clémentes pendant cette campagne nous permettent d'envisager des traitements avancés de cette nouvelle base de données et une analyse très détaillée de ces environnements de dépôts. Tous ces résultats vont venir documenter nos études sur les archives coralliennes et les séquences sédimentaires déposées sur les marges continentales adjacentes aux îles Eparses avec une approche intégrée terre-mer pour la reconstitution des changements globaux au cours du Quaternaire, et plus particulièrement de la dernière déglaciation. Ils permettront également de discuter leur impact sur l'édification et l'érosion des îles Eparses et sur le transfert des sédiments vers les bassins profonds.

Figures

Figure 1: Carte de localisation des zones du canal du Mozambique explorées pendant la mission REEFCORES-3. 7
Figure 2: Carte de localisation de la zone GLORIEUSES (bathymétrie Gebco, levés SMF du SHOM et bathymétrie lidar Litto3D pour l'archipel des Glorieuses). 8
Figure 3: A) Mont sous-marin des Glorieuses (données SHOM) ; B) Iles et récif barrière des Glorieuses. 8
Figure 4: Zone d'étude de Majunga au débouché de la Betsiboka (levés du SHOM et bathymétrie PTOLEMEE-2014). . 9
Figure 5: Carte de localisation de la zone Juan de Nova et Melaky (bathymétrie Gebco, et Litto3D pour Juan de Nova). 10
Figure 6: A) Mont sous-marin de Juan de Nova (données SHOM) ; B) Ile et récif barrière de Juan de Nova. 11
Figure 7: Terrasses carbonatées ennoyées sur le rebord du plateau continental de Melaky (Bathymétrie PTOLEMEE-2014). 11
Figure 8: Outils géophysiques (Bathymétrie et sismique). 12
Figure 9: La goélette ANTSIVA (28 m) affrétée pour la mission REEFCORES-3. 13
Figure 10: Equipe scientifique de la mission REEFCORES-3 (de gauche à droite: C. Prunier, C. Guerin, S. Jorry, N. Tisné, S. Courgeon, G. Jouet, A. Ehrhold et P. Leroy). 15
Figure 11: Illustration de la sismique Sparker. En haut de gauche à droite sont illustrés 1) le système d'acquisition en opération, 2) l'unité d'acquisition Delph, 3) l'unités de puissance ENERGOS; La source (peigne) qui provoque des impulsions électriques est déployée au bout d'un câble électroporteur (à gauche sur la photo du bas), la flûte de réception étant déployée en parallèle le long d'une second câble (visible à droite sur la photo du bas). 16
Figure 12: Schéma de la plateforme SMF submersible. 18
Figure 13: Système en position émergée (à gauche) et en position immergée (à droite). 18
Figure 14: Poste d'acquisition du SMF (cabine avant). 19
Figure 15: Schéma de fonctionnement (à gauche) et diagramme représentant le système de l'EM3002 (à droite). ... 19
Figure 16: A) Offsets liés à la navigation, B) Offsets liés à la centrale d'attitude, C) Offsets liés au sondeur. 21
Figure 17: Schéma représentant les offsets intégrés dans "QUINSy". 21
Figure 18: Poisson "Starfish 452" (laboratoire LDO) en mode tracté. 22
Figure 19 : Mise en œuvre du sonar "Starfish 452" sur perche et remorqué. 22
Figure 20: Position des profils sonar dans le lagon de Juan de Nova. 23
Figure 21: Exemple de sonogrammes (a et b : profil essai 3; c : profil 10; position sur la Figure 20) 24
Figure 22: Benne Petite Ponar déployée sur Juan de Nova depuis l'annexe de l'ANTSIVA. 25
Figure 23: Carte des stations de prélèvement (en rouge) et coupes traversant dans le lagon. 25
Figure 24: Déploiement d'une foreuse thermique pour la collecte d'échantillons sur affleurement. 26
Figure 25: Emplacement de la base GPS RTK sur la pointe Ouest de l'île du Lys dans l'archipel des Glorieuses (11°30'56.29763'' S; 47°22'30.48383'' E Ellipsoïde : -19.890 m). 27
Figure 26: Emplacement de la base GPS RTK sur Juan de Nova, proche de l'ancienne gendarmerie, côte au vent (17°03'16.67438'' S; 42°42'43.57952'' E; Ellipsoïde : -3.740 m). 28
Figure 27: Carte de localisation des zones du canal du Mozambique explorées pendant la mission REEFCORES-3. 30
Figure 28: Plan de positionnement sur la zone des Glorieuses des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite). 34
Figure 29: Morpho-bathymétrie des dépôts sableux sur le rebord NO de la plateforme des Glorieuses. La ligne verte correspond au profil sismique RC2-GLO_21 (mission REEFCORES-2) présenté en bas de la figure. 35
Figure 30: Profils sismiques RC3-GLO-327, -328, -329, -330 illustrant la présence de corps sableux sur le rebord de plateforme. 36

Figure 31: Morpho-bathymétrie des terrasses récifales submergées. La ligne noire correspond au profil sismique RC2-GLO_07 (mission REEFCORES-2) présenté en bas de la figure. 37
Figure 32: Profil sismique RC3-GLO-307 et -313 permettant de caractériser la stratigraphie des terrasses récifales submergées au croisement d'un futur site potentiel de forage (80 m). 38
Figure 33: Carte de l'île du Lys, positionnement de la base GPS RTK et des relevés réalisés..... 39
Figure 34: Log synthétique de l'île du Lys. 41
Figure 35: Coupe simplifiée de l'île du Lys (O-E). 43
Figure 36: Plan de positionnement sur la zone de Majunga des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite). 43
Figure 37: Morpho-bathymétrie des niveaux remarquables en rebord de plateau le long des grands transects à travers la plateforme de Majunga. 44
Figure 38: Profils sismiques RC3-MAJ-03 à l'Est (en haut) et RC3-MAJ-05 à l'Ouest (en bas), permettant de caractériser la stratigraphie de la plateforme mixte de Majunga. 45
Figure 39: Plan de positionnement sur la zone de Melaky des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite). 46
Figure 40: Détail du levé SMF sur le rebord de plateau continental, à l'ouest de Madagascar et du Cap Saint André, et qui montre plusieurs niveaux de terrasses. Les premières observations qui incluent les données de bathymétrie et de sismique Sparker montrent que ces terrasses seraient constituées à la fois de prismes sableux en rebord de plateau et/ou d'un substrat rocheux, probablement carbonaté ; ces niveaux pourraient constituer l'enregistrement sédimentaire et carbonaté de la rétrogradation d'une ligne de rivage lors de la dernière déglaciation (20 à 11 ka). .. 46
Figure 41: Profil sismique RC3-MEL-04 montrant les terrasses carbonatées du rebord de plateau de Melaky. 47
Figure 42: Profil sismique RC3-MEL-01 permettant de caractériser la stratigraphie de la plateforme mixte médiane et externe de Melaky. 48
Figure 43: Plan de positionnement sur la zone de Juan de Nova des acquisitions REEFCORES-3 de bathymétrie et d'imagerie (à gauche) et de sismique Sparker (à droite). 48
Figure 44: Morpho-bathymétrie des terrasses récifales submergées. 49
Figure 45: Profil sismique RC3-JDN-15 illustrant la stratigraphie de plateforme carbonatée isolée de Juan de Nova. . 50
Figure 46: Carte de Juan de Nova, positionnement de la base GPS RTK et des relevés réalisés..... 51
Figure 47: Log synthétique de Juan de Nova. 53
Figure 48: Coupe synthétique de l'île de Juan de Nova. 54

Tableaux

Tableau 1: Equipe scientifique de la mission REEFCORES-3 et équipage de l'ANTSIVA. 14
Tableau 2: Nombre de profils sismiques et distances des levés par zone et sur l'ensemble de la mission REEFCORES-3. 16
Tableau 3: Résumé de la configuration du sondeur multifaisceaux EM3002 utilisé sur la mission REEFCORES-3 17
Tableau 4: Liste des profils réalisés dans le lagon de Juan de Nova. 23
Tableau 5: Liste des prélèvements récoltés. 26
Tableau 6: Liste et position des échantillons prélevés durant la mission REEFCORES 3. 27
Tableau 7: Planning des opérations menées pendant la mission REEFCORES-3 (page suivante). 28
Tableau 8: Relevés topographiques sur l'île du Lys (UTM Zone 38S - WGS84). 40
Tableau 9: Relevés topographiques à Juan de Nova (UTM Zone 38S - WGS84)..... 52

ANNEXES

1. Annexe 1: Caractéristiques techniques de l'ANTSIVA

- Type de bateau : Voilier Navire de charge
- Type d'opérations : Navire océanographique, support de plongée professionnelle
- Nom : ANTSIVA
- Dimensions (longueur/largeur) : 28m x 7 m
- Tirant d'eau : 4.50/1.20 m
- N° immatriculation : MJ 05 012
- Numéro MMSI : 647 76 12 10
- Indicatif d'appel radio : 5RZS
- Pavillon : Malgache
- Port d'attache : Majunga (Madagascar)
- Permis de navigation : date de fin de validité : 23/10/2015
- Assurance : ARO assurance au tiers + passagers embarqués + équipages : validité 18/11/2015
- Motorisation : 2 moteurs diesel 120 cv
- Réserve carburant : 7 m3 (20 jours)
- Réserve eau douce : 2 000 L (+ Désalinisateur 200 litres/heure)
- Nombre total de places à bord : 14
- Equipage (nbr de personnes) : 4
- Équipements à bord
- VHF : 8 dont deux fixes VHF : Fixe RD 68 SIMRAD ASN/DST er RO4800 Radio Océan ASN/DST, 6 portables dont 2 GMDSS et 4 Icom M23, GPS, sextant, livre de bord, compas, radar, sondeur ;
- Centrale de navigation SIMRAD, 3 récepteurs GPS FURUNO, Pilote automatique SIMRAD, Radar FURUNO, 2 Sondeurs SIMRAD 200Khz et Furuno 235 Khz, 2 Locks SIMRAD et Furuno, 2 Girouettes Anémomètres SIMRAD et Furuno, 2 Ordinateurs fixes à la table à carte avec cartographie navionic logiciel de navigation Maxsea,
- Communications Satellites Vocale et Data Iridium, Immarsat MiniC SSAS et réception des EGC (météo) …
- Canots (nb places, moteur) : Bateau de plongée, 8 pers., 60 cv + Jeanneau Rigiflex, 7 personnes 25CV.
- Canots de sauvetage (nb place) : 2 canots Classe1 respectivement 10 et 8 places
- Combinaisons de survie : NON et gilets de sauvetage Solas : 18 équipés de signal lumineux Solas
- Balise de secours : EPIRB + SART
- Extincteur : 5 + Machine : Equipement fixe CO2
- Fusées éclairantes : 3 parachutes + 3 fusées à main + 2 fumigènes

2. Annexe 2: Profils et paramètres sismiques

N°PROFIL	date	Heure - SHOT N°	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	OBSERVATIONS
RC GLO302 **(GLORIEUSES)**	28/03	11h44			Début **130J 400 ms**
		12h10			Fin
RC GLO 303		12h20			Début
		12h55			Fin
RC GLO 304		13h02			Début 500J 600ms
RC GLO 304		13h08			Fin Plantage Groupe E
RC GLO 304b		13h13			Début 130 J 330 ms
RC GLO 304b		13h28			Fin
RC GLO305	29/03				**Test 250 J 800 ms**
RC GLO 305		07h03			Fin
RC GLO 306		07h04	11°29’29’’	47°27’55’’	**Début 130J 330ms**
RC GLO 306		-3020	11°30’37’’	47°28’04’’	Fin
RC GLO 307			11°30’24,4’’	47°28’00’’	Début **130J 400 ms**
RC GLO 307		- 3190	11°29’18’’	47°27’24 ’’	Fin
RC GLO308			11°29’17’’	47°27’36’’	Début
RC GLO 308		08h01			Fin
RC GLO309		08h01	11°29’43’’	47°27’36’’	Début
RC GLO 309		08h16			Fin
RC GLO 310		08h17	11°30’32’’	47°27’14’’	Début
RC GLO 310		08h27 - 1560			Fin
RC GLO 311		08h27	11°30’22’’	47°27’45’’	Début
RC GLO 311		08h38			Fin
RC GLO 312		08h39	11°29’45’’	47°28’13’’	Début
RC GLO312		08h52 - 1920			- Fin /giration
RC GLO 313		08h53	11°29’54’’	47°27’53’’	Début 313-2 09h08
RC GLO 313		09h12			
RC GLO 314		09h13	11°30’19’’	47°27’09’’	Début
RC GLO 314		09h31			Fin
RC GLO 315		09h35	11°30’42’’	47°27'52’’	Début
RC GLO 315		09h51			Fin
RC GLO 316		09h55	11°29’36’’	47°27’14’’	Début
RC GLO 316		10h10	11°30’16’’	47°26’46’’	Fin
RC GLO 317		10h11	11°30’16’’	47°26’46’’	Début
R C GLO 317		10h35-3780	11°29’04’’	47°27’58’’	Fin
RC GLO 318		10h48	11°29’31’’	47°27’38’’	Début
RC GLO 318		10h50			Fin
RC GLO 319		10h52	11°29’35’’	47°27’19’’	Début
RC GLO 319		11h12 – 3130			Fin
RC GLO 320		11h21	11°28’72’’	47°25'99’’	Début

N°PROFIL	date	Heure - SHOT N°	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	OBSERVATIONS
RC GLO 320		11h42 - 3200	11°29’39’’	47°27’26’’	Fin
RC GLO 322		12h06	11°29’42’’	47°27’43’’	
RC GLO 322		12h43 - 4300			Fin (322-2 pas bon)
RC GLO 323		13h24	11°30’02’’	47°27’59’’	**Début – 500J – 1s**
RC GLO 323					Fin (323 – bon)
RC GLO 324		14h17	11°29’36’’	47°23’59’’	Début
RC GLO 324		14h26 – 525 ?	11°29’51’’	47°23’20’’	Fin
RC GLO 325		14h44	11°30’10’’	47°22’16’’	Début
RC GLO 325		15h42	11°31’52’’	47°18’05’’	Fin
RC GLO 326	30/03/15	05h53	11°29’02’’	47°18’39’’	**Début – 130J – 330 ms**
RC GLO 326		05h57			Fin
RC GLO 327		05h58-1	11°29’02’’	47°18’39’’	Début
RC GLO 327		06h30 - 2740	11°26’17’’	47°19’30’’	Fin
RC GLO 328		06h33	11°26’28’’	47°19’30’’	Début
RC GLO 328		06h51	11°27’57’’	47°19’04’’	Fin – plantage Groupe E
RC GLO 328-2			11°28’55’’	47°18’44’’	Début - reprise
RC GLO 328-2		07h05			Fin
RC GLO 329		07h05 – 1	11°28’56’’	47°18’37’’	Début
RC GLO 329		07h39 - 4500			Fin
RC GLO 330		07h44 - 1			Début
RC GLO 330		07h57-1118	11°27’12’’	47°19’01’’	Fin
RC GLO 331		07h59- 1	11°27’08’’	47°19’11’’	Début
RC GLO 331		08h14- 2250	11°26’40’’	47°20’21’’	Fin – plantage sis.
RC GLO332		08h16 - 1	11°26’36’’	47°20’32 ’’	Début
RC GLO332		09h03- 6300	11°27’14,5 ’’	47°23’52,5’’	Fin – plantage groupe E.
RC GLO333		09h10			Début
RC GLO333		09h32	11°28’30’’	47°26’01’’	Fin
RCGLO334		09h32 ?			Début
RC GLO334		09h57			Fin
RC GLO 335		10h01 - 1	11°29’24’’	47°27’32’’	Début
RC GLO 335		10h18			Fin
RC GLO 336		10h21	11h28’31’’	47°26’18’’	Début
RC GLO 336		10h43- 3325			Fin
RC GLO 337		10h46 - 1	11°29’00’’	47°27’32’’	Début
RC GLO 337		10h56 - 1593			Fin
RC GLO 338		10h57 - 1			Début
RC GLO 338		1265			Fin
RC GLO339	-	- 1			Début
RC GLO 339		11h49- 4670	11°29’54 ’’	47°25’16’’	Fin
RC GLO 340		11h56- 1	11°29’49’’	47’24’45 ’’	Début
RC GLO 340		12h40			Fin

N°PROFIL	date	Heure - SHOT N°	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	OBSERVATIONS
RC GLO302	28/03	11h44			Début **130J 400 ms**
		12h10			Fin
RC GLO 303		12h20			Début
		12h55			Fin
RC GLO 304		13h02			Début 500J 600ms
RC GLO 304		13h08			Fin Plantage Groupe E
RC GLO 304b		13h13			Début 130 J 330 ms
RC GLO 304b		13h28			Fin
RC GLO305	29/03				**Test 250 J 800 ms**
RC GLO 305		07h03			Fin
RC GLO 306		07h04	11°29’29’’	47°27’55’’	**Début 130J 330ms**
RC GLO 306		-3020	11°30’37’’	47°28’04’’	Fin
RC GLO 307			11°30’24,4’’	47°28’00’’	Début **130J 400 ms**
RC GLO 307		- 3190	11°29’18’’	47°27’24 ’’	Fin
RC GLO308			11°29’17’’	47°27’36’’	Début
RC GLO 308		08h01			Fin
RC GLO309		08h01	11°29’43’’	47°27’36’’	Début
RC GLO 309		08h16			Fin
RC GLO 310		08h17	11°30’32’’	47°27’14’’	Début
RC GLO 310		08h27 - 1560			Fin
RC GLO 311		08h27	11°30’22’’	47°27’45’’	Début
RC GLO 311		08h38			Fin
RC GLO 312		08h39	11°29’45’’	47°28’13’’	Début
RC GLO312		08h52 - 1920			- Fin /giration
RC GLO 313		08h53	11°29’54’’	47°27’53’’	Début 313-2 09h08
RC GLO 313		09h12			
RC GLO 314		09h13	11°30’19’’	47°27’09’’	Début
RC GLO 314		09h31			Fin
RC GLO 315		09h35	11°30’42’’	47°27'52’’	Début
RC GLO 315		09h51			Fin
RC GLO 316		09h55	11°29’36’’	47°27’14’’	Début
RC GLO 316		10h10	11°30’16’’	47°26’46’’	Fin
RC GLO 317		10h11	11°30’16’’	47°26’46’’	Début
R C GLO 317		10h35-3780	11°29’04’’	47°27’58’’	Fin
RC GLO 318		10h48	11°29’31’’	47°27’38’’	Début
RC GLO 318		10h50			Fin
RC GLO 319		10h52	11°29’35’’	47°27’19’’	Début
RC GLO 319		11h12 – 3130			Fin
RC GLO 320		11h21	11°28’72’’	47°25'99’’	Début
RC GLO 320		11h42 - 3200	11°29’39’’	47°27’26’’	Fin

N°PROFIL	date	Heure - SHOT N°	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	OBSERVATIONS
RC MAJ 001 (BESTIBOKA)	**01/04/15**	**11h48**	15°21’54’’	46°19’26’’	**Début _ 160J 500ms**
		12h56 -8312	15°21’10	46°14’53	Fin
RC MAJ 002		12h59	15°21’06	46°14’53	Début
		Virage à partir SP 1780 13h21 - 2770	15°20’26’’	46°15’21’’	Pente Fin
RC MAJ 003		13h22	15°20’33’’	46°15’22’’	Début
		14h10 – 5950 14h44 – 10 020	15°23’44’’ 15°25’58’’	46°15’52’’ 46°16’11’’	Fin
RC MAJ 003-2		14h44	15°26’05’’	46°16’12’’	Début RC MAJ 003 RC MAJ 003
RC MAJ 003-2			15°27’59’’	46°	Plantage Groupe Energos disjoncte
RC MAJ 003-3		16h10	15°28’32’’	46°16’37’’	**Début _ 160J 500ms**
RC MAJ 004 (renommez		17h04 362	15°32’21’’	46°17’13’’	**Fin Plantage groupe Carte charge HS Fusible F1 HS**
RC MAJ 005	2/04/15	14h58	15°34’57’’	46°10’12’’	Début 160J 500 ms
RC MAJ 005-		16h26	15°29’37’’	46°07’00’’	Fin
RC MAJ 005-3		16h26	15°29’37’’	46°07’00’’	Début
RC MAJ 005-3		16h26	15°24’848’’	46°04’07’’	Fin
RC MAJ 005-4		17h49	15°24’848’’	46°04’07’’	Début
RC MAJ 005-4		18h20	15°23’031’’	46°02’999’’	Fin
RC MAJ 006		18h26	15°22’717’’	46°03’354’’	Début
RC MAJ 006		18h42	15°22’300’’	46°04’645’’	Fin
RC MAJ 007		19h01		46°04’636’’	Début
RC MAJ 007-		20h25	15°25’764’’	46°00’958’’	Fin
RC MAJ 007-002		20h25	15°25’764’’	46°00’958’’	Début
RC MAJ 007-002		21h21	15 28 080	45 58 368	fin
RC MAJ 008		21h58	15°29.552	45°56.803’’	début
RC MAJ 008		22h30	15°30.821	45°55390	fin
RC MAJ 009		22h35	15°30.527	45°55.178	début
		22h40	15°30.360	45°55.449	fin
RC MAJ 010		22h42	15°30.447	45°55.551	début
RC MAJ010-02		00h56	15°34.117	45°59.012	Début
RC MAJ010-02		00h11	15°34.45	45°59.38	Fin Coupe peigne
RC MAJ11		00h33 01h10	15°34, 51’’	45°59’25’’	Début

N°PROFIL	date	Heure - SHOT N°	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	OBSERVATIONS
RC MAJ11		00h33 01h10	15°34, 51''	45°59'25''	Début
RC MAJ011-02 (à renommer MAJ011-2)		01h10	15°34'59''	45°56'53''	Début (après changmt Param cable layout=
RC3_ MAJ011-07		02h10	15°10'93''	45°52'38''	Plantage groupe fin
RC3_MAJ11-08		02h19	15°35'14''	45°51'38''	Début
RC MAJ12		04h46	15°35'769''	45°39'600''	Fin
RC3_MEL001_10	4/04/15	14h20	16°50'33''	43°49' 31''	160J – 500ms Début
RC3_MEL001_10		15h28/ 10511	16°49'54''	43°44'30''	Fin
RC3_MEL001_11		15h28	16°49'54''	43°44'30''	Début
RC3_MEL001_11		16h49/ 11965	16°49'07''	43°38'32''	Fin
RC3_MEL001_12	-	16h49	16°49'07''	43°38'32''	Début
RC3_MEL001_12	-	18h08	16°48.369'	43°32'710''	Fin
RC3_MEL001_13	-	18h08	16°48.369'	43°32'710''	Début
RC3_ MEL001_13	-	19h02	16°47.840'	43°28'700''	Fin
RC3_MEL002	-	19h16	16°47.700'	43°27'600''	Début
RC3_MEL002	-	20h37	16°46.923'	43°21'740''	Fin
RC3_MEL002_002	-	20h37	16°46.923'	43°21'740''	Début
RC3_MEL002_002	-	22h02	16°46.235'	43°15.930	fin
RC3_Mel002_003		22h02	16°46.235'	43°15.930	Début ralliement
		22h14	16°46.956	43°16.014'	fin
RC3_Mel002_004		22h16	16°46.880	43°16.087'	début
		23h39	16°'42.458	43°19.492	fin
RC3_Mel002_005	05/04/15	00h12	16°42.583	43°19.570	Début
		00h39	16°43.949	43°20.785	fin
RC3_Mel002_006		00h41	16°43.889	43°20.752	Début
RC3_MEL-06		01h17	16°41'54''	43°20'30''	Fin
RC3_MEL-07		01h17	16°41'54''	43°20'30''	Début
RC3_MEL-07		01h26	16°41'49''	43°20'59''	Fin
RC3_MEL-08		01h26	16°41'49''	43°20'59''	Début
RC3_MEL-08		02h04-4313	16°43'32''	43°19'35''	Fin Remontée flûte Suppression bouée de queue

N°PROFIL	date	Heure - SHOT N°	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	OBSERVATIONS
RC3_ MEL-09		02h17	16°43’32’’	43°19’53’’	Début
RC3_ MEL-09		02h47 /3800	16°42’53’’	43°21’87’’	Fin
RC3_ MEL-10		02h48 /manque 15’ enregistrement	16°42’53’’	43°21’87’’	Début
RC3_MEL-10		03h (environ)			Fin
RC3_MEL-10_2 (renommer MEL-11)		04h15	16°42’55’’	43°20’32’’	Début
RC33_MEL-10_2 (renommer MEL-11)		05h29	16°45’54’’	43°23’34’’	Fin
RC MEL-12		05h47	16°46’28’’	43°24’15’’	Début
		06h55.10170	16°49’08’’	43°27’15’’	Fin
RC3_ MEL-12_002		???	16°49’08’’	43°27’15’’	Début
RC3_ MEL-12_002		08h01	16°52’03’’	43°30’37’’	Fin
RC3_ MEL-12_003		08h01	16°52’03’’	43°30’37’’	Début
RC3_ MEL-12_003		09h33	16°56’30’’	43°35’11’’	Fin
RC3_ MEL-12_004		09h33	16°56’30’’	43°35’11’’	Début
RC3_ MEL-12_004		10h22	16°59’00’’	43°37’59’’	Fin
RC3_ MEL-13		10h28	16°58’47’’	43°38’02’’	Début
RC3_ MEL-13		12h24	16°58’41’’	43°30’50’’	Fin
RC3_ MEL-13_002		12h24	16°58’41’’	43°30’50’’	Début
		13h02/5400			Pb acquisition ? Nombreux essais
RC3_MEL-13_006		14h48	16°58’19’’	43°21’02’’	reprise
RC3_JDN-01		21h26	17°00’18	42°48’049	Début
		22h19/7620	170033	424420	Fin
RC3_JDN-02	06/04/15	12h20	17°00’31’’	42°45’13’’	Début
RC3_JDN-02					Fin
RC3_JDN-03		13h12	17°01’54	42°48 ‘53	Début
RC3_JDN-03		13h25	17°00’81	42°48’26	Fin
RC3_JDN-04		13h28	17°00’89	42°48’33’	Début
RC3_JDN-04		14h48/12000	17°00’78’’	42°43’88’’	Fin
RC3_JDN-05	07/04/15	06h00	16°59’53’’	42°44’57’’	Début
RC3_JDN-05		07h01/9900	16°57’03’’	42°46’26’’	Fin
RC3_JDN-06		007h10			Début
RC3_JDN-06		007h55/9310	16°56’18’’	42°43’29’’	Fin
RC3_JDN-07		08h16	16°56’09’’	42°42’22’’	Début

N°PROFIL	date	Heure - SHOT N°	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	OBSERVATIONS
		08h37/3990	16°56’02’’	42°40’45’’	Fin
RC3_JDN-08		08h39	16°56’04’’	42°40’38’’	Début
		10h14/17000	17°00’02’’	42°40’53’’	Fin
RC3_JDN-09		10h34	17°00’01’’	42°40’56’’	Début
		10h05/5650	17°01’09’’	42°39’10’’	Fin
RC3_JDN-10		10h06	17°01’04’’	42°39’12’’	Début
		11h35/5140	17°02’28’’	42°39’39’’	Fin
RC3_JDN-11		11h36	17°02’29’’	42°39’42’’	Début
		11h58/3850	17°01’13’’	42°39’11’’	Fin
RC3_JDN-12		11h59	17°01’15’’	42°39’08’’	Début
		12h21/3930	17°02’21’’	42°39’22’’	Fin
RC3_JDN-13		12h22	17°02’23’’	42°39’24’’	Début
		13h20/10710	16°59’03’’	42°42’28’’	Fin
RC3_JDN-14		13h22	16°59’04’’	42°42’25’’	Début
		13h51/5350	17°00’51’’	42°43’40’’	Fin
RC3_JDN-15	08/04/15	06h30	16°59’55’’	42°45’24’’	Début
		07h17/8700	16°58’01’’	42°47’33’’	Fin
RC3_JDN-16		07h23	16°58’01’’	42°47’13’’	Début
		08h59/17200	16°57’09’’	42°41’36’’	Fin
RC3_JDN-16-2		09h00	16°57’09’’	42°41’36’’	Début
		09h38/7254	16°56’51’’	42°39’39’’	Fin
RC3_JDN-17		09h47	16°56’56’’	42°39’45’’	Début
		10h14	16°58’00’’	42° 39’24’’	Fin
RC3_JDN-18		10h17	16°58’04’’	42°39’35’’	Début
			16°58’22’’	42°41’11’	Fin Plantage GPS
RC3_JDN-18_2		10h36	16°58’22’’	42°41’11’	début
		11h37/10914	16°59’06’’	42°46’10’’	Fin
RC3_JDN-18_2_4		11h39	16°59’06’’	42°46’10’’	Début
		12h05	17°0015	424800	Fin

3. Annexe 3: Rapport sur l'acquisition bathymétrie/réflectivité (C. Prunier)

1 Moyens mis en oeuvre.

1.1 Le Bateau

Le voilier de Mr Nicolas et Mme Anne TISNE affrété par L'IFREMER a servi de porteur pour les opérations. Il s'agit d'un voilier de 28 m de long à coque semi planante. Le bateau est donc relativement stable. La vitesse d'acquisition pour les levés bathymétriques se situait entre 4 et 5 Nœuds. Les levés s'effectuaient de jour, en général entre 7h30 et 17h30. Le positionnement du navire (en dehors du positionnement propre au système bathymétrique) était assuré par un GP32 FURUNO naturel offrant une précision supra métrique. L'antenne est située au mètre baud (zone la plus large) du bateau sur le côté bâbord soit à 15 m de l'avant du bateau.

A *B* *C*

Figure 1 *: A) voilier ANTSIVA B) plage avant C) poste de navigation.*

1.2 Le Système d'acquisition bathymétrique multifaisceaux

Les travaux de levés bathymétriques ont été menés par l'équipe Pôle Image du laboratoire Domaines Océaniques (UMR 6538) de l'Institut Universitaire et Européen de la Mer (IUEM) et par l'équipe CTDI de l'IFREMER.

Le « package SMF » comprend :
- un sondeur multifaisceaux petits fonds (0 à 200 m) fournissant des données de bathymétrie et de réflectivité du fond marin
- un système de navigation par GPS différentiel
- une centrale d'attitude pour compenser les mouvements du bateau
- une sonde de célérité pour mesurer la vitesse du son sur un profil de colonne d'eau et une sonde de célérité de coque
- un logiciel d'acquisition et de traitement permettant l'obtention d'une carte quasi en temps réel

Système	Marque

Centrale d'attitude	iXSea OCTANS III Subsea 200 m
Logiciel d'acquisition	QINSy V8
Récepteurs et antennes	GPS ASHTECH PROFLEX 500
Sonde de célérité	RESON SVP 10/15
Sondeur multifaisceaux	KONGSBERG EM3002
Sonde de célérité de coque	

Sondeur multifaisceaux

Les mesures bathymétriques ont été acquises par le sondeur multifaisceaux petits fonds haute résolution EM 3002 du fabricant KONGSBERG. Ce système opère à la fréquence de 302 kHz. La géométrie des antennes d'émission et de réception permet d'obtenir une ouverture angulaire (des faisceaux) transversale et longitudinale de 1.5° par 1.5°, et donc une empreinte de faisceau bien résolue sur le fond de la mer. Le sondeur est utilisé dans sa configuration 130° de fauchée ce qui permet d'acquérir des données de réflectivité de type snippets. Le nombre de faisceaux de la fauchée est alors de 256. La profondeur maximale de mesure théorique du sondeur est de 200 m, ce qui a été atteint lors des différents levés. L'intervalle de temps entre deux pings successifs est généré automatiquement et dépend de la profondeur de la colonne d'eau de la portée sélectionnée.

Célérité

Grâce à la géométrie cylindrique de l'antenne de réception, la donnée de célérité de coque n'est pas utile pour la formation de voies. Afin de mesurer la vitesse de propagation du son dans l'eau sur un profil complet on utilise la sonde de célérité SVP 15 manufacturée par RESON. La précision théorique de mesure de la profondeur est de 0.10 m + 0.2% de la profondeur nominale et l'on effectue une mesure tous les 50 cm. La célérité est déterminée avec une précision de 0.25 m/s et une résolution de 0.1 m/s sur l'intervalle 1350-1600 m/s. Une mini SVS de coque est également installé au niveau du sondeur.

Récepteurs GPS

Le système de positionnement est constitué d'un récepteur GPS (Global Positioning System) bifréquences (L1/L2) PROFLEX 500 fabriqué par ASHTECH. Un post-traitement complet du jeu de données a été effectué. Les précisions (pour l'intervalle de confiance 95 %) sont de 1 cm + 1 ppm horizontalement et le double verticalement. Les positions du navire sont établies dans le système de géodésie mondial WGS84 puis transformées en coordonnées planes UTM 38°s par le logiciel d'acquisition.

Attitude

Une centrale d'attitude OCTANS Subsea fabriquée par iXSea est utilisée pour compenser les mouvements et fournir le cap du navire. Les données de roulis et tangage sont fournies avec une résolution et une précision de respectivement 0.001° et 0.01° et la valeur du pilonnement est donnée avec une précision de 5 cm ou 5 %, celle qui est la plus importante. Les gyrocompas établissent le cap vrai avec une résolution de 0.01° et une précision de 0.1/cos(latitude)°. Le temps d'établissement pour la précision maximale en conditions dynamiques est de 5 min.

Acquisition

Le logiciel d'acquisition QINSy (Quality Integrated Navigation System) développé par QPS permet d'intégrer et de synchroniser les données du sondeur et des capteurs annexes en temps réel au cours du levé. Une procédure de « rejeu » a parfois été utilisée pour corriger les mesures. Avant la campagne, la procédure de calibration du sondeur (Patch Test) a été réalisée pour déterminer les angles de montage (en roulis, tangage et lacet) entre le sondeur multifaisceaux et la centrale d'attitude. Le signal PPS (Pulse Per Second) du GPS est

utilisé pour fixer une base de temps commune à tous les capteurs. La suite de logiciels Waypoint (GrafNet / GrafNav) a été utilisée pour les post-traitements GPS.

Installation à bord du système d'acquisition bathymétrique Multifaisceaux

Une perche a été installée à l'avant du bateau maintenu en permanence par une drisse de génois (de secours) et un support soudé, au milieu de la proue pour accueillir le support SMF(figure 2).

A *B* *C*

Figure 2 : *A) avant de l'ANTSIVA B) ANTSIVA avec le SMF en position haute fixé sur la perche C) antenne GPS.*

Figure 3 : *A) Fixation haute de la perche B) Fixation basse de la perche*

Afin de limiter les vibrations de la perche lors de la navigation (4 nœuds en moyenne), la perche a été fixée solidairement au bateau et reprise en deux points de fixation (axe sur plage avant et sabot du navire). Des sangles étaient attachés à la perche SMF et amarrées au bastingage et ont permis de limiter les efforts de traction une fois la perche dans l'eau. Ce système fut efficace puisque aucune flexion de la perche n'est

survenue lors de la campagne et il s'est avéré que les petites vibrations de la perche correspondaient en fait à celles du bateau lui-même (ou roulis). La centrale d'attitude (plot gris) est installée immédiatement au-dessus du sondeur sur une platine afin d'assurer un couplage parfait entre la centrale et le sondeur . Nos équipements (Octan, SMF et platine) sont reliés solidairement (Figure 3)

Figure 4*: Détail du sondeur, de la centrale d'attitude et de la platine*

L'ensemble du système d'acquisition était installé dans le poste couchage avant du bateau avec de gauche à droite sur la Figure 5, l'écran et le PC shuttle de commande du système d'acquisition avec le logiciel "QINSy", le boitier KVM pour le déport d'écran au poste de navigation, le PU d'acquisition du SMF et le boîtier d'acquisition du GPS et sur la droite se trouvait l'écran répétiteur du PC de commande pour le suivi des profils depuis le poste de navigation.

Figure 6 : PC d'acquisition dans le poste avant.

Enfin, la perche pouvait être remontée pour sortir le sondeur de l'eau pendant les transits à grande vitesses (>5N) (Figure 6). En position de fonctionnement, le sondeur est totalement immergé.

Figure 6 : Détail du SMF en position haute pendant un transit rapide

2 Acquisition et traitement des données de SMF

2.1 Géodésie et temps

2.1.1 Référence horizontale

Le système de positionnement utilisé pour la campagne est le GPS (Ashtech). Les positions sont ramenées au système géodésique légal pour l'océan indien qui est le World Geodetic System 1984 (WGS84) dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous. La représentation plane sera la projection cylindrique UTM Sud fuseau 38.

Système géodésique du levé	WGS 84
Ellipsoïde associé	IAG GRS 80
Demi grand axe a	6 378 137 m
Aplatissement inverse	1/f 298.257 222 101
Système géodésique de départ (GPS)	WGS 84
Ellipsoïde associé	IAG GRS 80
Demi grand axe a	6 378 137 m
Aplatissement inverse	1/f 298.257 222 101
Transformation géodésique	WGS 84 vers WGS 84
Dx = 0 m Dy = 0 m Dz = 0 m Rx = 0° Ry = 0° Rz = 0° Sf = 0	
Projection du levé UTM (South Hemisphere)	Zone 38 Sud
UTM central méridian	00 ° 00 ' 00 '' E
Latitude origine	00 ° 00 ' 00 '' N
Longitude origine	45 ° 00 ' 00 '' E

E0	500 000 m
N0	10 000 000 m
Facteur d'échelle	0.999 600

Datum: WGS84	
Nom du Référentiel:	WGS84
Nom du Ellipsoïde:	GRS 1980
Facteur de Conversion en mètres:	1.000000000000000
Demi grand axe (a):	6378137.000 m
Demi petit axe (b):	6356752.314 m
Applatissement (1/f):	298.257222101000
Applatissement (f):	0.003352810681182
Première excentricité (e):	0.081819191042816
Première excentricité au carré (e**2):	0.006694380022901
Deuxième excentricité (e'):	0.082094438151917
Deuxième excentricité au carré (e'**2):	0.006739496775479

Projection: Universal Transverse Mercator (South Hemisphere)	
Système de projection:	0002
Nom de la projection:	Universal Transverse Mercator (South Hemisphere)
Facteur de conversion en mètres:	0.000000000000000
UTM zone numéro:	38
UTM central meridian:	45;00;00.00000 E
Latitude de l'origine de la grille:	0;00;00.00000 N
Longitude de l'origine de la grille:	45;00;00.00000 E
Est d'origine de la grille (E0):	500000.000 m
Nord d'origine de la grille (N0):	10000000.000 m
Facteur d'échelle à la longitude d'origine:	0.999600000000

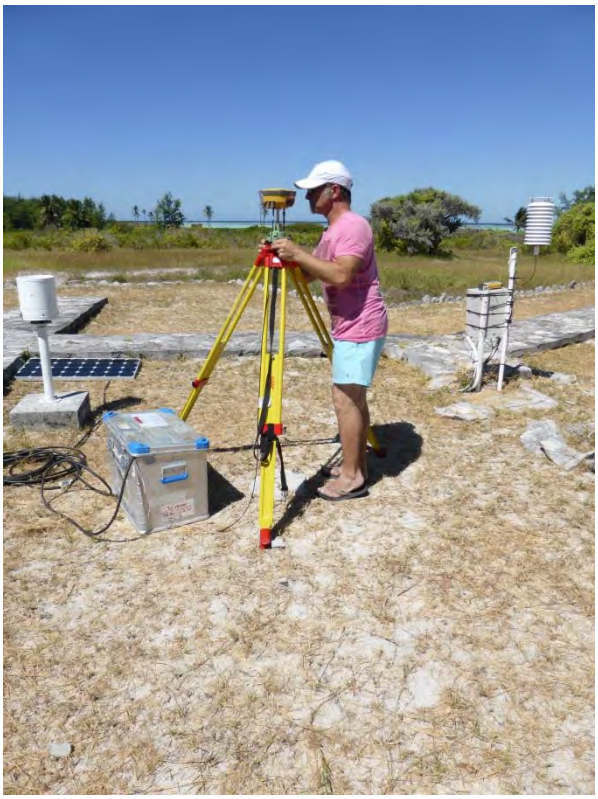
2.1.2 Référence vertical

À l'heure actuelle on ne dispose pas de modèle de géoïde précis pour la partie maritime de l'océan indien. La coordonnée "z" du GPS ne sera donc pas utilisée pour la réduction des sondages L'IUEM possède 2 marégraphes pour mettre au mouillage près des zones de levés. Ces 2 marégraphes n'ont pu être mis en œuvre. Il n'y a donc pas eu de support pour l'obtention des données marégraphiques.

2.1.3 Positionnement

Base temporaire : Ile du Lyss

WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)
11°30'56,29763"S	47°22'30,48383"E	-19,890



Base temporaire : Juan de nova

Latitude	Longitude	Ell.Height (m)
17°03'16,67438"S	42°42'43,57952"E	-3,740

Le positionnement est effectué par GPS. On dispose de 2 récepteurs (1 GPS ASHTECH PROFLEX et 1 GPS TOPCON). Le mobile (ASHTECH) est situé sur le bateau et la base (TOPCON) est fixée à terre. Compte tenu de l'éloignement des zones de levés, la base fut déployée à 2 endroits pendant la mission (3,5 jours à l'ile du Lyss et 3,5 jours à Juan de nova). Nous avons ainsi pu avoir les coordonnées précises pour servir de de base de rattachement. Compte tenu de la distance (hors de vue) entre les deux récepteurs pendant l'acquisition des données, il n'y a pas eu de liaison temps réel (radio ou modem) entre les deux systèmes. Un post-traitement

complet a été effectué au retour de la campagne. Pour cela les données brutes (format SBF ou RINEX et Tps) ont été enregistrées chaque jour pour le mobile et la base. La cadence d'acquisition était fixée à 1 Hz. Le RGP (Réseau Géodésique Permanent) de l'IGN dispose d'une station de référence à MAYOTTE. Elle a servi de pivot pour le calcul des coordonnées (exactes) des 2 bases IUEM (une à l'ile du Lyss et une à Juan de Nova).

2.1.4 Temps

Le temps universel coordonné (UTC) a été utilisé pour tous les relevés temporels : GPS, fichiers bathymétriques, carnet de bord etc.

2.2 Acquisition

2.2.1 Offsets statiques et dynamiques

CONFIGURATION DE L'ACQUISITION		
Conventions de signes	X positif à tribord Y positif vers la proue Z positif ascendant	Tangage positif proue levée Roulis positif gîte tribord Lacet positif rotation à tribord Pilonnement positif ascendant

OFFSETS LINEAIRES (m)			
Mesure des bras de levier entre les différents systèmes			
	X	Y	Z
Centre de gravité	0	0	0
Niveau de l'eau	0	0	1.00
SMF	0	0	-0.61
Centrale d'attitude	0	-0.22	-0.325
GPS	- 0.680	- 1.06	4.62

OFFSETS ANGULAIRES (°)	
Mesure des angles de montage entre le SMF et la centrale d'attitude	
Roulis	0
Tangage	0
Lacet	0

LATENCES (s)	
Centrale d'attitude	0.025
Heave time delay	0

2.2.2 Célérité

Au minimum deux profils de célérité ont été effectués dans chaque zone et ce à la plus grande profondeur rencontrée dans la zone d'intérêt. Il faut noter que toute variation de salinité (due à la présence d'estuaires par exemple) et surtout de température modifie la célérité de l'eau, ce qui fausse la mesure de profondeur. Une mesure est enregistrée tous les 50 cm lors de la descente et la montée. Celles-ci doivent s'effectuer avec une vitesse maximale de 3 m/s. La mesure de célérité n'a pas été possible au-delà de 50 m de fond, faute de câble porteur mieux adapté. Vu le faible poids de la sonde cette dernière dérivait et ne descendait plus à la verticale. Néanmoins ce n'est pas très grave puisque le profil a pu être prolongé pour suivre la tendance générale.

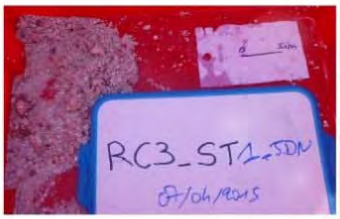
2.2.3 Marée

L'IUEM ne disposait pas de marégraphes mouillés à proximité immédiate des zones de levés.

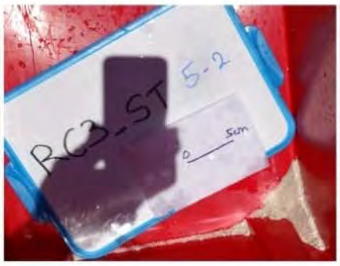
4.3 Profils de célérité

Plusieurs profils de célérité ont été acquis pendant la campagne. Ils sont regroupés par zone de levés. Chaque profil est nommé suivant la convention : SVP_AAAMMJJ_HHMM (Année, Mois, Jour, Heure et Minute en TU) ex : SVP_20150407_0415.log

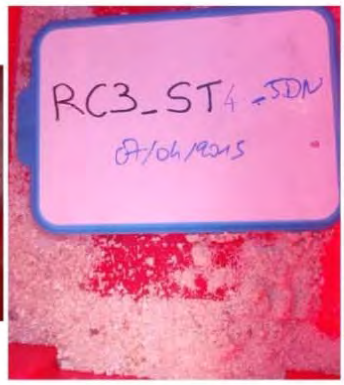
4. Annexe 4: Planche photo des bennes de Juan de Nova



RC3_JDN_ST1

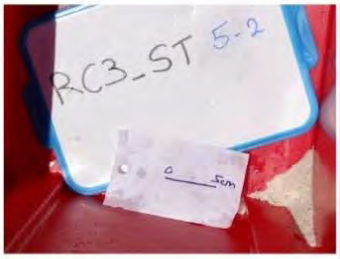


RC3_JDN_ST2



RC3_JDN_ST4

RC3_JDN_ST5



RC3_JDN_ST5_2

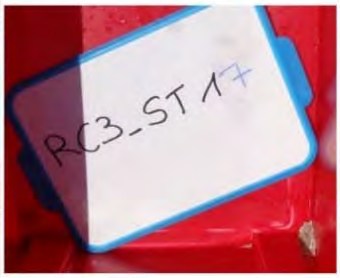
RC3_JDN_ST7

RC3_JDN_ST7_zoom

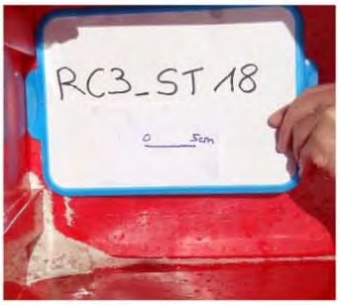
RC3_JDN_ST8

RC3_JDN_ST9_padina_sp

RC3_JDN_ST14



RC3_JDN_ST17



RC3_JDN_ST18

5. Annexe 5: Observations de terrain à l'île du Lys.

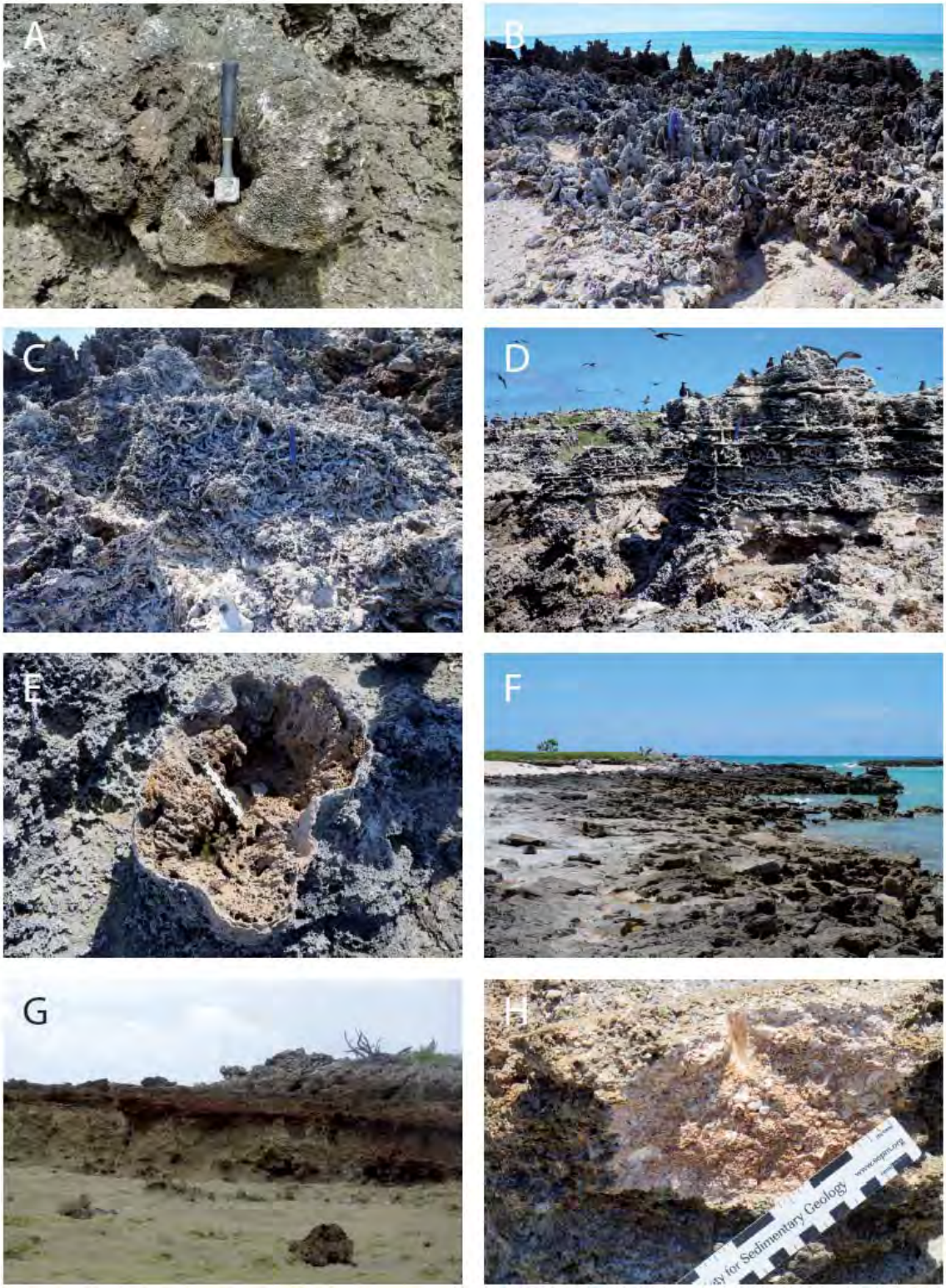


Planche: Observations de terrain à l'île du Lys. A : Corail Faviidae, affleurement MIS5e de la côte Est ; B : Coraux Isopora palifera, affleurement MIS5e de la côte Ouest ; C : faciès grainstones fortement bioturbés visible au toit de l'éperon rocheux à l'ouest de l'île du Lys, accumulés entre les massifs coralliens du MIS5e ; D : faciès grainstones bioturbés à stratification horizontales, coiffant les récifs du MIS5e ; E : Puit de dissolution affectant le toit de l'ensemble récifal du MIS5e ; F : faciès grainstone à stratification oblique au toit du MIS5e, côte est de l'île du Lys ; G : Faciès floatstone brunâtre coiffant le MIS5e au débouché de la lagune de l'île du Lys, côte nord ; H : Détail du faciès floastone composé de nombreux débris de gastéropodes.

6. Annexe 6: Observations de terrain à l'île du Lys (suite).

Planche: Observations de terrain à l'île du Lys. A : Observation de structures sédimentaires bi-directionnelles dans les faciès floastone ; B : Grainstones à stratification oblique pentés vers le sud-ouest, vers l'intérieur de la lagune de l'île du Lys ; C : Observation de blocs et galets au toit de l'unité stratifiée décrite en B ; Certains galets proviennent de l'érosion des faciès floatstone sous-jacents ; D : Séquences de beachrock empilées et progradant vers l'Est ; E : Cordon littoral actuel avec de nombreux terriers de crabes ; F : Dune littorale de l'île de Lys accumulée le long de la côte est, et colonisée par la végétation.

7. Annexe 7: Observations de terrain à Juan de Nova.

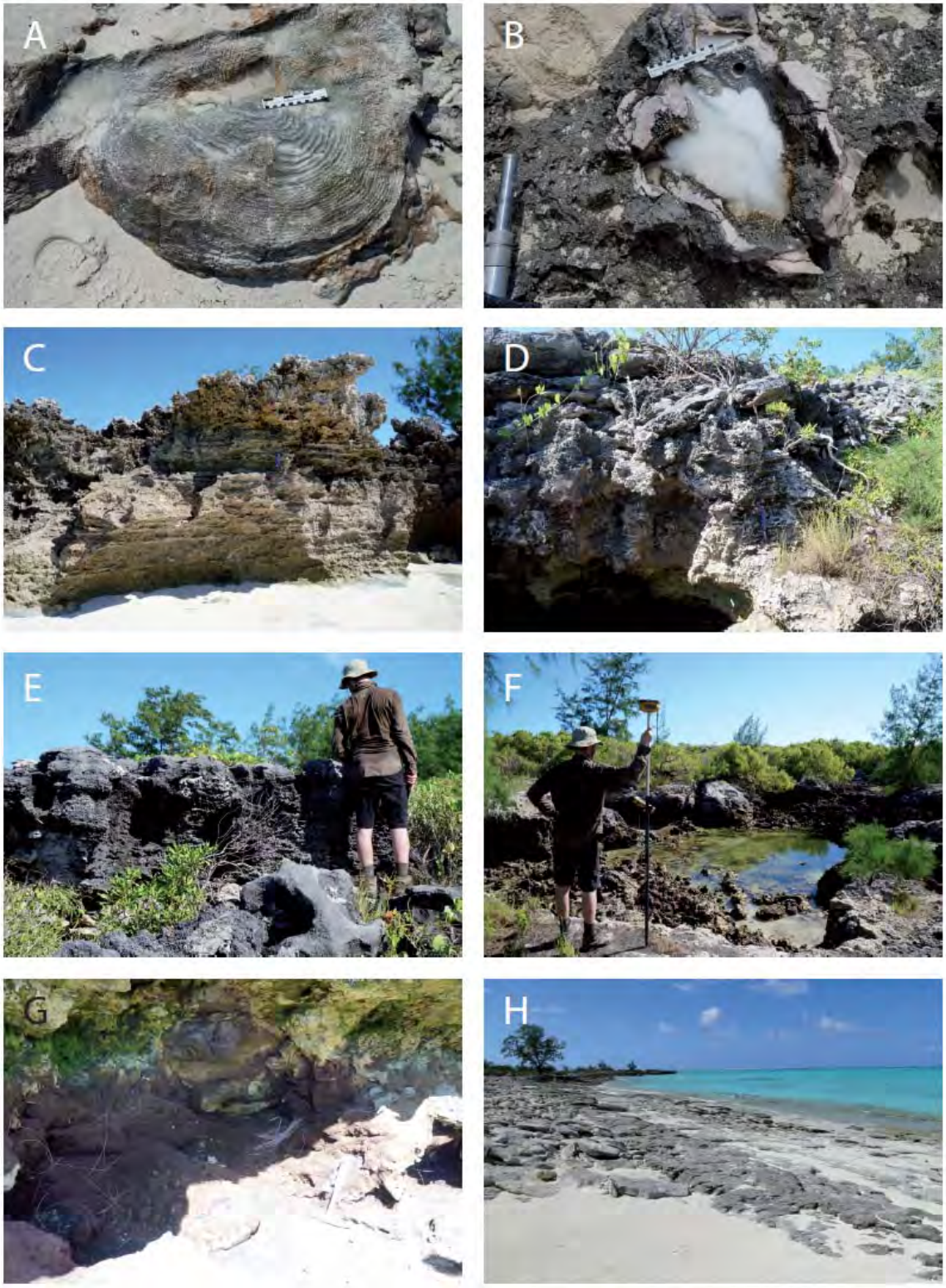


Planche: Observations de terrain à Juan de Nova. A : Porites échantillonné au toit de la dalle du MIS5e ; B : Tridacnia en position de vie échantillonné au toit du MIS5e ; C : Affleurement montrant les dépôts stratifiés interprétés comme des faciès de flanc du récif du MIS5e ; D : Illustration des faciès grainstones bioturbés qui remplissent les espaces inter-récifaux du MIS5e ; E : Dépôts de plage au toit du MIS5e ; F : Exemple de cavité karstique au nord de la piste bordant l'éperon rocheux de Juan de Nova ; Illustration d'un remplissage (argile rougeâtre) de karst et de la colonisation des parois par des algues ; F : Dalles de beachrock affleurantes à marée basse.

8. Annexe 8: Observations de terrain à Juan de Nova (suite).

Planche: Observations de terrain à Juan de Nova. A & B : Coraux Isopora palifera préservés au toit du MIS5e ; C : Illustration de la séquence sédimentaire du MIS5e ; la base de l'affleurement est représentée par des faciès grainstone organisés en strates. Au-dessus de la discontinuité D2, un petit récif à Isopora palifera colonise le substrat. Des dépôts de grainstones sont visibles sur les flancs de la bioconstruction ; D : Exemple de structures sédimentaires observées sur les faciès de flanc du récif du MIS5e.

9. Annexe 9: Rapport sur le traitement bathymétrie/réflectivité (C. Guerin)

REM-GM-CTDI

Ressources physiques et Ecosystèmes de fond de Mer

Géosciences Marines

Cartographie, Traitement de Données et Instrumentation

Auteur(s)

DIT.REM/GM/CTDI 20150415-CG01

Charline GUERIN

Campagne REEFCORES III

SMF EM 3002 – Acquisition et traitement

1. Introduction....4
2. Objectif de la mission....4
3. EM3002....5
3.1. Spécifications techniques....5
3.1.a. Spécifications générales....5
3.1.b. Spécifications émetteur....5
3.1.c. Spécifications récepteur....5
3.2. Plateforme SMF submersible....5
3.3. Installation de la perche....6
3.4. Système d'acquisition....8
4. Équipements associés à l'EM3002....11
4.1. Positionnement GPS ASHTECH Proflex 500....11
4.2. Plateforme SMF submersible....11
4.2.a. Centrale attitude IXSEA OCTANS Subsea....11
4.2.b. Célérimètre Valeport mini SVS....11
4.3. Sonde à main de mesure de célérité XBT Reson Navitronic system AS....11
5. Acquisition de l'EM3002....11
5.1. Paramètres d'acquisition....11
5.2. Offsets enregistrés dans le logiciel d'acquisition QUINSy....12
5.2.a. Offsets liés à la navigation....12
5.2.b. Offsets liés à la centrale d'attitude....12
5.2.c. Offsets liés au SMF....13
5.2.d. Schéma représentant les offsets....13
6. Levé EM3002....14
7. Célérité....18
7.1. Profils de célérité....18
7.2. Conversion des fichiers de célérité....19
8. Marées....19
9. Traitement des données de bathymétrie....19
9.1. Chaîne de traitement....19
9.2. Calibration....21
9.2.a. Tangage....21
9.2.b. Roulis....21
10. Exemples de résultats de bathymétrie....23
10.1. Zone des Glorieuses....23
10.2. Zone de Betsiboka....24
10.3. Zone de Melaky....26
10.4. Zone de Juan de Nova....27
11. Traitement des données de réflectivité....30
12. Exemples de résultats de la réflectivité....31
12.1. Zone des Glorieuses....31
12.2. Zone de Betsiboka....31
12.3. Zone de Melaky....33
12.4. Zone de Juan de Nova....34
13. Problèmes rencontrés....35
13.1. Problèmes liés au sondeur....35
13.2. Problèmes liés au traitement....36
14. Les limites du système....39
15. Sauvegarde et archivage des données....40
16. Conclusion....41
17. Annexes....42
17.1. Fichier de découpe des profils....42
17.2. Tableau de traitement....46
17.3. Écart entre le zéro hydrographique et le zéro IGN....48

Illustration 1: Schéma de la plateforme SMF submersible....6
Illustration 2: Système en position émergée....7
Illustration 3: Système en position immergée....8
Illustration 4: Poste d'acquisition du SMF....9
Illustration 5: Système de fonctionnement du SMF3002....10
Illustration 6: Diagramme représentant le système de l'EM3002....10
Illustration 7: Position du point "CoG"....12
Illustration 8: Offsets liés à la navigation....12
Illustration 9: Offsets liés à la centrale d'attitude....12
Illustration 10: Offsets liés au sondeur....13
Illustration 11: Schéma représentant les offsets intégrés dans QUINSy....14
Illustration 12: Plan de la navigation de la zone des Glorieuses....15
Illustration 13: Plan de la navigation de la zone de Betsiboka....16
Illustration 14: Plan de la navigation de la zone de Melaky....17
Illustration 15: Plan de la navigation de la zone de Juan de Nova....18
Illustration 16: Exécution du programme PYTON pour la conversion des fichiers .SVP....19
Illustration 17: Offsets enregistrés dans QUINSy....19
Illustration 18: Offsets enregistrés dans les .XTF (fenêtre de visualisation CARAIBES)....20
Illustration 19: Fenêtre de paramètres du module d'import Tem3002....20
Illustration 20: Profils de calibration en tangage....21
Illustration 21: Profils de calibration en roulis avant correction....22
Illustration 22: Profils de calibration en roulis après correction....22
Illustration 23: Zoom du levé bathymétrique de la zone Nord Est du lagon des Glorieuses....23
Illustration 24: Zoom du levé bathymétrique de la zone Nord Ouest du lagon des Glorieuses....24
Illustration 25: Zoom du levé bathymétrique de la zone Est de Betsiboka....24
Illustration 26: Zoom du levé bathymétrique sur un chenal sondé dans la zone de Betsiboka....25
Illustration 27: Zoom du levé bathymétrique au Nord Ouest de la zone de Melaky....26
Illustration 28: Zoom du levé bathymétrique dans le lagon de Juan de nova....27
Illustration 29: Zoom du levé bathymétrique au Sud Est du lagon de Juan de Nova....28
Illustration 30: Zoom du levé bathymétrique sur la zone Sud Ouest du lagon de Juan de Nova....29
Illustration 31: Zoom de la réflectivité sur la zone Sud Est du lagon des Glorieuses....31
Illustration 32: Zoom de la réflectivité sur la zone Sud Ouest de Betsiboka....32
Illustration 33: Zoom de la réflectivité sur la zone Nord Ouest de la zone Melaky....33
Illustration 34: Zoom de la réflectivité sur la zone Sud Ouest du lagon de Juan de Nova....34
Illustration 35: Visualisation des faisceaux défectueux....35
Illustration 36: Problème de détection du fond dès 80 mètres de profondeur (exemple profil 314c)....35
Illustration 37: Problème de détection sur les fortes pentes....36
Illustration 38: Problème de détection sur les faisceaux extérieurs....36
Illustration 39: Problème de visualisation des sondes profondes après correction de la marée A/ Avant correction B/ Après correction....37
Illustration 40: Problème d'affichage dans la vue de gauche du module Odicee....37
Illustration 41: Revalidation des sondes après passage dans le module Modcel....38
Illustration 42: Problème de graduation sur l'axe des abscisses dans le module Modcel....38
Illustration 43: Problème de lecture des fichiers .SNI....39
Illustration 44: Biais en X et en Z des profils de calibration....39
Illustration 45: Problème de superposition des structures....40
Illustration 46: Photo des participants à la mission REEFCORES III devant l'île de Juan de Nova....41

Tableau 1: Personnel embarqué....4
Tableau 2: Profils de célérité SVP acquis pendant la mission....18
Tableau 3: Références altimétriques maritimes (zéro hydrographique) pour Mayotte....48

1. Introduction

La campagne REEFCORES III s'intègre dans le projet REEFCORES (REEFs and CORals from the EparseS). Ce programme de recherche financé par le CNRS-INEE (2011-2014) propose de reconstituer les variations du niveau marin et les changements environnementaux et climatiques du Quaternaire terminal à nos jours à partir de l'étude de forages réalisés à travers les récifs des Glorieuses et d'Europa, de l'étude géomorphologique et de carottages de sédiments lagonaires et de colonies coralliennes actuelles.

Cette mission s'est déroulée dans le canal du Mozambique du 25 Mars au 12 Avril (embarquement à Diego Suarez, débarquement à Mayotte) sur un navire d'opportunité de 28m de long l'ANTSIVA. Cette embarcation est particulièrement adaptée pour les travaux petits fonds et pour les opérations de sismique (bruit du moteur très faible). L'ANTSIVA a opéré les équipements suivants :

- Sondeur Multifaisceaux EM3002 (Kongsberg)
- Bathycélérimètre SVP
- Chaîne de sismique HR Sparker (25-160J et 250-500J) monotrace et 6 traces
- Sonar STARFISH 452

Liste du personnel scientifique embarqué :

Personnel embarqué	Spécialité	Laboratoire
Gwenaël JOUET	Chef de mission – Traitement sismique	IFREMER – Brest (LES)
Stéphan JORRY	Acquisition sédiments et coraux	IFREMER – Brest (LES)
Pascal LEROY	Acquisition et traitement sismique	IUEM – UBO - Brest (LDO)
Christophe PRUNIER	Acquisition EM3002	IUEM – UBO - Brest (LDO)
Simon COURGEON	Traitement sismique	IFREMER – Brest (LES)
Axel EHRHOLD	Acquisition sédiment et GPS	IFREMER – Brest (LES)
Charline GUERIN	Traitement EM3002	IFREMER – Brest (CTDI)

Tableau 1: Personnel embarqué

Tout au long de la mission la météo a été clémente même si la houle s'est faite sentir les deux premiers jours d'acquisition sur la zone des Glorieuses et le dernier jour d'acquisition dans le lagon de Juan de Nova. Cette météo n'a pas altéré la qualité des données.

L'ensemble du projet est basé sur ellipsoïde WGS 84 et projeté en UTM 38 Sud.

2. Objectif de la mission

Le Nord du canal du Mozambique (Fig. 4) offre la possibilité unique de documenter l'impact de la variabilité climatique globale sur des zones de production sédimentaire très contrastées en raison de la variabilité naturelle des zones d'alimentation (bassins versants de Madagascar vs systèmes carbonatés récifaux des îles Éparses), de connaître les possibles interactions entre ces différentes sources de sédiments. Le couplage entre l'étude d'archives coralliennes et de séquences sédimentaires déposées sur les marges continentales adjacentes aux îles Éparses permet une approche intégrée terre-mer pour la reconstitution des changements globaux au cours du Quaternaire, et plus particulièrement de la dernière déglaciation, et leur impact sur l'édification et l'érosion des îles Éparses et le transfert des sédiments vers les bassins profonds (systèmes turbiditiques).

La mission Reefcores-3 propose de cartographier des systèmes carbonatés récifaux et les corps sédimentaires sableux associés (barrière corallienne, bancs sableux, replat de marée sableux, …) développés dans ces environnements récifaux et péri-récifaux. L'objectif premier consistera à comprendre et à quantifier la genèse de corps carbonatés sableux et bioconstruits dans les lagons actuels en lien avec la géométrie de la plateforme, le type de sédiment carbonaté, et les paramètres dynamiques (houle, marée, courants) qui influent sur la nature, la composition, la taille et l'orientation des corps sédimentaires. Le deuxième objectif devra permettre de comprendre et de quantifier le remplissage des lagons modernes qui s'est effectué au cours de la dernière remontée du niveau marin depuis 15000 ans. La réalisation de cartes morpho-sédimentaires d'analogues actuels permettra par la suite d'améliorer l'interprétation sédimentaire des carbonates fossiles et de mieux prendre en compte leur hétérogénéité réservoir (en concertation avec la thèse Ifremer-Total de S. Prat 2012-2015).

La mission REEFCORES-3 propose ainsi d'acquérir des données de bathymétrie/sonar et de sismique par petits- fonds (30 à 150 mètres) dans le but de cartographier les morphologies d'anciennes couronnes récifales aujourd'hui ennoyées, de quantifier l'accumulation de sédiments dans les lagons lors du ré-ennoiement des îles et des plateaux pendant la dernière remontée du niveau marin. Un complément de prélèvements sédimentaires grâce à une benne permettra de calibrer la nature des sables carbonatés formant ces corps sédimentaires de lagon. Ces données serviront par la suite à déterminer l'emplacement des futurs forages ("site survey") à travers les récifs des Glorieuses et de Melaky.

3. EM3002

3.1. Spécifications techniques

3.1.a. Spécifications générales

• **Frequency:** 293, 300 or 307 kHz
• **Maximum ping rate:** 40 Hz
• **Number of beams per ping and sonar head:** 160
• **Number of soundings per ping and sonar head:** max 254
• **Beamwidth:** 1.5° x 1.5°
• **Beam spacing:** Equidistant or equiangular
• **Coverage sector:** 130° per sonar head
• **Transmit beam steering:** ± 15° in 0.5° steps alongtrack
• **Depth resolution:** 1 cm
• **Pulse length:** 50, 100, 150, 200 and 400 µs
• **Range sampling rate:** 14, 14.3 or 14.6 kHz (5 cm)
• **Beamforming method:** Time delay with dynamic focusing in near-field.
• **Depth range from Sonar Head:** <1 m to > 200 m (depending upon conditions)
• **Maximum swath width:** > 200 m (depending upon conditions)
• **Depth accuracy:** better than 5 cm RMS (excluding external sensors)
• **Data storage rate:** 150 to 1000 MB/h (max at about 5-10 m depth) and 1000 to 2000 MB/h for water column data option.

Frequencies of 293 and 307 kHz are normally used in dual Sonar Head systems.
Receive beamwidth is inversely proportional with the cosine of the beam pointing angle with respect to the Sonar Head (i.e. beamwidth is 2.1° at ±45° beam pointing angle and 3.0° at ±60°).

3.1.b. Spécifications émetteur

• **Alongtrack beamwidth:** 1.5° (4° in nearfield mode)
• **Number of elements in array:** 56
• **Source level:** 214 dB/µPa at 1 meter
• **Sidelobes:** < -22 dB

3.1.c. Spécifications récepteur

• **Alongtrack beamwidth:** 30° (usable to 45°)
• **Sidelobes:** < -20 dB
• **Number of elements in array:** 80 x 3
• **ADC resolution:** 12 bits

3.2. Plateforme SMF submersible

Le sondeur EM3002 est fixé sur une plateforme en alu muni d'un axe vertical sur lequel viendra se fixer la perche mobile. Sur la plateforme est également fixé une centrale d'attitude et une sonde de célérité de surface (mini SVS) comme l'illustre la figure suivante :

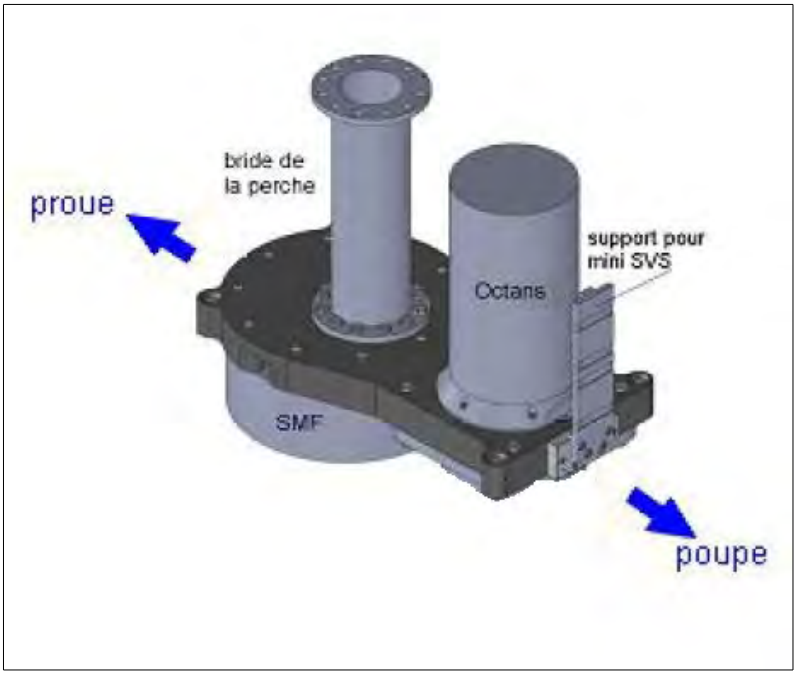


Illustration 1: Schéma de la plateforme SMF submersible

3.3. Installation de la perche

La perche permet de plonger le sondeur dans l'eau pendant l'acquisition et de le sortir de l'eau lorsque l'ancre est mouillée ou lors des transits. Cette perche est maintenu en permanence par une drisse de génoix et pivote le long d'un axe horizontal fixé à l'avant du bateau.

Afin de limiter les vibrations de la perche en position basse lors de la navigation, celle ci est fixée en deux points. Premièrement sur la plage avant au niveau de l'axe de rotation avec deux sangles et deuxièmement quasiment au niveau de l'eau où la perche vient buter contre un sabot soudé sur la coque du navire. A cette endroit un axe métallique amovible vient fixer la perche au sabot.
Afin de limiter les vibrations de la perche en position basse lors de la navigation, celle ci est fixée en deux points. Premièrement sur la plage avant au niveau de l'axe de rotation avec deux sangles et deuxièmement quasiment au niveau de l'eau où la perche vient buter contre un sabot soudé sur la coque du navire. A cette endroit un axe métallique amovible vient fixer la perche au sabot.
Afin de limiter les vibrations de la perche en position basse lors de la navigation, celle ci est fixée en deux points. Premièrement sur la plage avant au niveau de l'axe de rotation avec deux sangles et deuxièmement quasiment au niveau de l'eau où la perche vient buter contre un sabot soudé sur la coque du navire. A cette endroit un axe métallique amovible vient fixer la perche au sabot.

Afin de limiter les vibrations de la perche en position basse lors de la navigation, celle ci est fixée en deux points. Premièrement sur la plage avant au niveau de l'axe de rotation avec deux sangles et deuxièmement quasiment au niveau de l'eau où la perche vient buter contre un sabot soudé sur la coque du navire. A cette endroit un axe métallique amovible vient fixer la perche au sabot.

Les figures suivantes illustrent le système en position émergé et immergé :

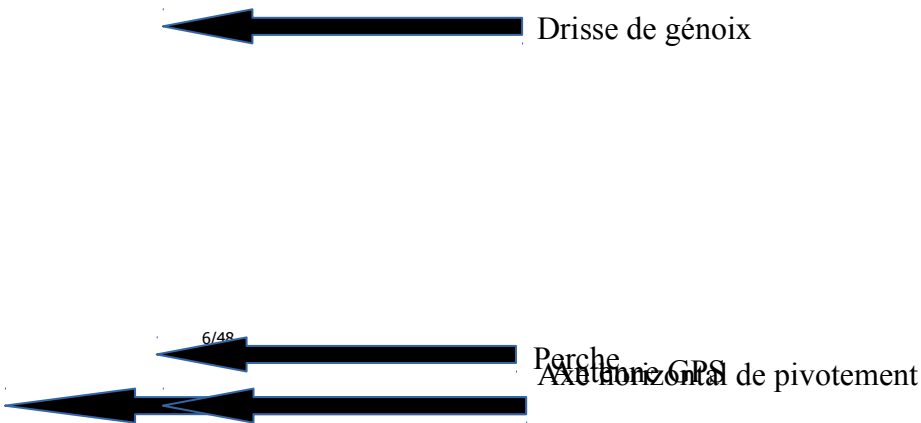


Illustration 2: Système en position émergée

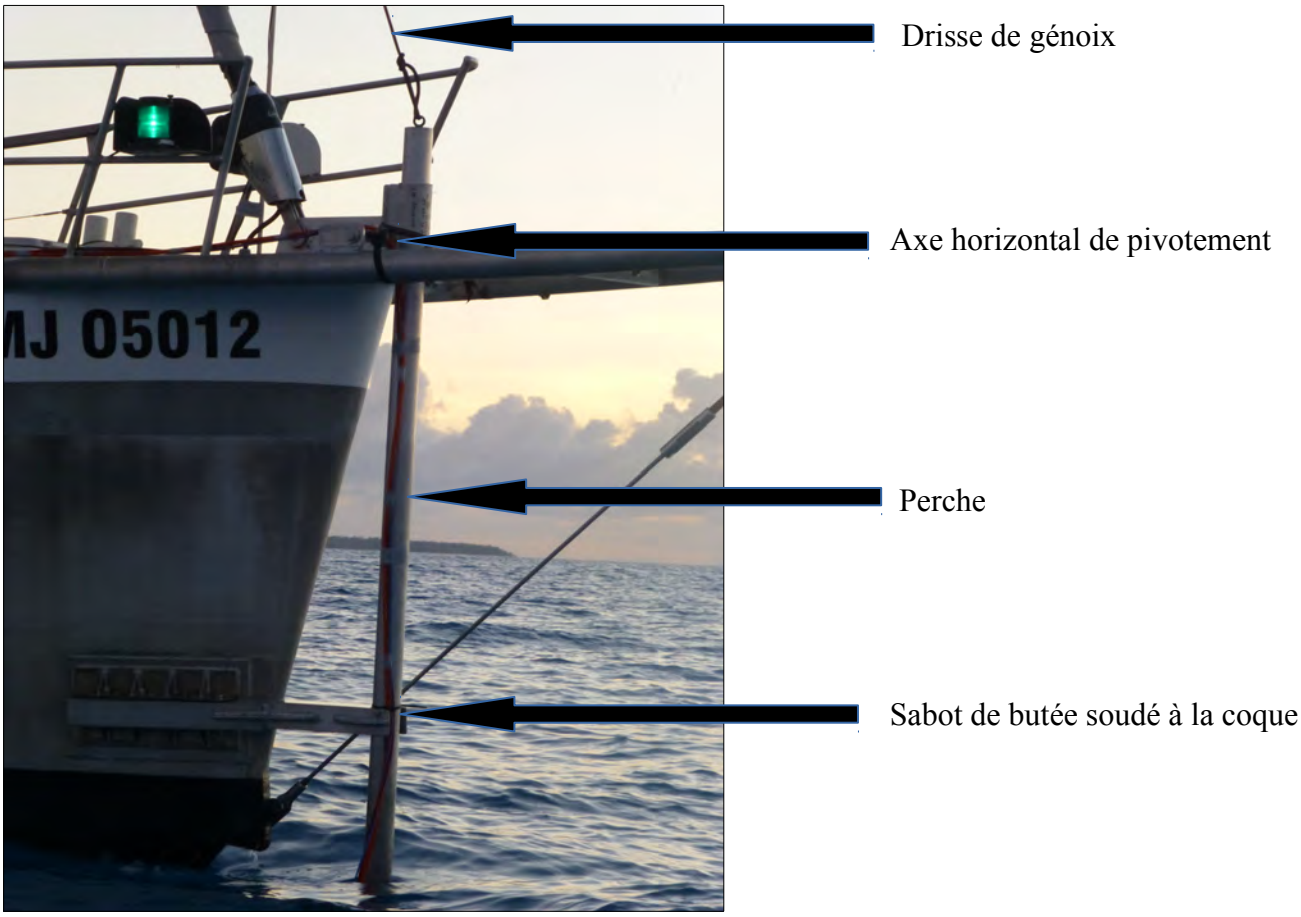


Illustration 3: Système en position immergée

3.4. Système d'acquisition

L'ensemble du système d'acquisition est installé dans la cabine avant du bateau avec de gauche à droite sur la figure suivante le PC d'acquisition du SMF, le boîtier d'acquisition du GPS, le petit PC portable d'archivage et de contrôle du GPS et le PC portable de commande du système d'acquisition avec le logiciel QINSy. Un écran répétiteur du PC de suivi de navigation pour le suivi des profils est également installé au poste de barre.

Illustration 4: Poste d'acquisition du SMF

Le système d'acquisition peut être schématisé comme suit :

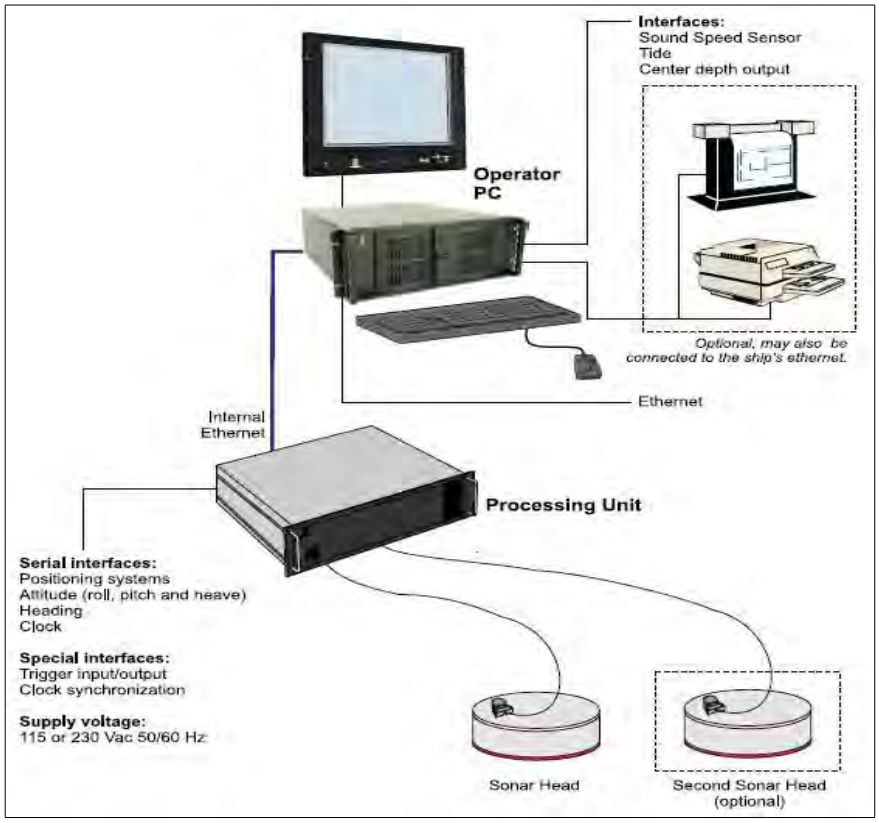


Illustration 5: Système de fonctionnement du SMF3002

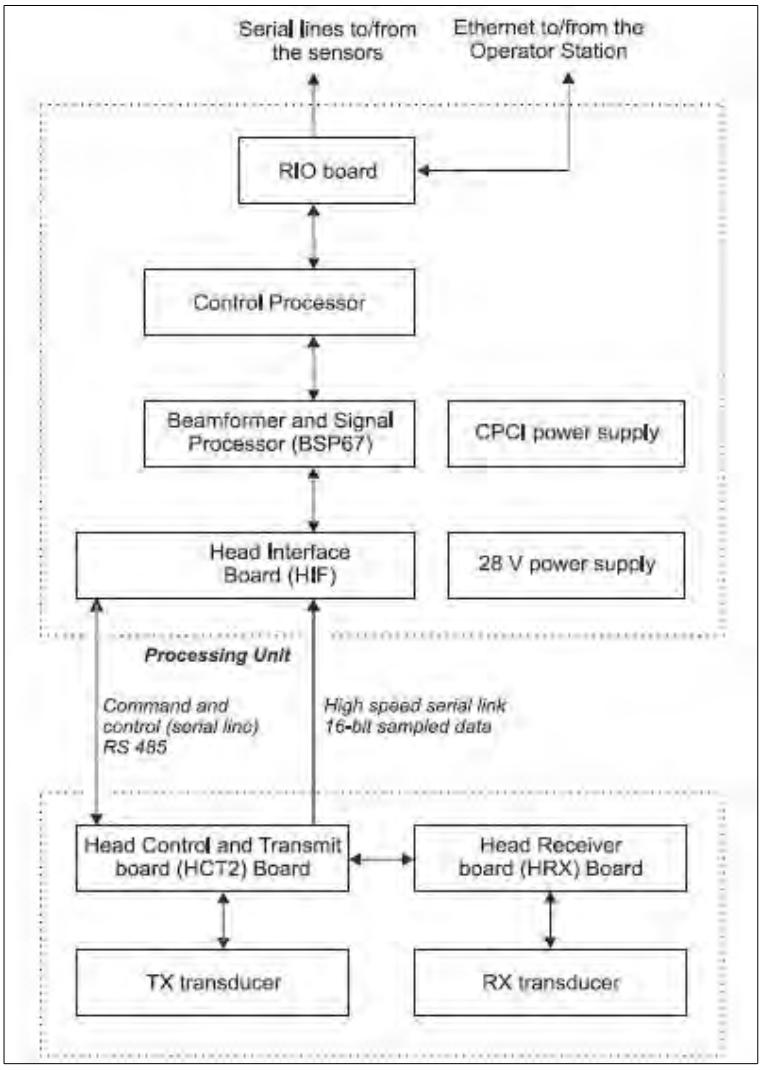


Illustration 6: Diagramme représentant le système de l'EM3002

4. Équipements associés à l'EM3002

4.1. Positionnement GPS ASHTECH Proflex 500

Le système de positionnement est constitué d'un récepteur GPS (Global Positioning System) bifréquences (L1/L2) PROFLEX 500 fabriqué par ASHTECH. Les précisions (pour l'intervalle de confiance 95 %) sont de 1 cm + 1 ppm horizontalement et le double verticalement. Les positions du navire sont établies dans le système de géodésie mondial WGS84 puis transformées en coordonnées planes UTM 38°S par le logiciel d'acquisition.

L'antenne GPS est fixée contre les bastingages à l'avant du bateau.

4.2. Plateforme SMF submersible

4.2.a. Centrale attitude IXSEA OCTANS Subsea

Une centrale d'attitude OCTANS Subsea fabriquée par iXSea est utilisée pour compenser les mouvements et fournir le cap du navire. Les données de roulis et tangage sont fournies avec une résolution et une précision de respectivement 0.001° et 0.01° et la valeur du pilonnement est donnée avec une précision de 5 cm ou 5 %, celle qui est la plus importante. Les gyrocompas établissent le cap vrai avec une résolution de 0.01° et une précision de 0.1/cos (latitude)°. Le temps d'établissement pour la précision maximale en conditions dynamiques est de 5 min.

4.2.b. Célérimètre Valeport mini SVS

Ce célérimètre permet de mesurer en permanence la célérité de surface.

4.3. Sonde à main de mesure de célérité XBT Reson Navitronic system AS

Grâce à la géométrie cylindrique de l'antenne de réception, la donnée de célérité de coque n'est pas utile pour la formation de voies. Afin de mesurer la vitesse de propagation du son dans l'eau sur un profil complet on utilise la sonde de célérité SVP 15 manufacturée par RESON. La précision théorique de mesure de la profondeur est de 0.10 m + 0.2% de la profondeur nominale et l'on effectue une mesure tous les 50 cm. La célérité est déterminée avec une précision de 0.25 m/s et une résolution de 0.1 m/s sur l'intervalle 1350-1600 m/s.

5. Acquisition de l'EM3002

Le logiciel d'acquisition QINSy (Quality Integrated Navigation System) développé par QPS permet d'intégrer et de synchroniser les données du sondeur et des capteurs annexes en temps réel au cours du levé.
Avant la campagne, la procédure de calibration du sondeur (Patch Test) a été réalisée pour déterminer les angles de montage (en roulis, tangage et lacet) entre le sondeur multifaisceaux et la centrale d'attitude. Le signal PPS (Pulse Per Second) du GPS est utilisé pour fixer une base de temps commune à tous les capteurs. Les logiciels Waypoint (GrafNet / GrafNav) seront utilisés pour les post-traitements GPS.

Le format de fichier natif en sortie de QUINSy est .QPD. En parallèle un format .XTF est enregistré ; c'est celui ci qui sera utilisé pour le traitement des données.

5.1. Paramètres d'acquisition

Les paramètres d'acquisition renseignés dans QUINSy sont les suivants :

- Raw data packets (raw record) : Pour que les .XTF puissent être importés dans CARAIBES
- Raw snippets data « enable » et mode « 48 » sélectionné : pour enregistrer les données de réflectivité
- Head Port Angle/ Heah Starbord Angle : 65°/ 65°
- Angular coverage : auto (détermine automatiquement la couverture à partir du secteur angulaire défini, maximum Port/ Starbord)
- Beam spacing : 4 ping par seconde
- Beam width : normal

- Detector mode : Normal
- Slope filter : on
- Pas de colonne d'eau enregistrée

5.2. Offsets enregistrés dans le logiciel d'acquisition QUINSy

Toutes les mesures d'offsets sont réalisées par rapport au point « CoG » situé sur la plateforme SMF à la base de l'axe sur lequel viendra se fixer la perche comme le montre la figure suivante :

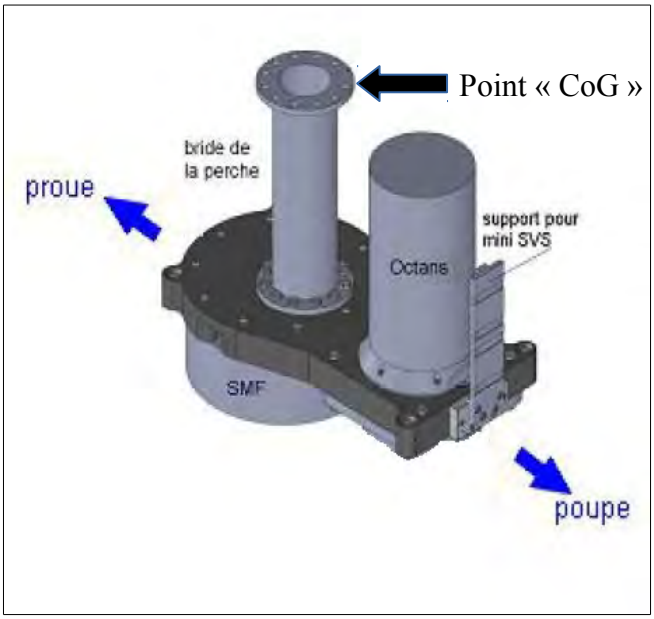


Illustration 7: Position du point "CoG"

5.2.a. Offsets liés à la navigation

L'antenne GPS est fixée contre les bastingages à l'avant du bateau. Les offsets de position du GPS par rapport au oint « CoG » ont été mesurés à la main à l'aide d'un mètre ruban. Ils sont enregistrés dans QUINSy comme suit :

Node: ANT_GPS	
Object location:	ANTSIVA
Nom du Noeud:	ANT_GPS
X (Tribord = Positif)::	-0.680 m
Y (Proue = Positif)::	-1.060 m
Z (Haut = Positif)::	4.620 m
Ecart-type estimé:	0.020 m

Illustration 8: Offsets liés à la navigation

5.2.b. Offsets liés à la centrale d'attitude

La centrale d'attitude est positionnée avec un léger décalage par rapport au point « CoG » sur la plateforme. Les offsets enregistrés sont les suivants :

Node: OCTANS	
Object location:	ANTSIVA
Nom du Noeud:	OCTANS
X (Tribord = Positif)::	0.000 m
Y (Proue = Positif)::	-0.220 m
Z (Haut = Positif)::	-0.325 m
Ecart-type estimé:	0.020 m

Illustration 9: Offsets liés à la centrale d'attitude

5.2.c. Offsets liés au SMF

Le SMF est également décalé en Z par rapport au point « CoG », l'offset intégré dans QUINSy est le suivant:

Node: EM3002	
Object location:	ANTSIVA
Nom du Noeud:	EM3002
X (Tribord = Positif)::	0.000 m
Y (Proue = Positif)::	0.000 m
Z (Haut = Positif)::	-0.610 m
Ecart-type estimé:	0.020 m

Illustration 10: Offsets liés au sondeur

5.2.d. Schéma représentant les offsets

La figure suivante permet de visualiser les offsets intégrés dans QUINSy.

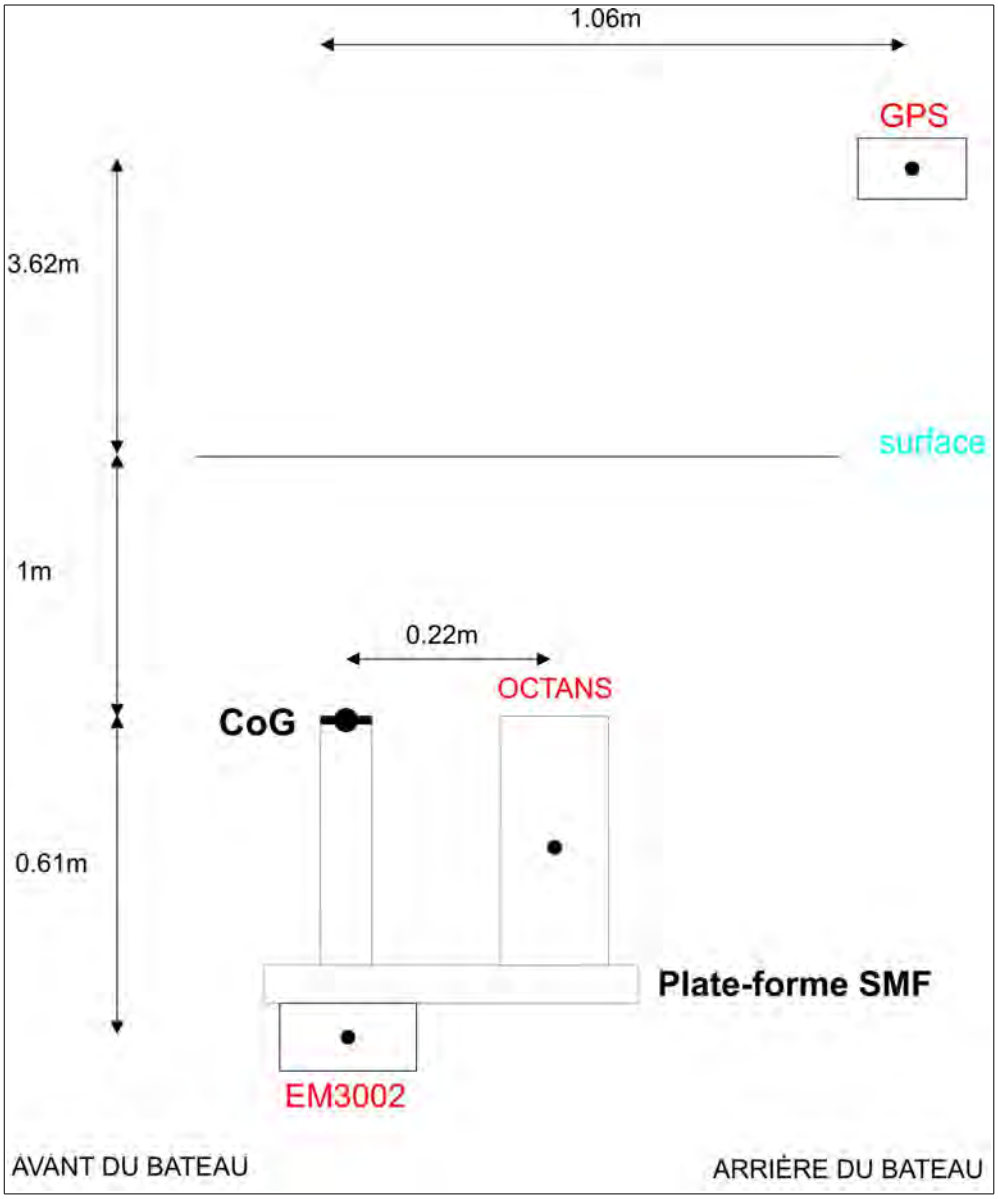


Illustration 11: Schéma représentant les offsets intégrés dans QUINSy

6. Levé EM3002

Lors de cette campagne une couverture sur des zones cibles (bancs sableux des Glorieuses, récifs frangeants de Juan de Nova, …) a été réalisé. Une couverture plus large mais régulière sur l'ensemble des lagons et des plateformes continentales a également été faite.

L'acquisition s'est effectuée de manière générale entre 7h30 et 17h30 à une vitesse comprise entre 4 et 5 nœuds.

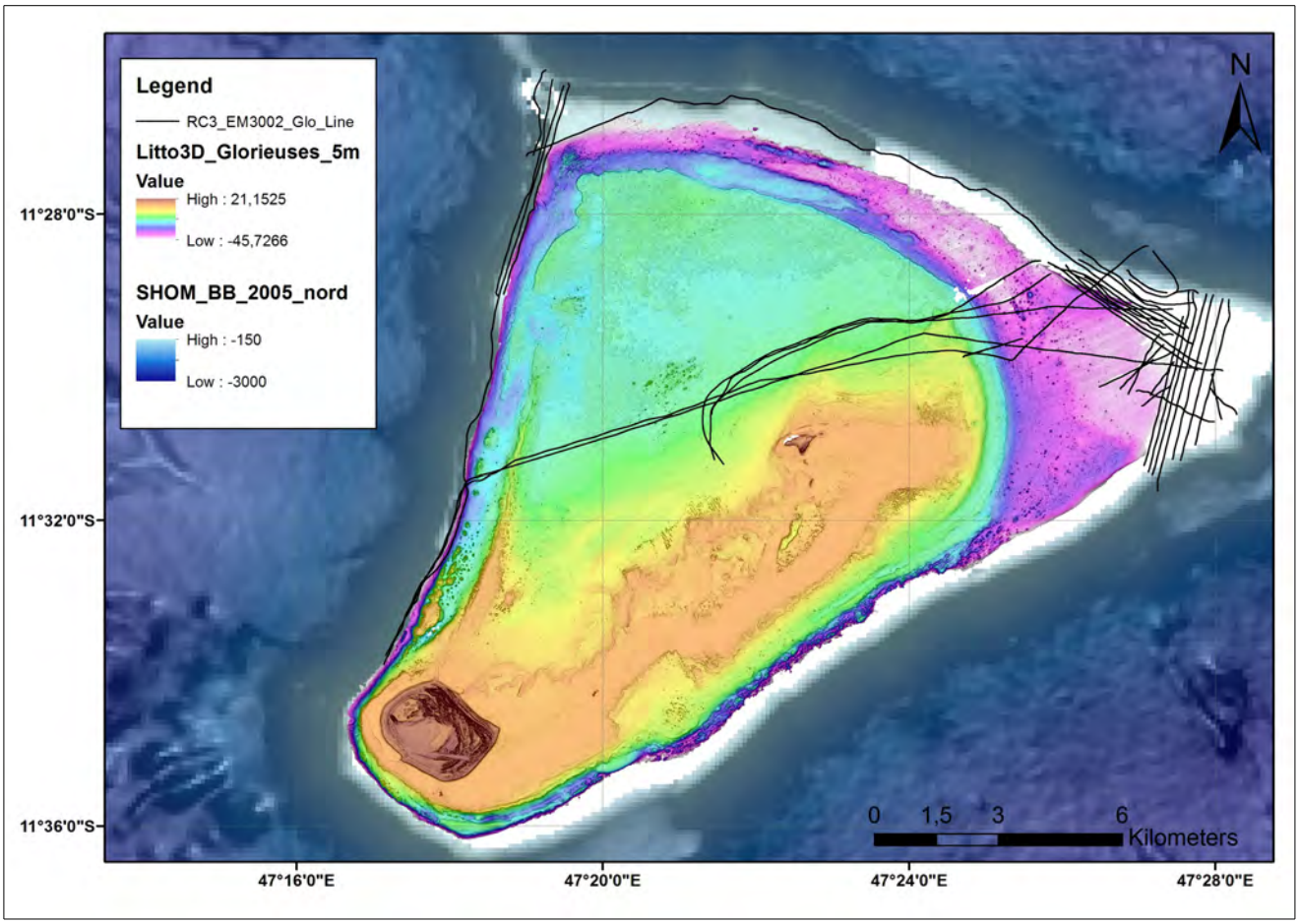


Illustration 12: Plan de la navigation de la zone des Glorieuses

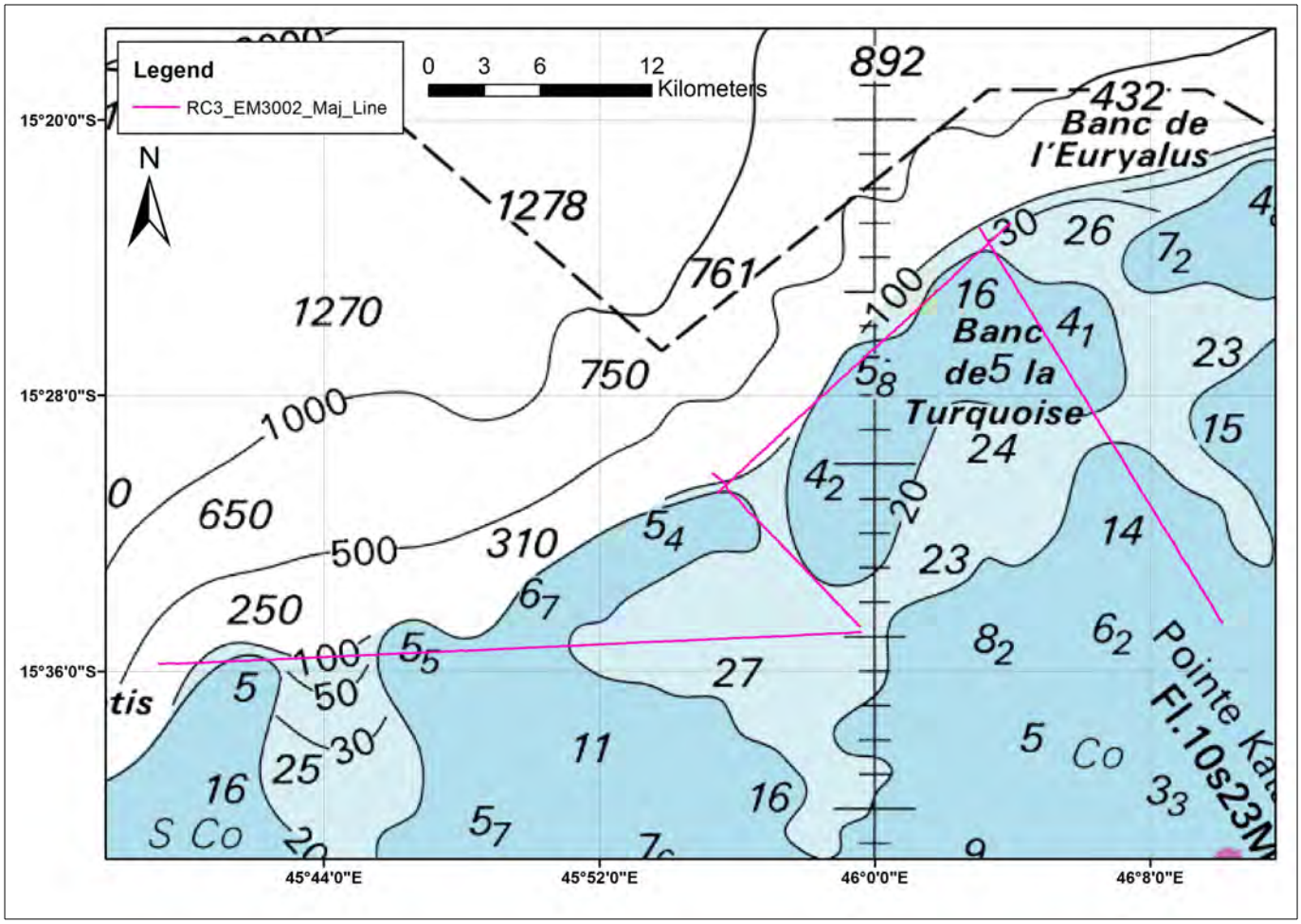


Illustration 13: Plan de la navigation de la zone de Betsiboka

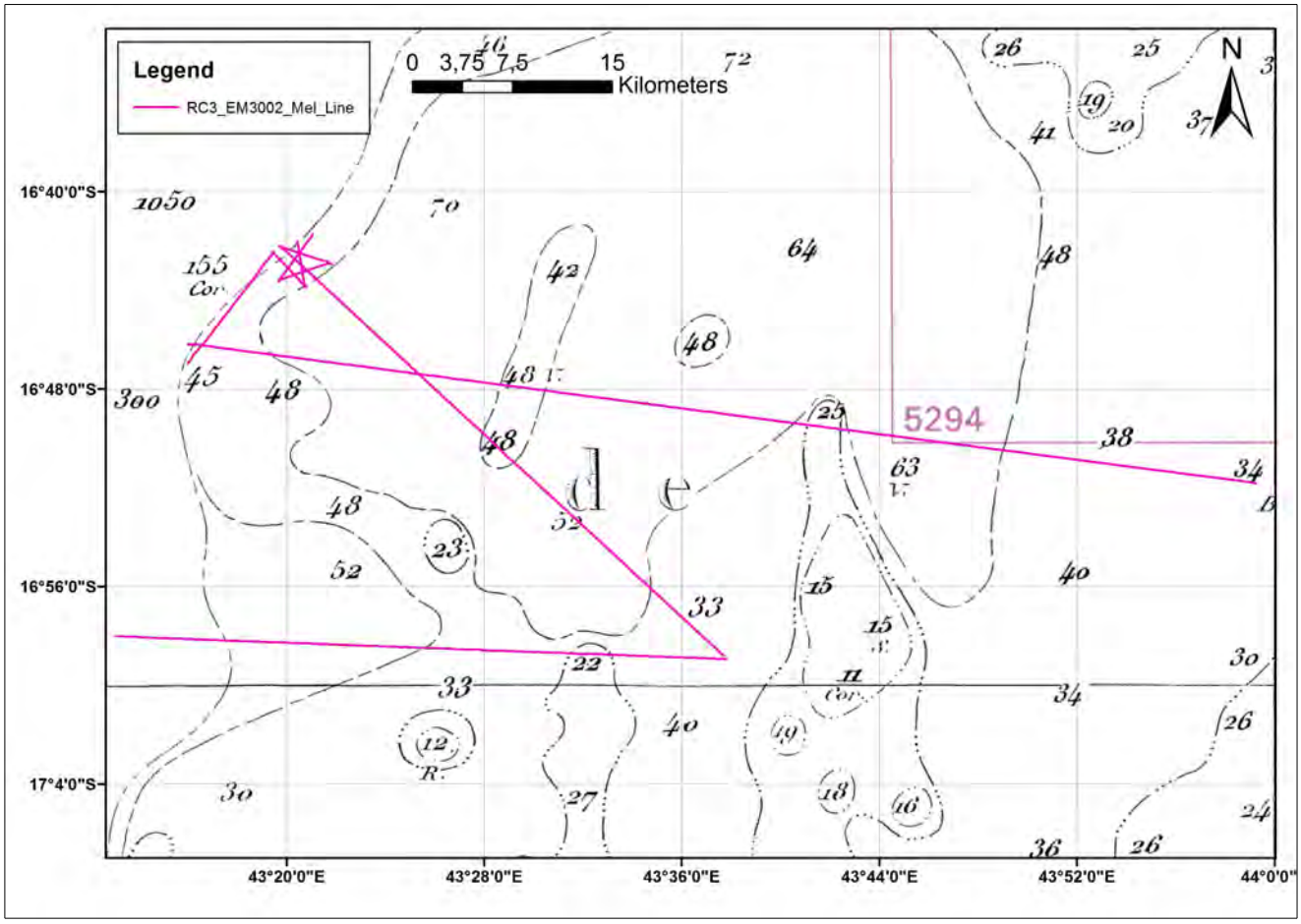


Illustration 14: Plan de la navigation de la zone de Melaky

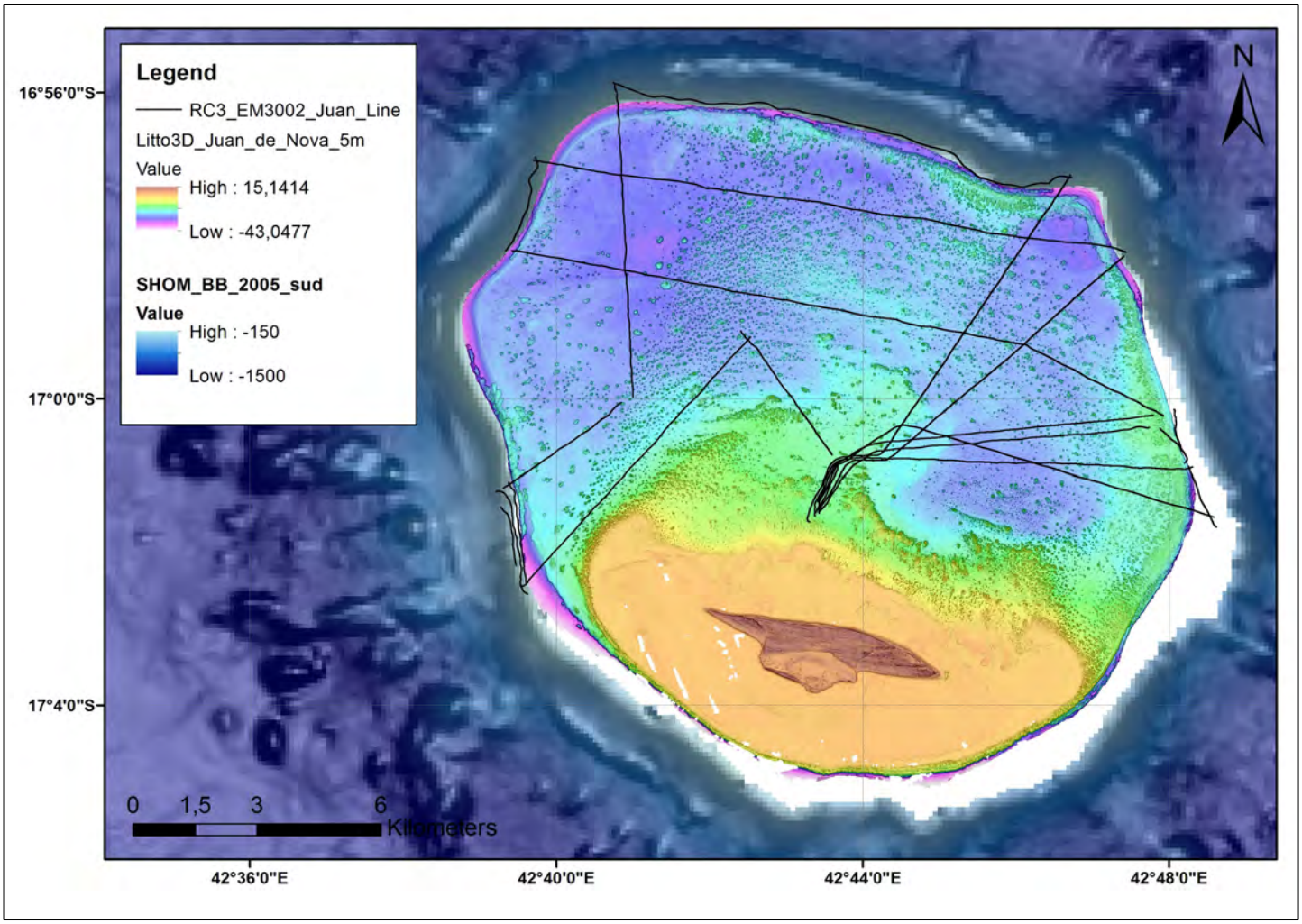


Illustration 15: Plan de la navigation de la zone de Juan de Nova

7. Célérité

7.1. Profils de célérité

Des profils de célérité SVP ont été réparti sur l'ensemble des zones d'étude comme le montre le tableau suivant :

N°	Date	Heure (TU)	Lat (DMD)	Lon (DMD)	Zone
SVP_20150327_1730	27/03/15	17h30	11°29.703 S	47°25.166 E	Glorieuses
SVP_20150328_1108	28/03/15	11h08	11°28.804 S	47°27.398 E	Glorieuses
SVP_20150329_1305	29/03/15	13h00	11°29.966 S	47°28.120 E	Glorieuses
SVP_20150204_1845	02/04/15	18h45	15°22.320 S	46°04.810 E	Betsiboka
SVP_20150404_1155	04/04/15	11h55	16°51.939 S	43°59.446 E	Melaky
SVP_20150404_2350	04/04/15	23h45	16°42.453 S	43°19.491 E	Melaki
SVP_20150407_0415	07/04/15	04h15	17°01.616 S	42°43.464 E	Juan
SVP_20150408_1211	08/04/15	12h11	17°00.231 S	42°47.972 E	Juan

Tableau 2: Profils de célérité SVP acquis pendant la mission

7.2. Conversion des fichiers de célérité

La sonde de célérité fourni des fichiers au format .LOG. Pour être exploité avec CARAIBES il faut les convertir au format .XSV à l'aide d'un programme développé sous PYTON.

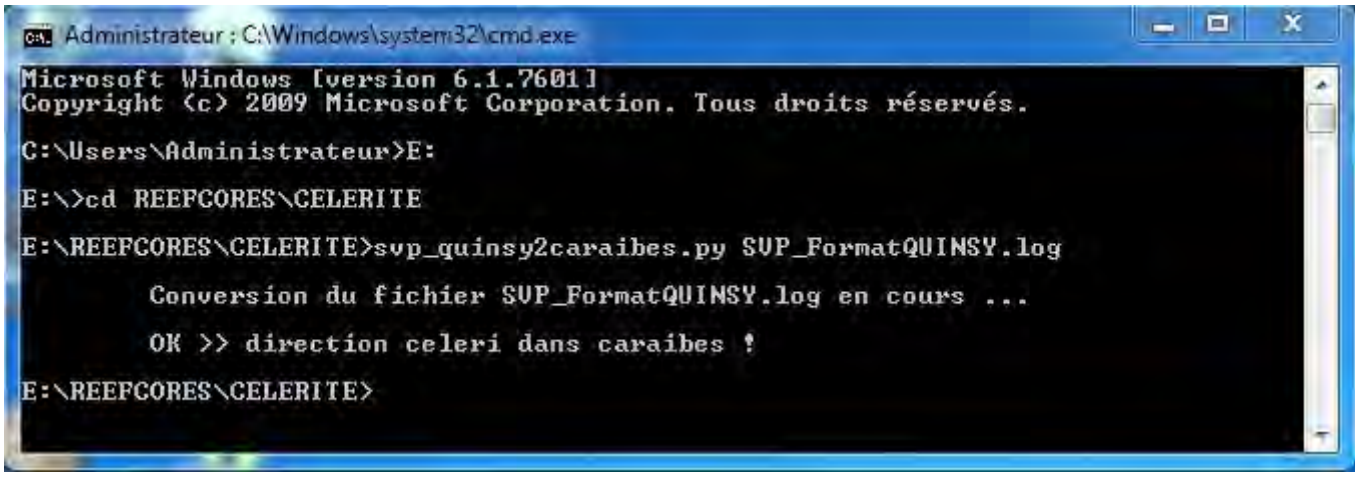


Illustration 16: Exécution du programme PYTON pour la conversion des fichiers .SVP

Une fois les fichiers .SVP obtenu, le module « Celeri » de CARAIBES est exécuté pour obtenir un profil de célérité au format CARAIBES .VEL.

8. Marées

Les marées dans cette partie du canal du Mozambique sont de type semi-diurne avec un marnage de 3 mètres maximum. Un point de prédiction de marées a été commandé auprès du SHOM pour chaque zone d 'étude :

- Glorieuses : 11°29.94S 47°27.78E
- Betsiboka : 15°29.46S 46°09.49
- Melaky : 16°51.43S 43°38.30E
- Juan de Nova : 16°59.57S 42°44.50E
- Mayotte : 12°38.48S 45°10.98E

9. Traitement des données de bathymétrie

Le traitement des données de bathymétrie a été réalisé avec le logiciel CARAIBES V4.3. Tous les traitements appliqués sont renseignés dans un tableau visible en annexe.

9.1. Chaîne de traitement

- Import des fichiers .XTF en sortie de QUINSy : **module Tem3002** (Import SIMRAD)

Les figures suivantes montrent que les offsets enregistrés dans le logiciel d'acquisition QUINSy et ceux visible dans les fichiers .XTF sont identiques excepté la valeur Y pour le GPS. Les signes sont parfois différents mais sont cohérents avec les conventions des deux logiciels.

Node: ANT_GPS		Node: OCTANS		Node: EM3002	
Object location:	ANTSIVA	Object location:	ANTSIVA	Object location:	ANTSIVA
Nom du Noeud:	ANT_GPS	Nom du Noeud:	OCTANS	Nom du Noeud:	EM3002
X (Tribord = Positif):	-0.680 m	X (Tribord = Positif):	0.000 m	X (Tribord = Positif):	0.000 m
Y (Proue = Positif):	-1.060 m	Y (Proue = Positif):	-0.220 m	Y (Proue = Positif):	0.000 m
Z (Haut = Positif):	4.620 m	Z (Haut = Positif):	-0.325 m	Z (Haut = Positif):	-0.610 m
Ecart-type estimé:	0.020 m	Ecart-type estimé:	0.020 m	Ecart-type estimé:	0.020 m

Illustration 17: Offsets enregistrés dans QUINSy

```
Type de systeme :
Nombre de voies SONAR   : 0
Nombre de voies SONDEUR : 1
Offsets navigation (x, y, z)  :  -0.68 m. ,   0.00 m.,  -4.62 m.
Offsets attitude   (x, y, z)  :   0.00 m. ,  -0.22 m.,   0.32 m.
Offsets sondeur voie numero   : 0
      - x, y, z               :   0.00 m. ,   0.00 m.,   0.61 m.
      - cap, roulis, tangage  :   0.00 d. ,   0.00 d.,   0.00 d.
```

Illustration 18: Offsets enregistrés dans les .XTF (fenêtre de visualisation CARAIBES)

La valeur Y de la position du GPS est donc renseignée dans l'onglet des paramètres navire/ engin dans le module d'importation Tem3002 comme le montre la figure suivante. Suite aux profils de calibration (cf chapitre 9.2), un biais de 0,1° sur bâbord a été également renseigné.

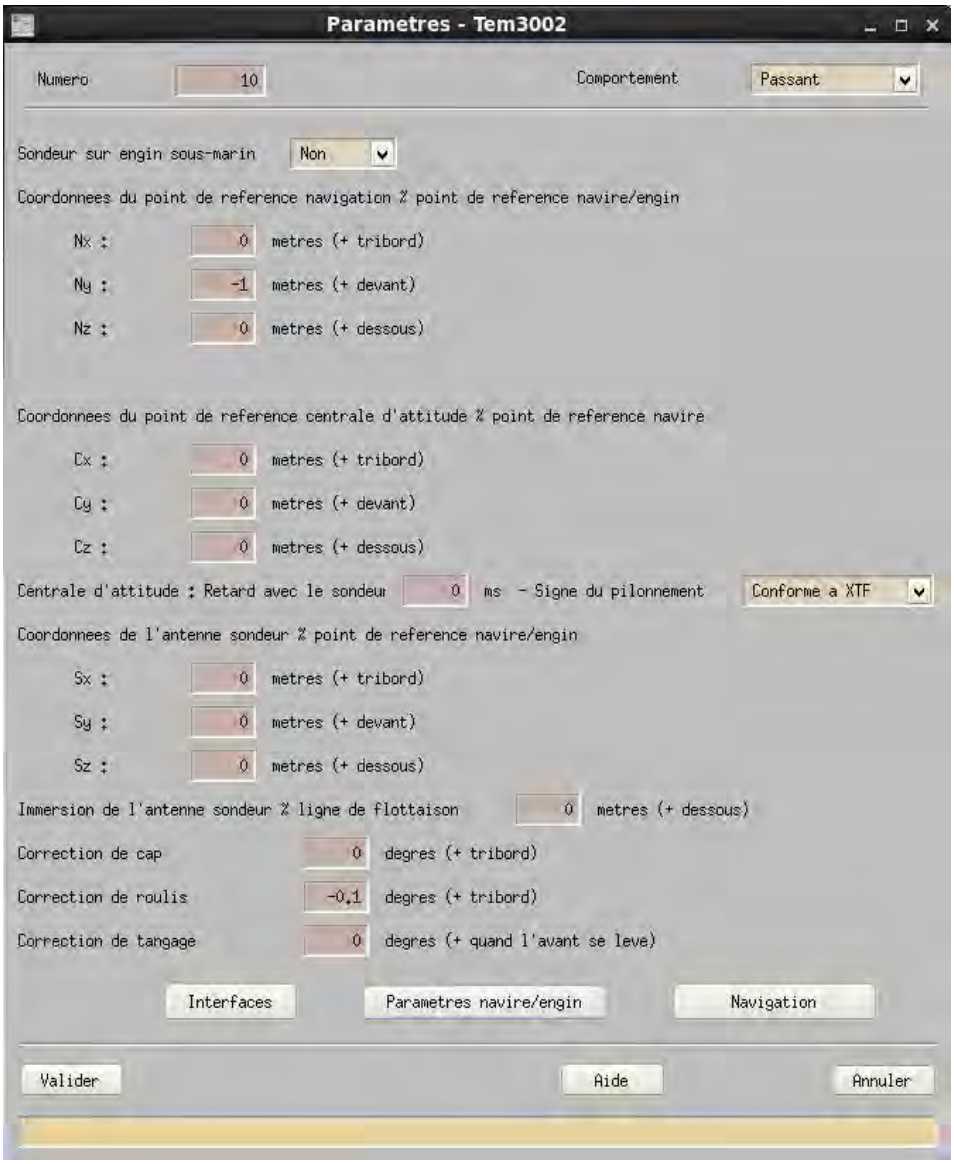


Illustration 19: Fenêtre de paramètres du module d'import Tem3002

- Génération des profils de bathymétrie : **module Fusmbg** (Bathymétrie) et de navigation : **module Fusnav** (Navigation)

Après avoir visualisé la navigation avec le module Ananav et fait les fichiers de découpe associés aux profils, les modules Fusmbg et Fusnav sont utilisés pour générer les profils de bathymétrie et de navigation.

- Invalidation de faisceaux : **module Flagmbb** (Bathymétrie)

Le module Flagmbb est utilisé pour filtrer les faisceaux qui ne détectent pas bien le fond. Pendant cette campagne les faisceaux 241 à 258 ont été invalidés automatiquement.

- Épuration manuelle des sondes : **module ODICEE** (Bathymétrie)

Le module de filtration automatique Fiiltri ne fonctionne sur ces données car la densité de points est trop importante. L'épuration des sondes s'est faite exclusivement de manière manuelle avec le module Odicee.

- Correction de marées : **module COSIMA** (Marées)

Les données ont été corrigées avec les fichiers de prédictions de marées commandés au SHOM sur chaque zone étudiée.

- Maillage des données de bathymétrie : **module MAILLA** (Bathymétrie)

Les données sont maillées à la résolution la plus fine dans le but d'obtenir le plus de détail possible même si des artefacts persistes.

- Contrôle et visualisation des données : **module VISU3D** (VisuBathy)

Les données sont contrôlées via le module de visualisation 3D pour vérifier qu'il ne persiste pas d'artefacts. Des captures d'écran sont réalisées avec un ombrage adapté pour illustrer les différents rapports.

- Exportation des données de bathymétrie : **module MNTasc** et de navigation : **module NavExp** (Exportation)

Les données sont exportées au format arcgis (.flt, .hdr) et xyz (.txt).

9.2. Calibration

9.2.a. Tangage

Au vu de l'échelle de la figure suivante (20m en abscisse et 10cm en ordonné), il ne semble pas y avoir de biais de tangage suffisamment marqué pour devoir le corriger.

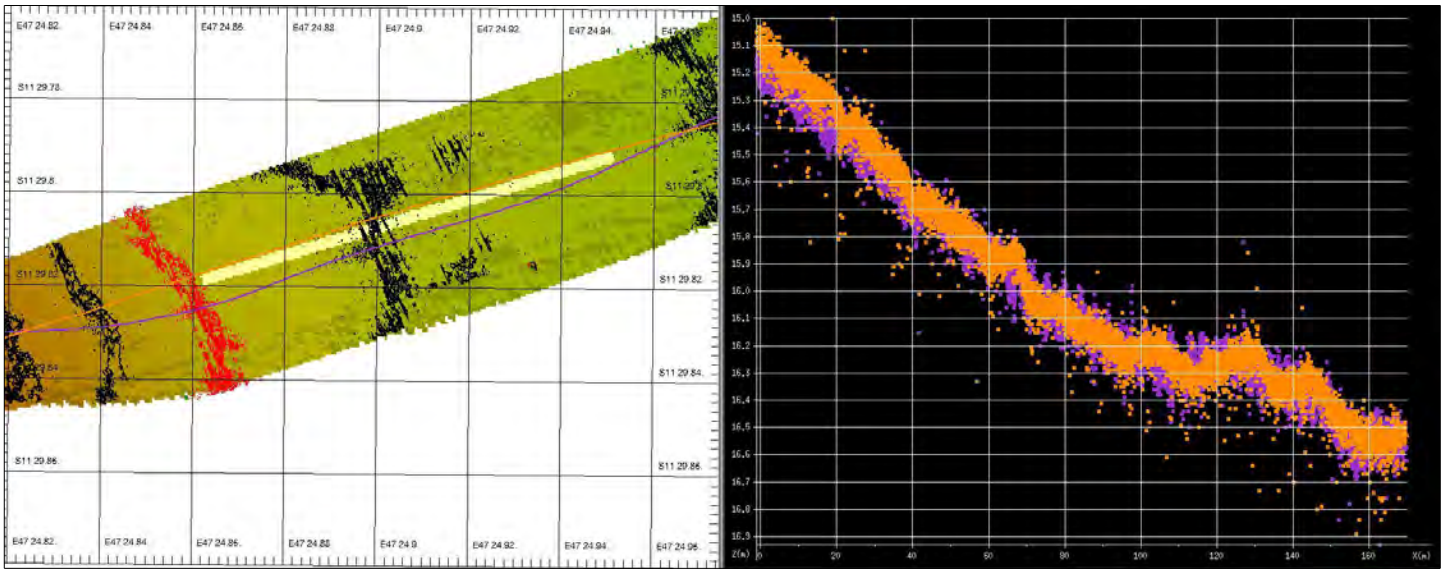


Illustration 20: Profils de calibration en tangage

9.2.b. Roulis

Les figures suivantes montrent qu'il existe un biais de roulis de 0,1° sur bâbord.

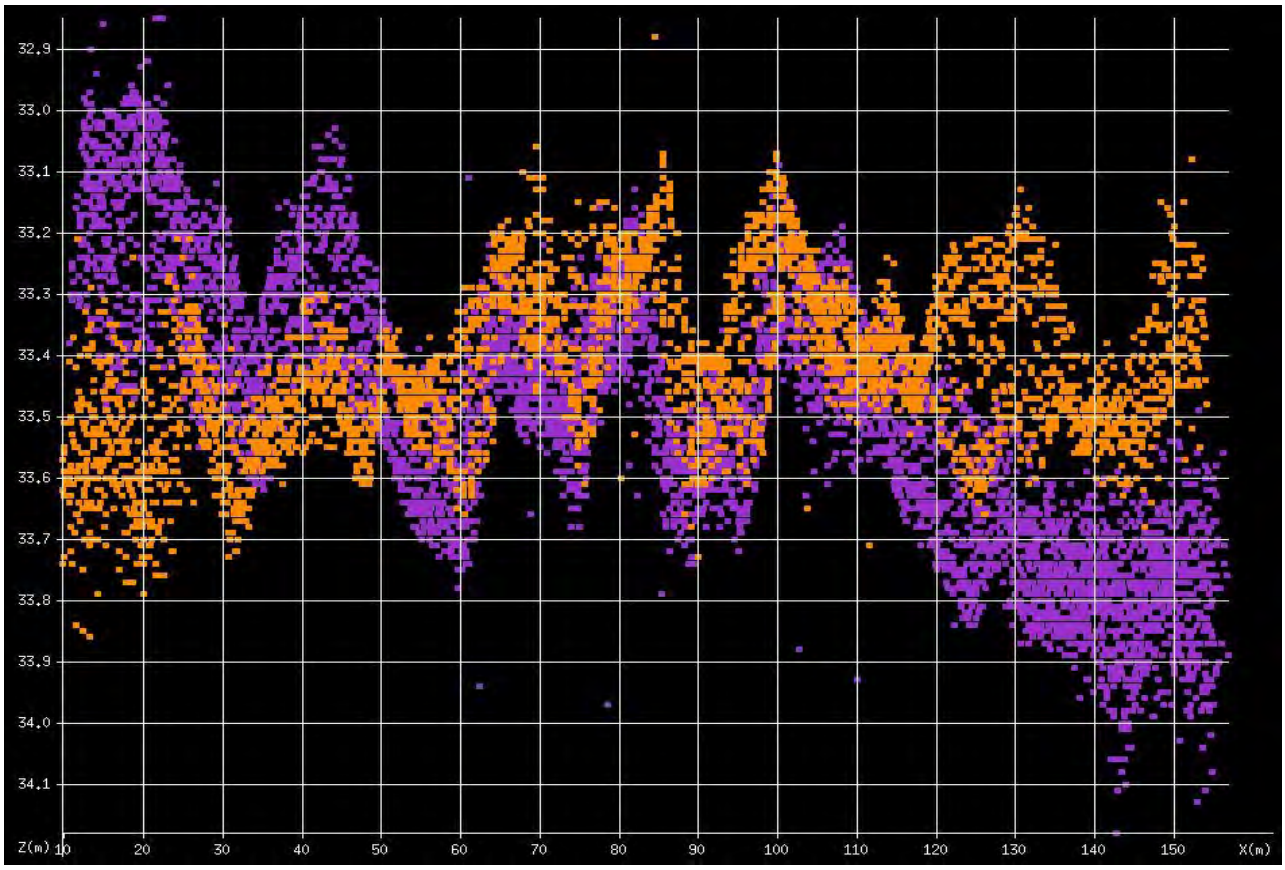


Illustration 21: Profils de calibration en roulis avant correction

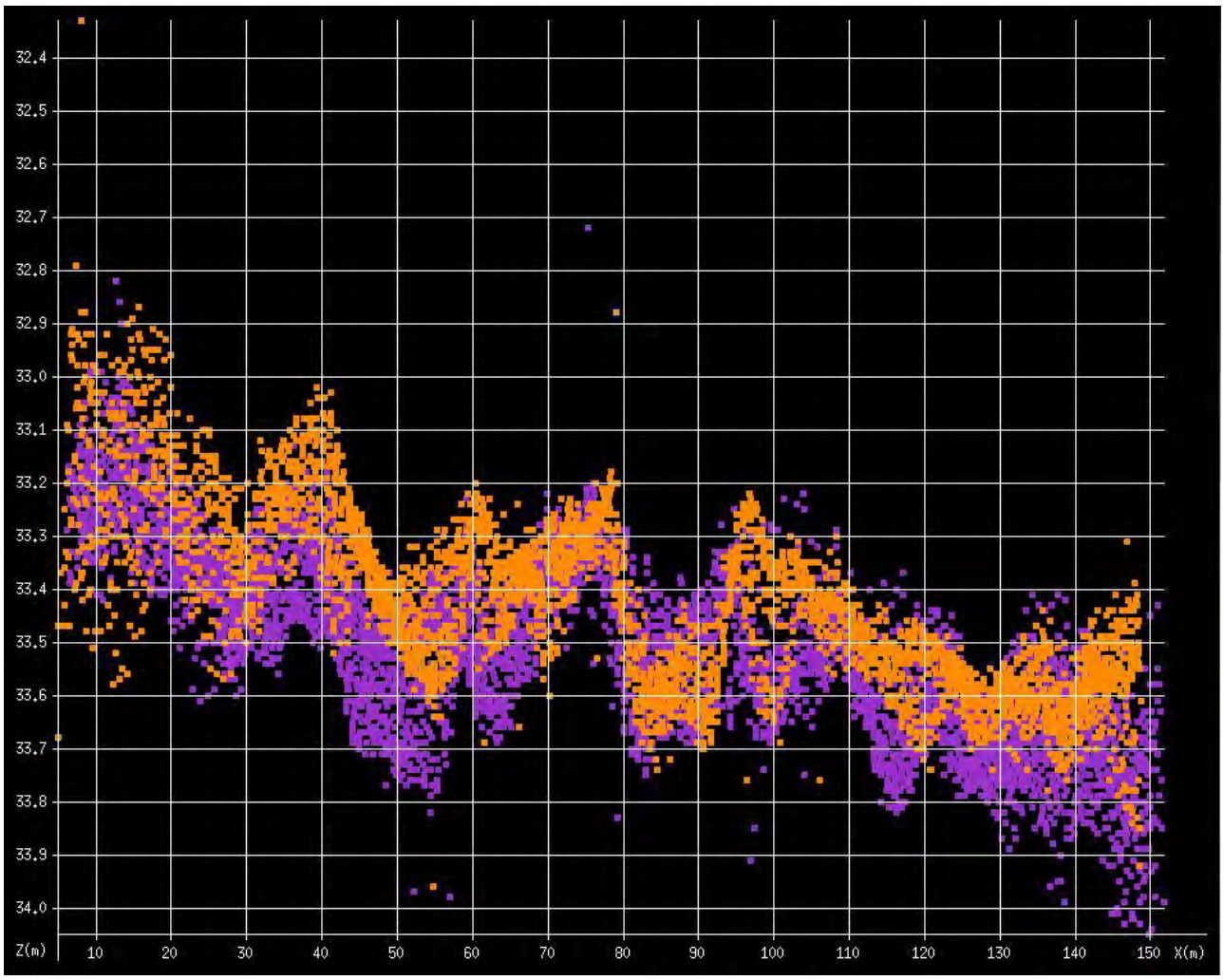


Illustration 22: Profils de calibration en roulis après correction

10. Exemples de résultats de bathymétrie

10.1. Zone des Glorieuses

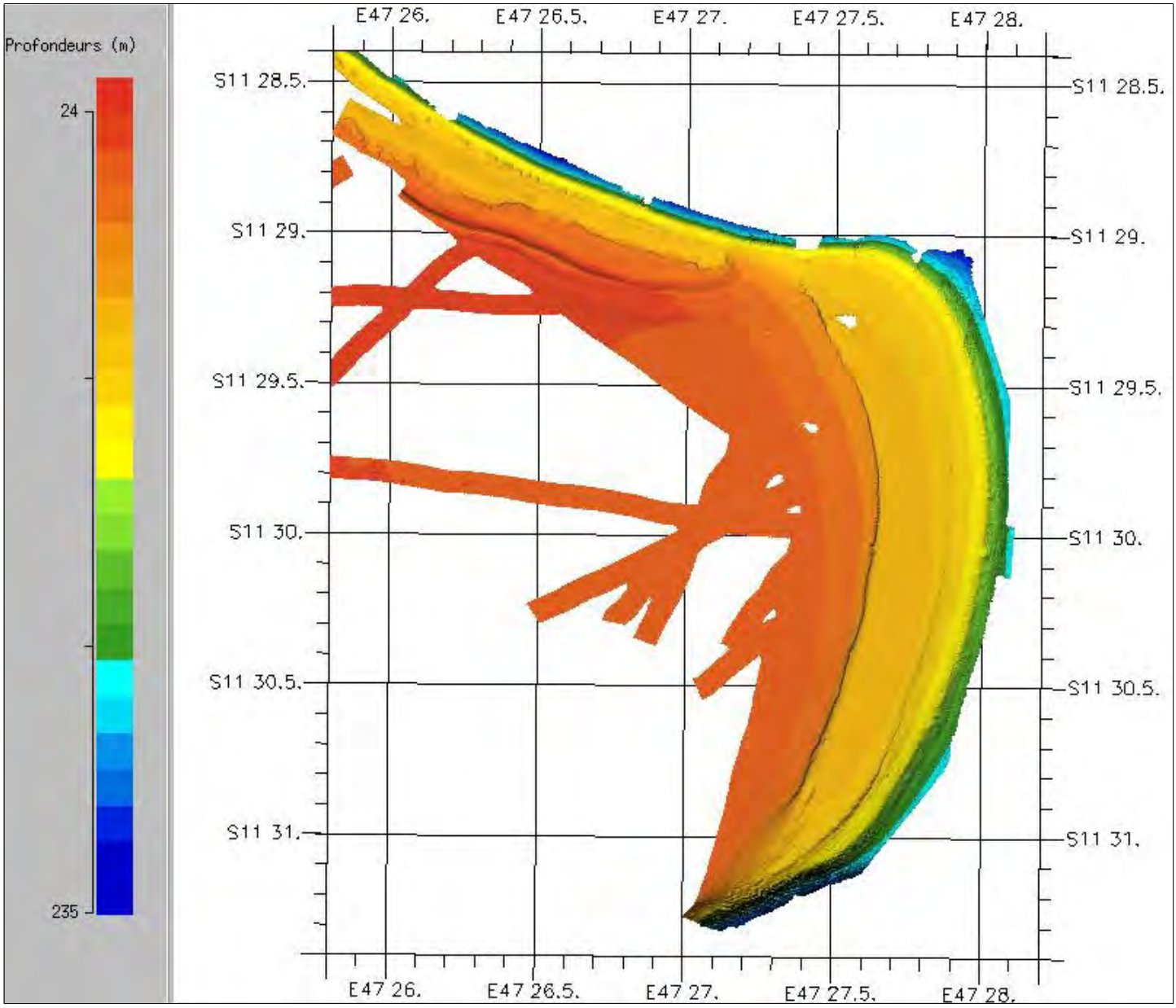


Illustration 23: Zoom du levé bathymétrique de la zone Nord Est du lagon des Glorieuses

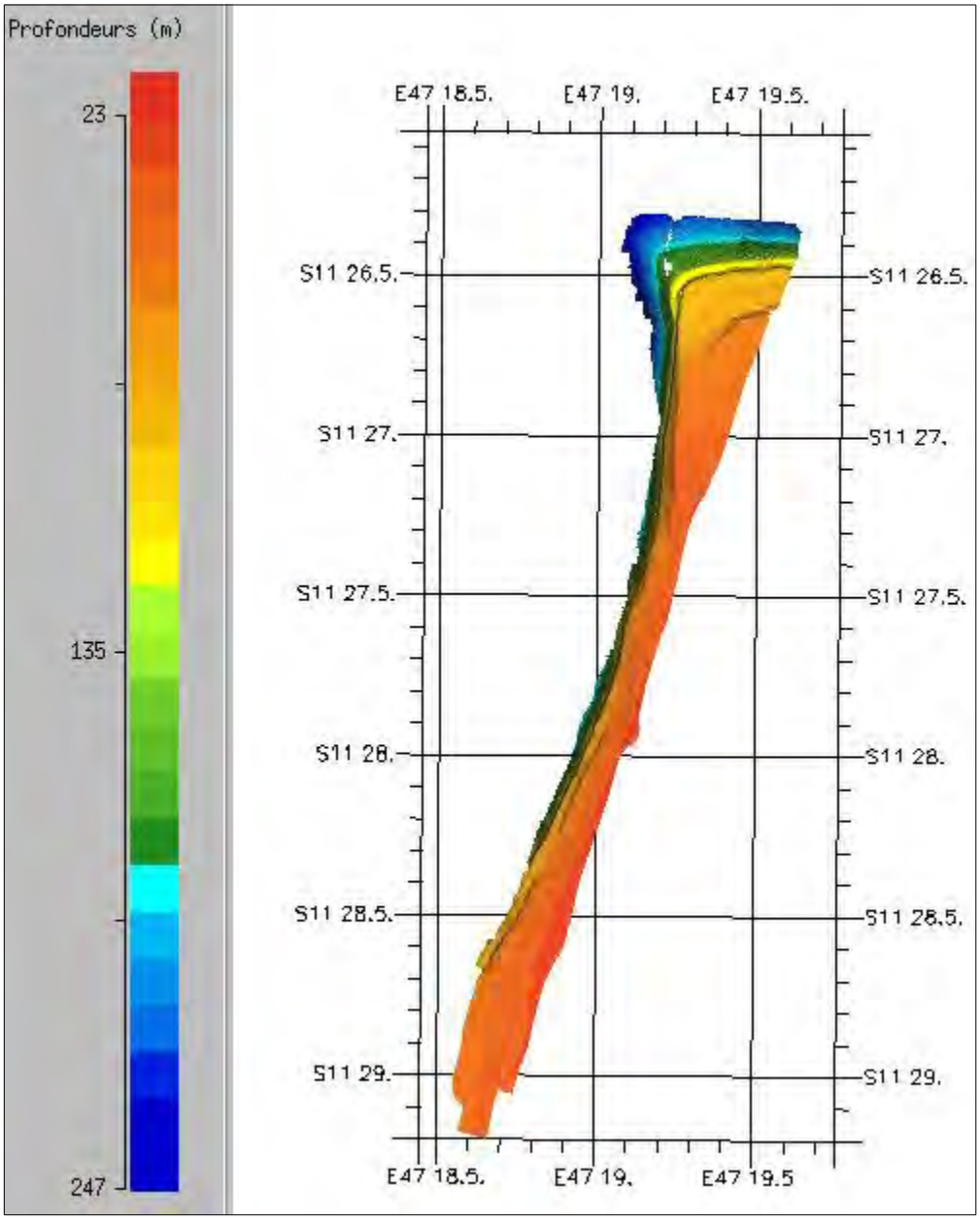


Illustration 24: Zoom du levé bathymétrique de la zone Nord Ouest du lagon des Glorieuses

10.2. Zone de Betsiboka

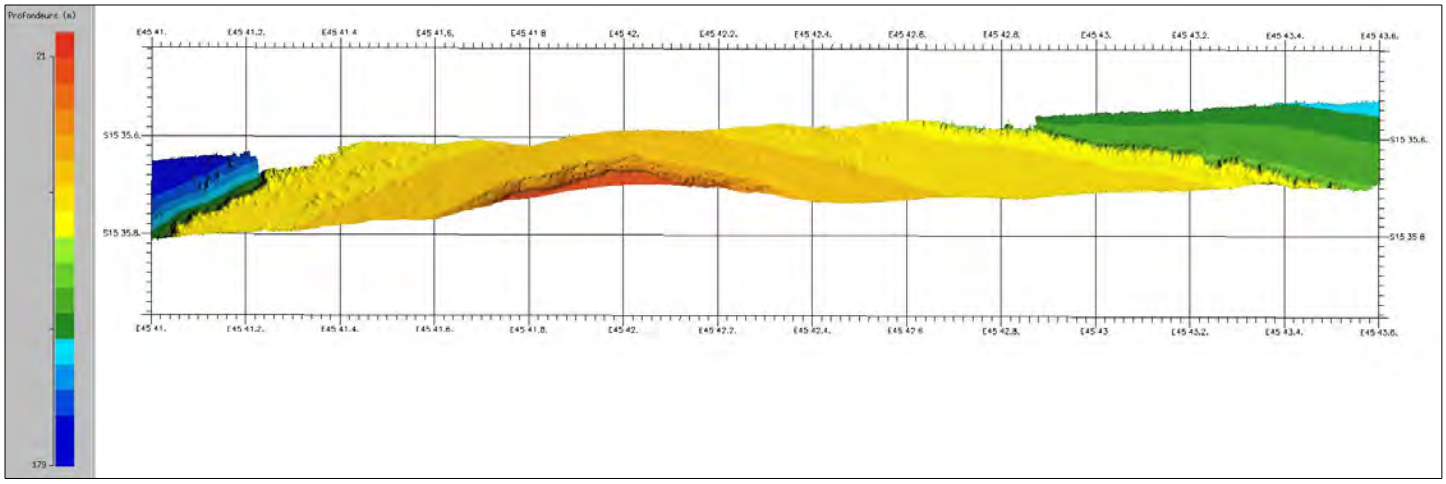


Illustration 25: Zoom du levé bathymétrique de la zone Est de Betsiboka

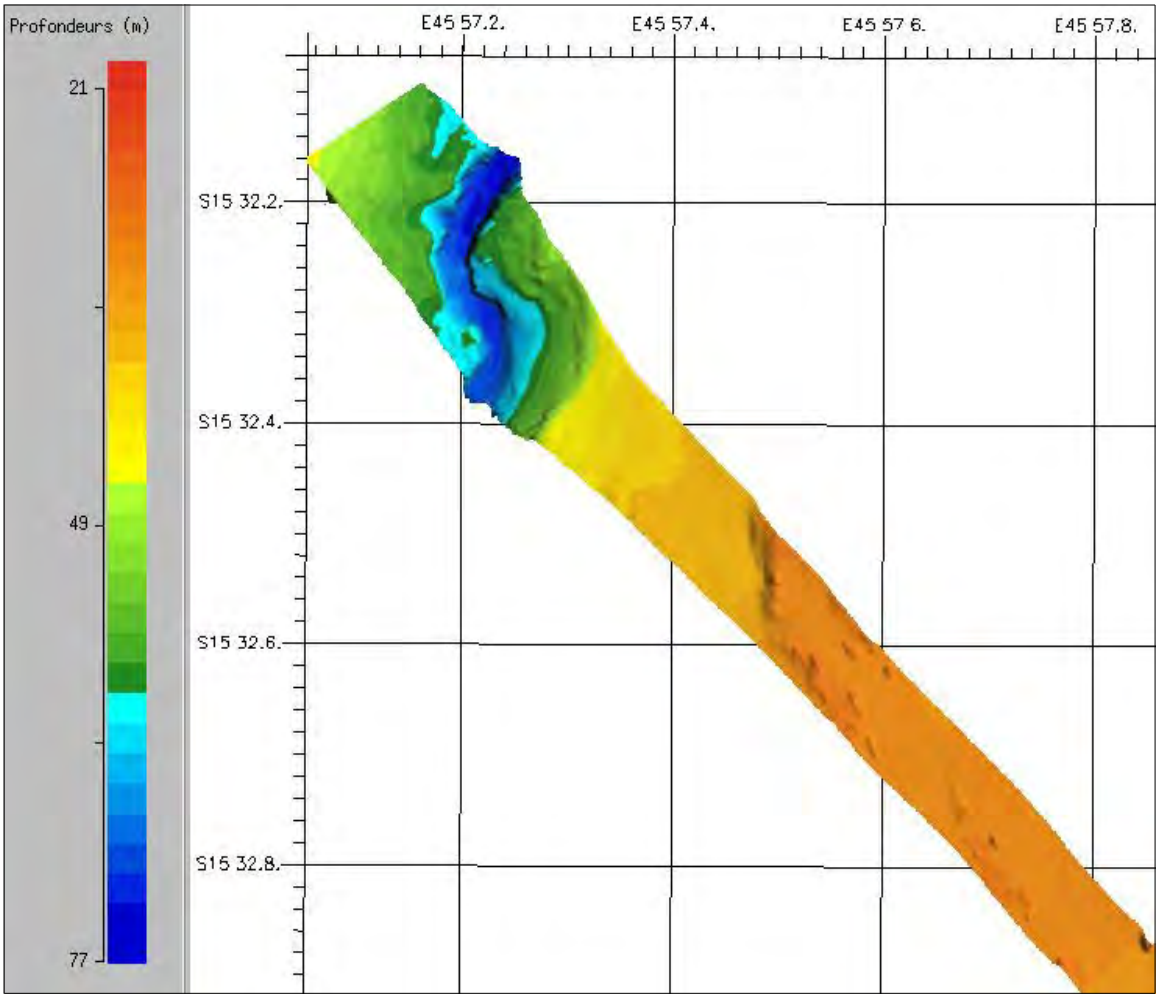


Illustration 26: Zoom du levé bathymétrique sur un chenal sondé dans la zone de Betsiboka

10.3. Zone de Melaky

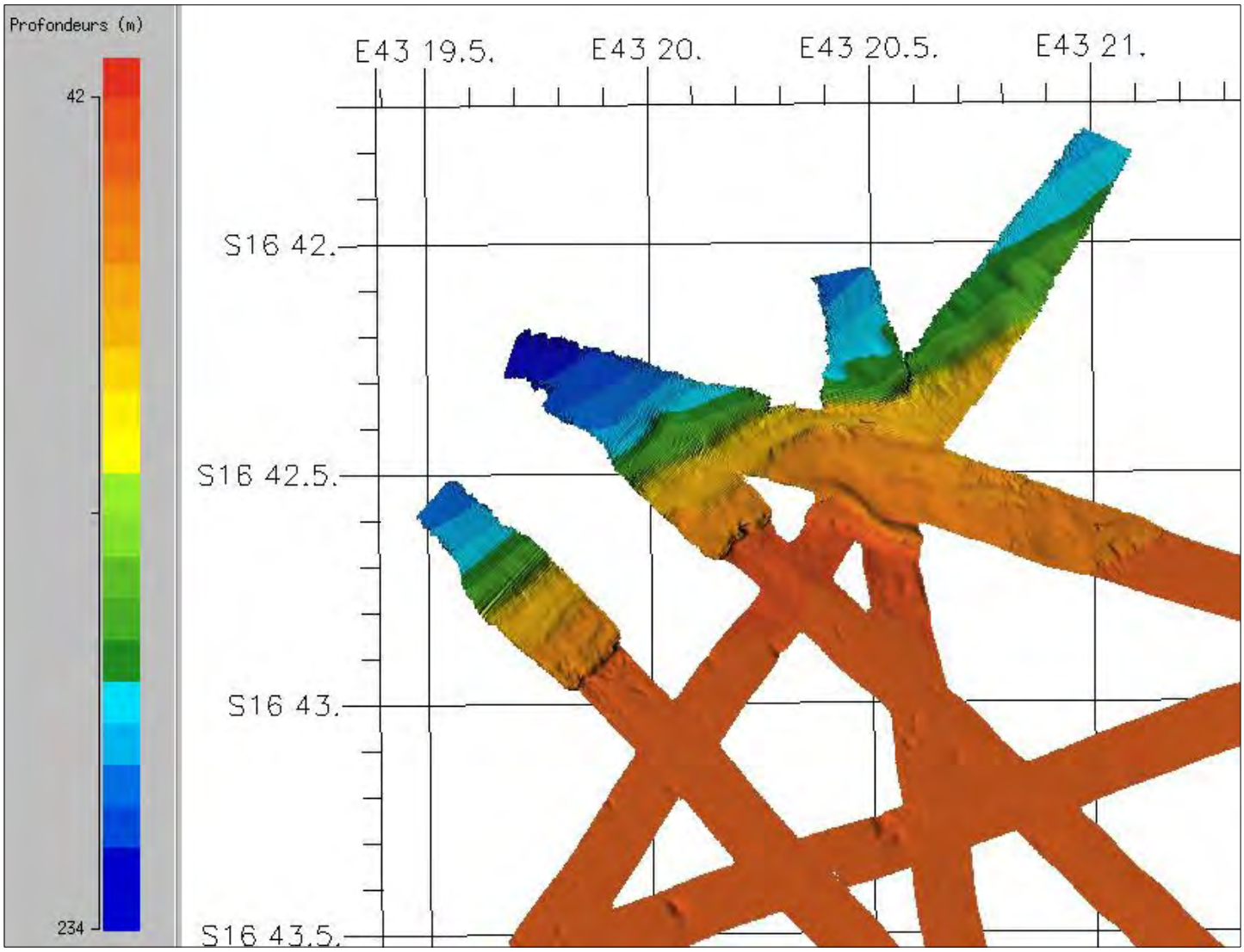


Illustration 27: Zoom du levé bathymétrique au Nord Ouest de la zone de Melaky

10.4. Zone de Juan de Nova

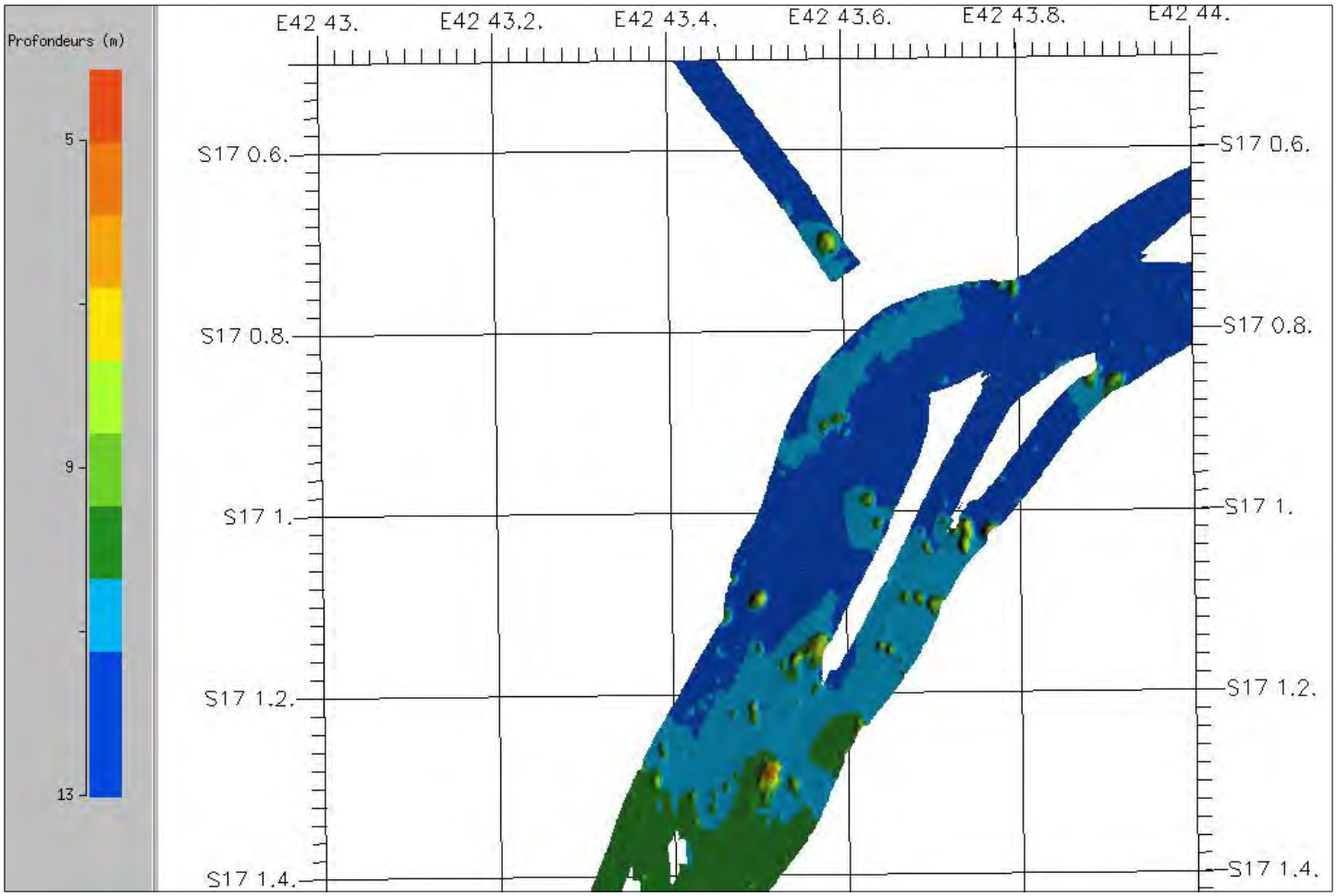


Illustration 28: Zoom du levé bathymétrique dans le lagon de Juan de nova

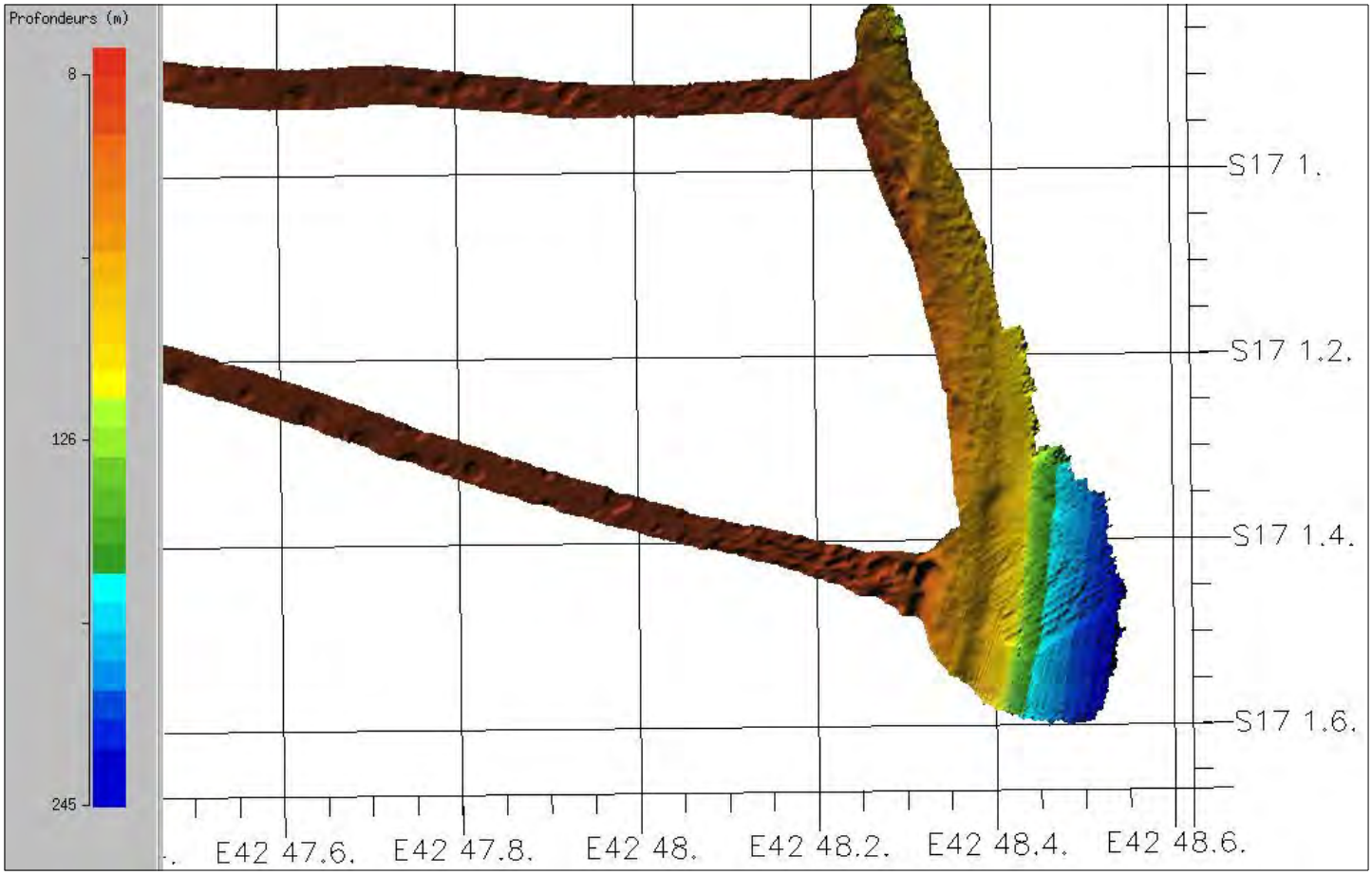


Illustration 29: Zoom du levé bathymétrique au Sud Est du lagon de Juan de Nova

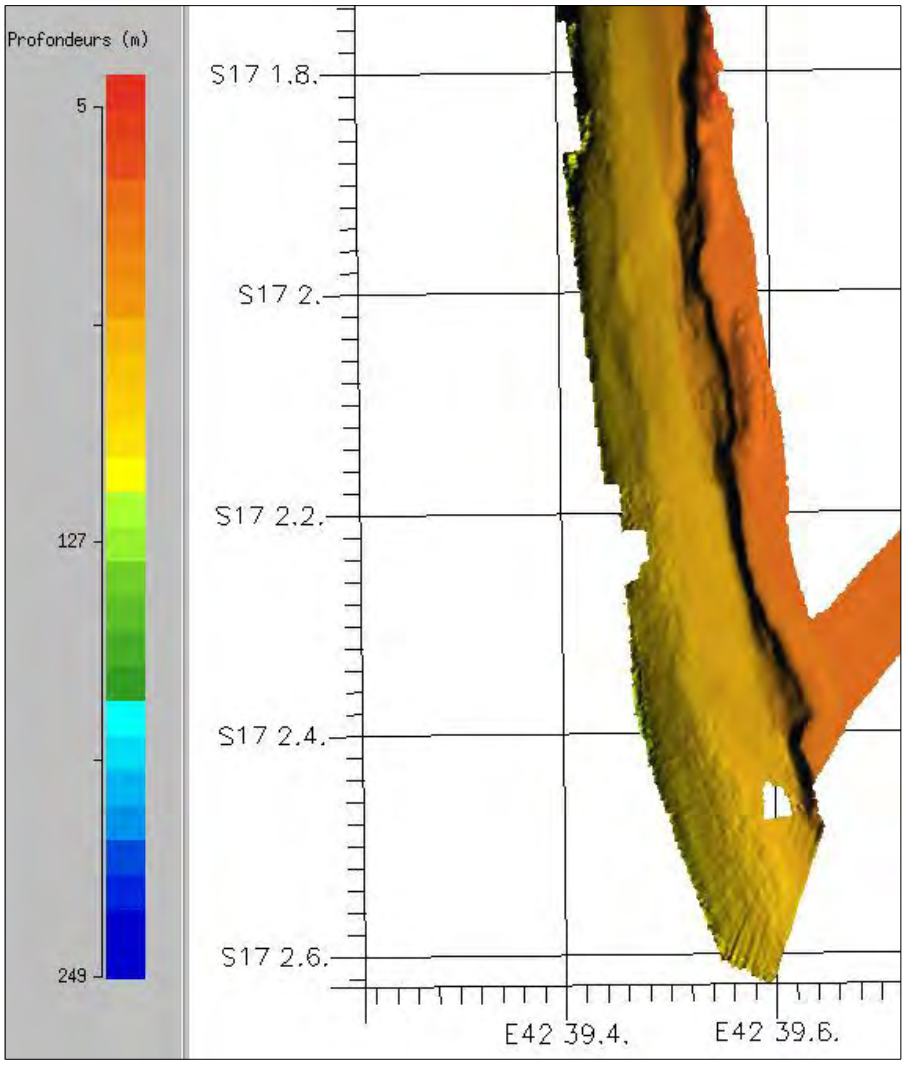


Illustration 30: Zoom du levé bathymétrique sur la zone Sud Ouest du lagon de Juan de Nova

11. Traitement des données de réflectivité

- Importation des données .XTF au format .ALL : **module XtfToAll** (Conversions)

Les fichiers natifs en sortie du logiciel d'acquisition QUINSy sont au format .QPD et .XTF. Pour être lu dans CARAIBES il faut dans un premier temps convertir les fichiers .XTF au format .ALL (habituellement acquis avec le logiciel d'acquisition SIS propre à Genavir pour les sondeur de type SIMRAD).

- Conversion des fichiers .ALL en fichier d'imagerie .SNI : **module AllToSni** (Conversions)

Les fichiers .ALL doivent ensuite être converti au format CARAIBES pour pouvoir exploiter l'imagerie.

- Mosaïquage des profils et interpolation : **module Mosaic** (Image MB) et **module Efiltr** (Mosaïque)

Les fichiers sont mosaiqués avec la maille la plus fine possible. L'interpolation est faite sur 1 ligne et 3 colonnes.

- Visualisation de la mosaïque : **module Cartim** (Mosaïque)

- Exportation de la mosaïque : **module Cartim** (Mosaïque)

Les données sont exportées via l'option « Exporter ArcGIS ». On obtient alors une image .bmp en niveau RVB. Il faut ensuite les convertir en niveaux de gris pour alimenter le SIG.

12. Exemples de résultats de la réflectivité

12.1. Zone des Glorieuses

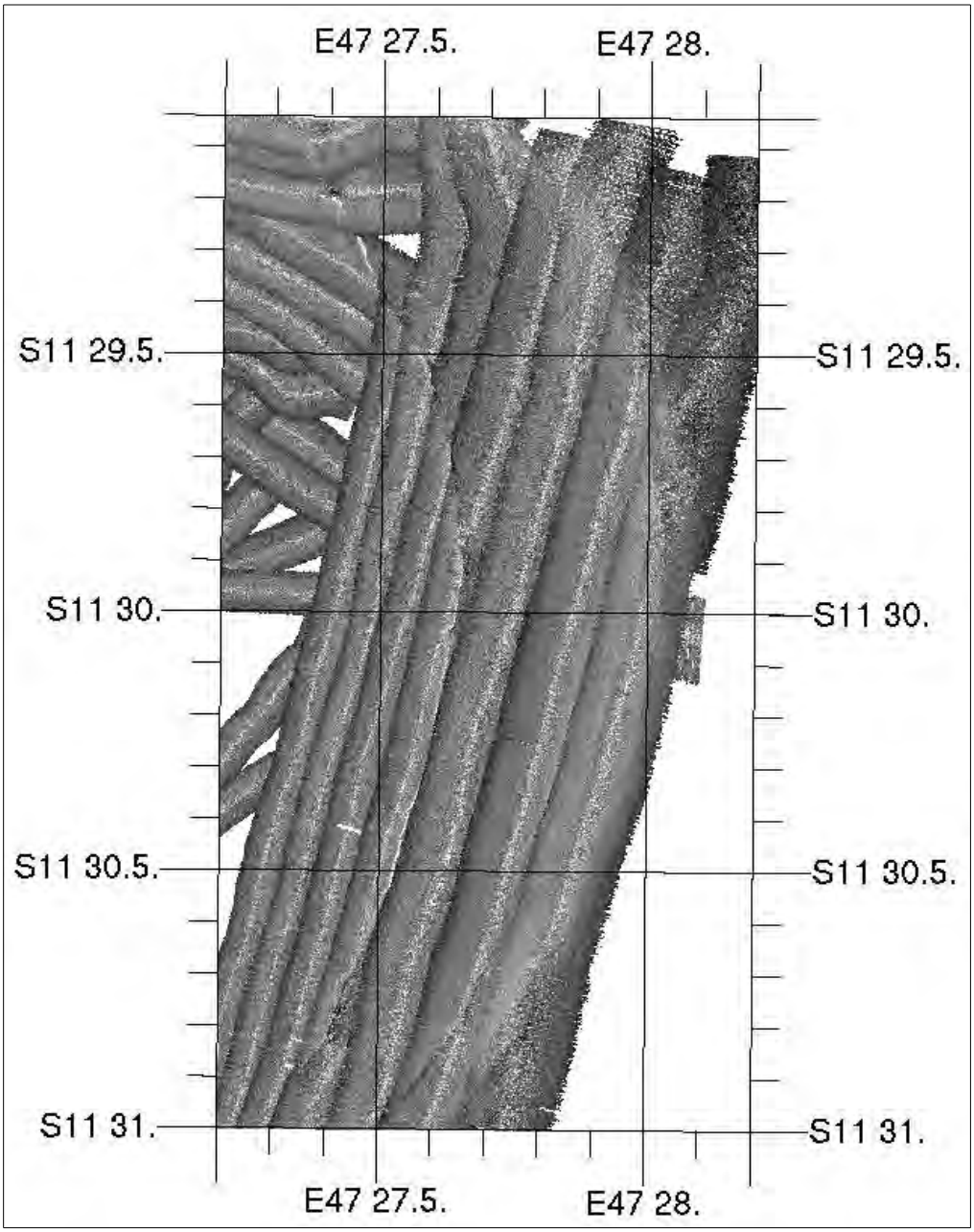


Illustration 31: Zoom de la réflectivité sur la zone Sud Est du lagon des Glorieuses

12.2. Zone de Betsiboka

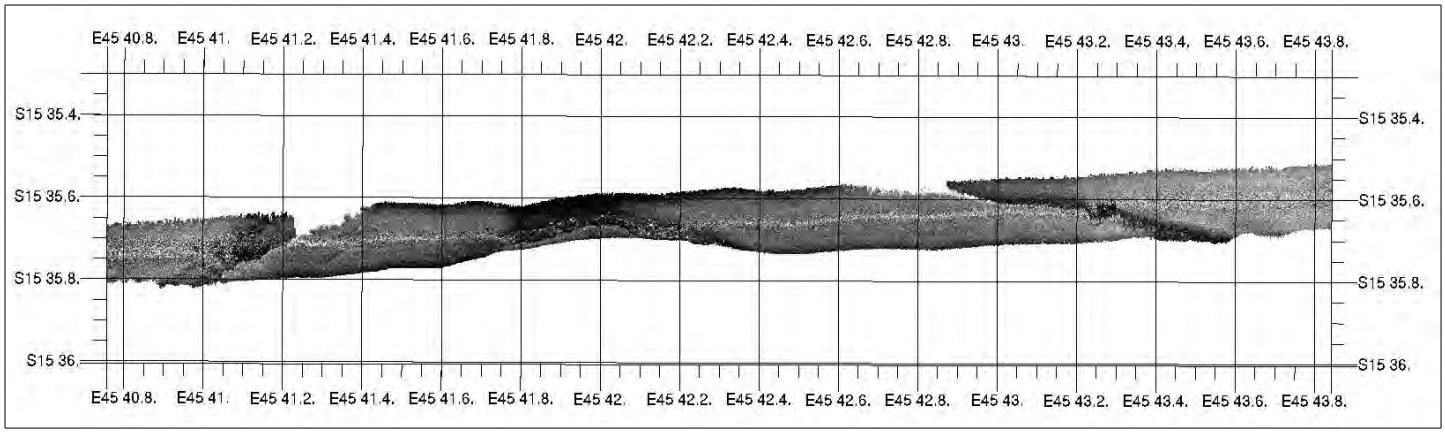


Illustration 32: Zoom de la réflectivité sur la zone Sud Ouest de Betsiboka

12.3. Zone de Melaky

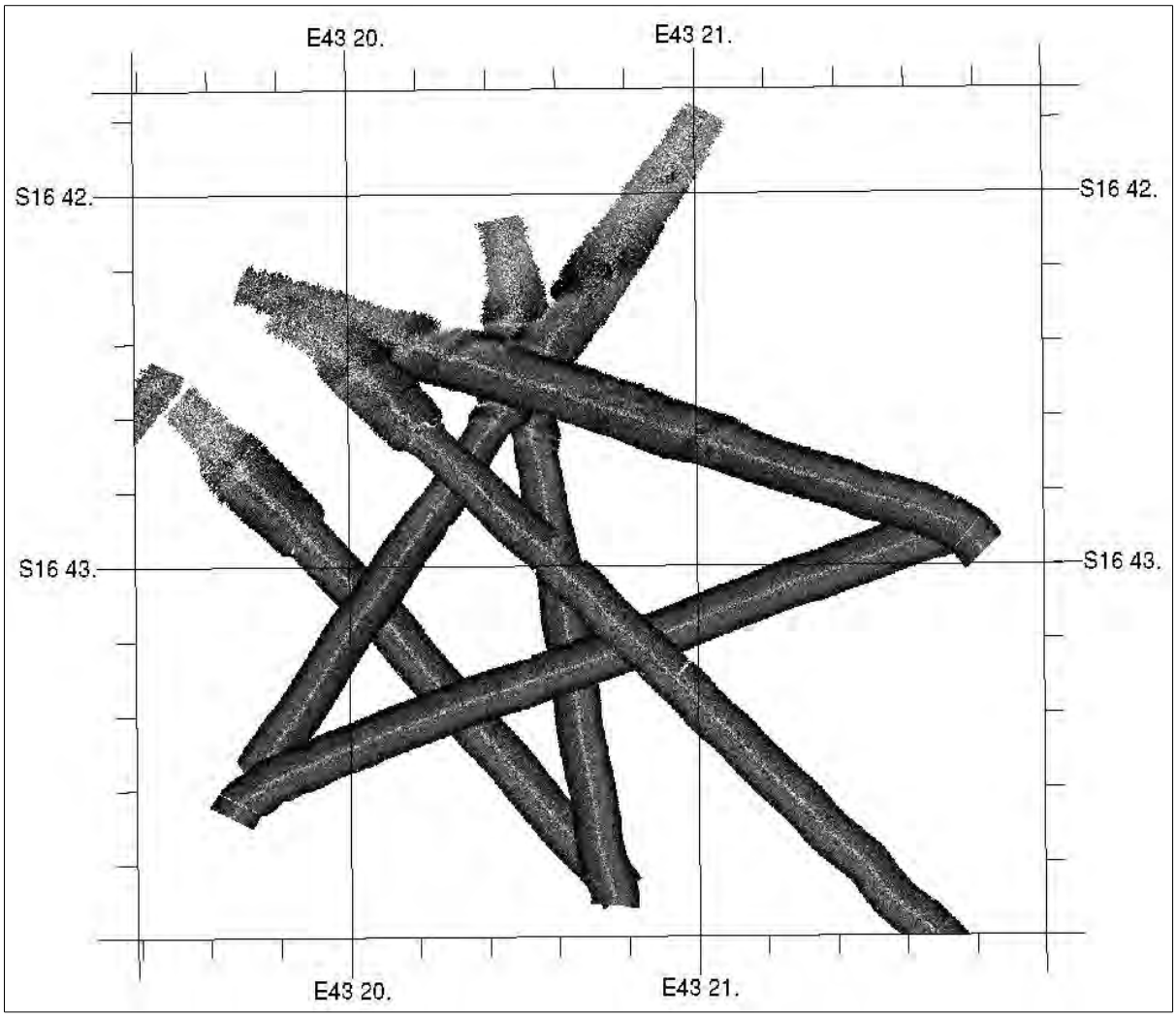


Illustration 33: Zoom de la réflectivité sur la zone Nord Ouest de la zone Melaky

12.4. Zone de Juan de Nova

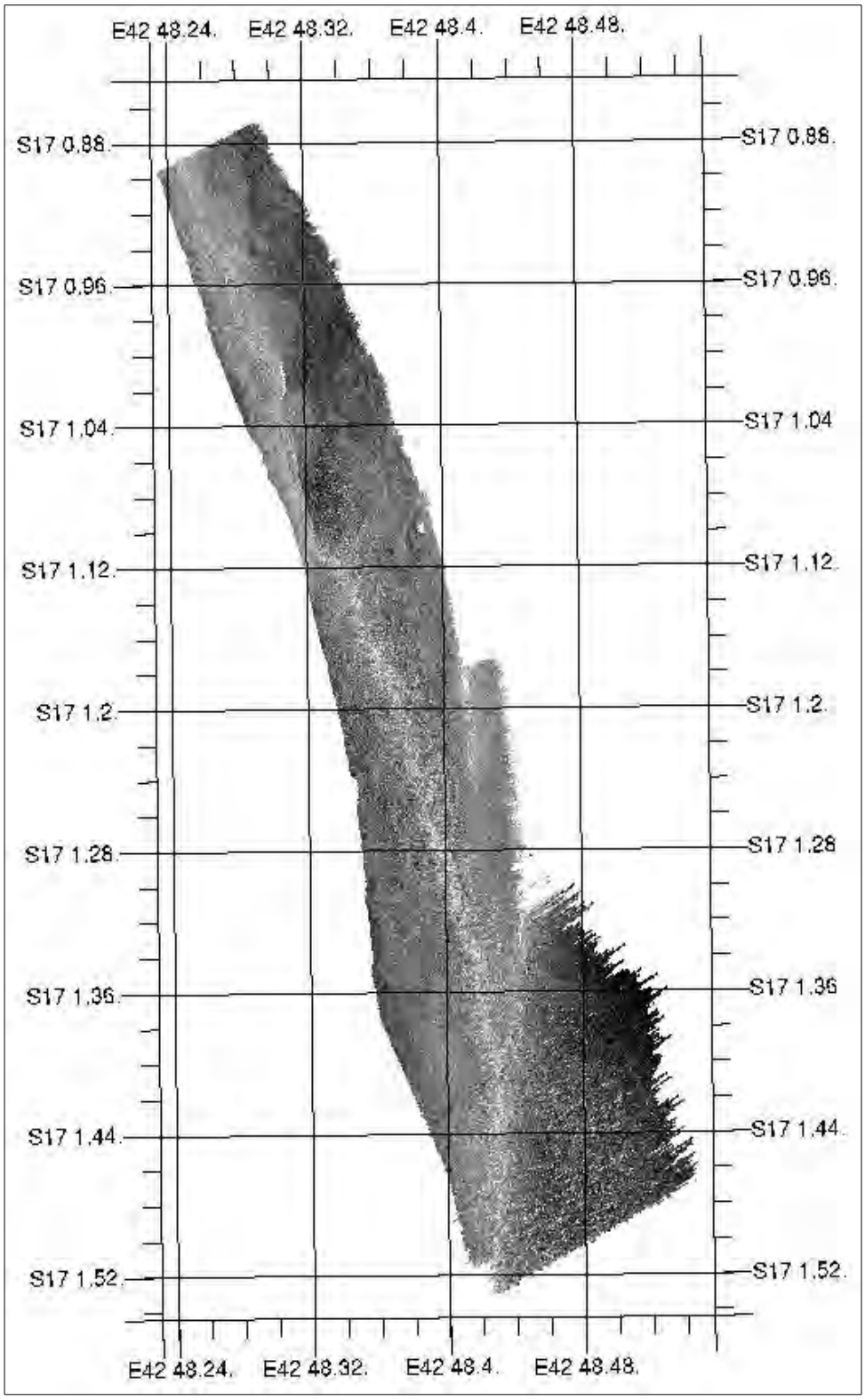


Illustration 34: Zoom de la réflectivité sur la zone Sud Ouest du lagon de Juan de Nova

13. Problèmes rencontrés

13.1. Problèmes liés au sondeur

- Les faisceaux compris entre 241 et 258 (tribord) sont défectueux comme le montre la figure suivante :

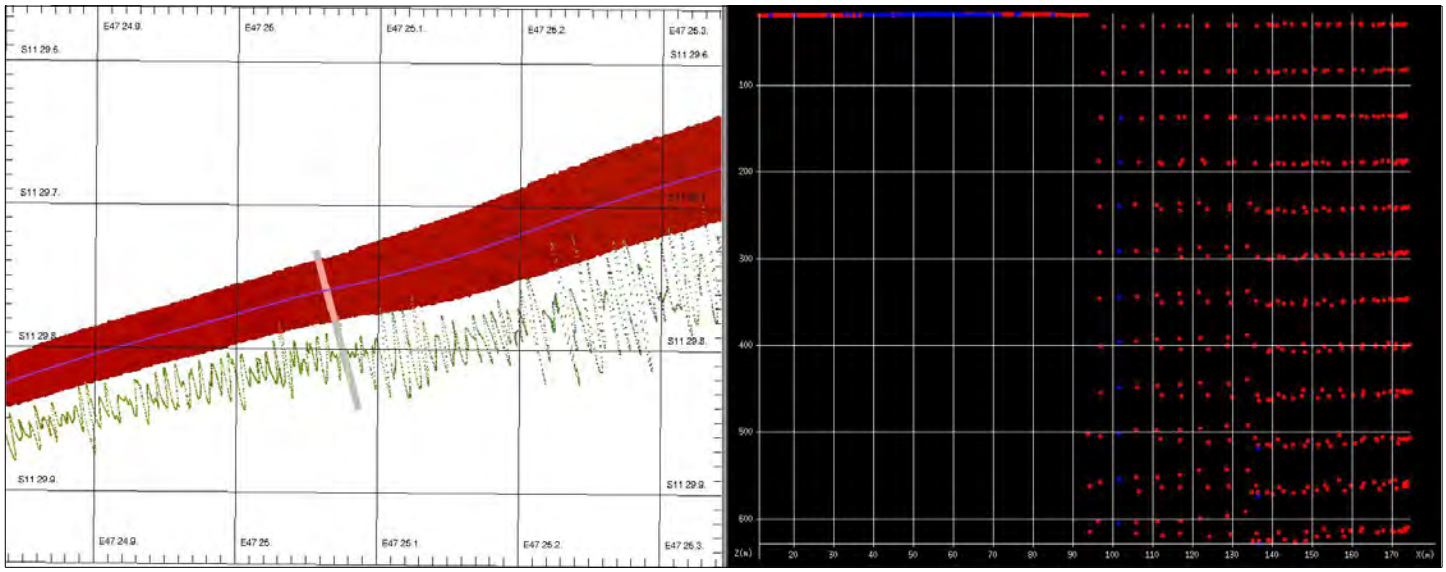


Illustration 35: Visualisation des faisceaux défectueux

- Le SMF EM3002 est censé pouvoir sonder jusqu'à 200 mètres de profondeur. Pourtant, il est arrivé qu'il soit défaillant dès 80 mètres de profondeur lorsque la pente est trop raide (?) comme l'illustre les figures suivantes :

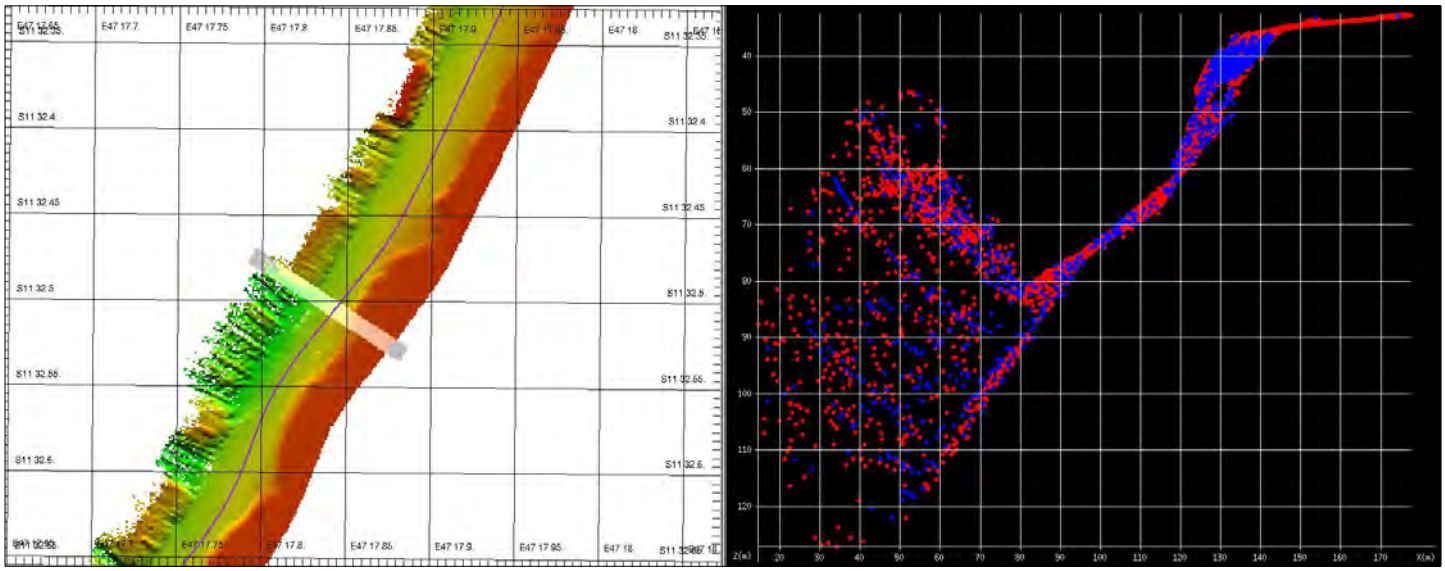


Illustration 36: Problème de détection du fond dès 80 mètres de profondeur (exemple profil 314c)

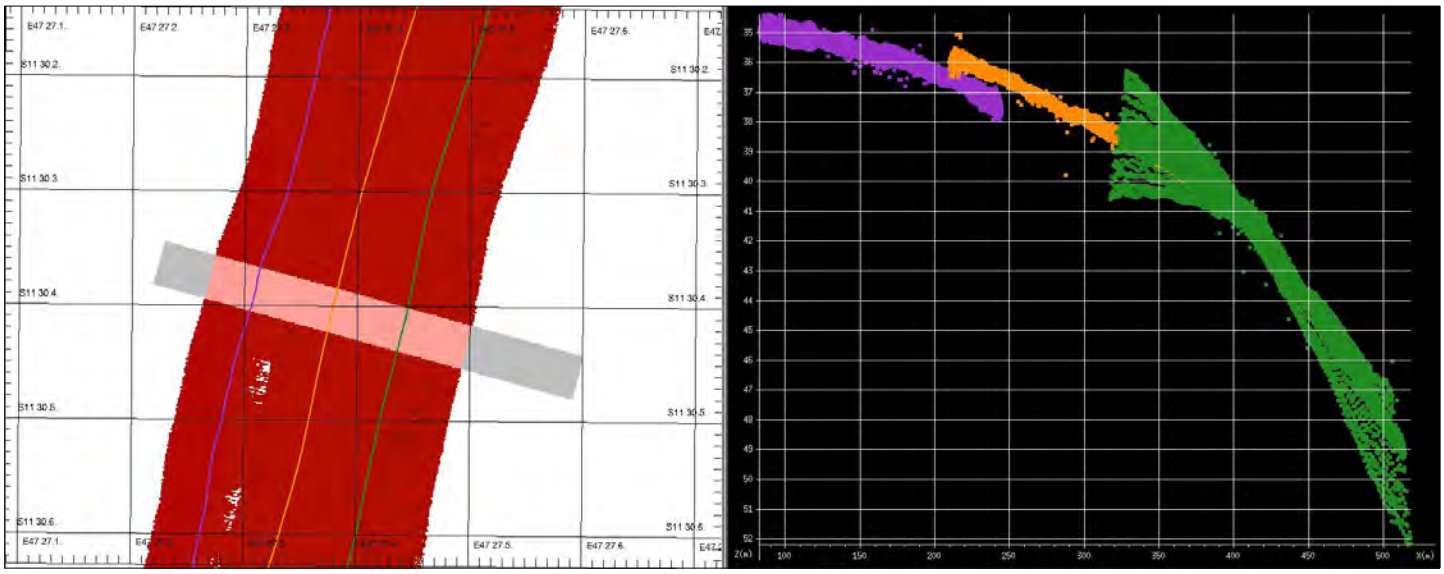


Illustration 37: Problème de détection sur les fortes pentes

- Les faisceaux extérieurs sont également défaillant sur fond plat comme le montre la figure suivante :

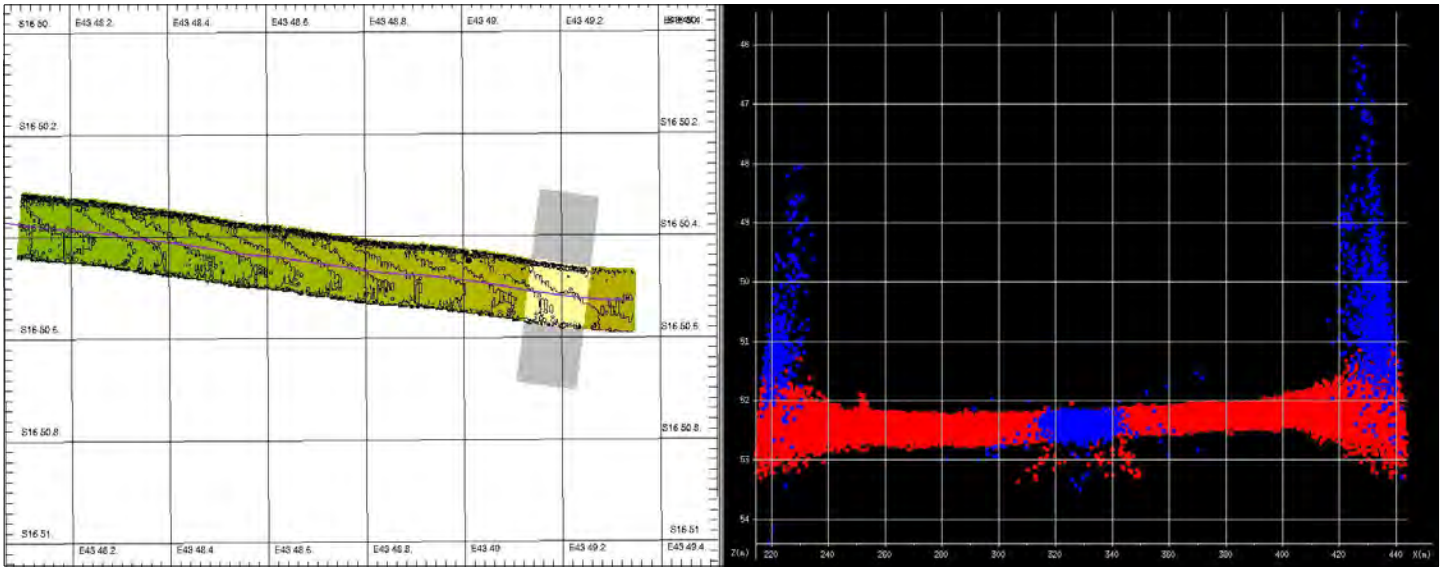


Illustration 38: Problème de détection sur les faisceaux extérieurs

13.2. Problèmes liés au traitement

- Une fois les fichiers corrigés de la marée, le module Odicee présente un problème de visualisation. Les fortes profondeurs ne sont plus dessinées alors que les sondes associées sont visibles dans la fenêtres de droite comme le montre les figures suivantes :

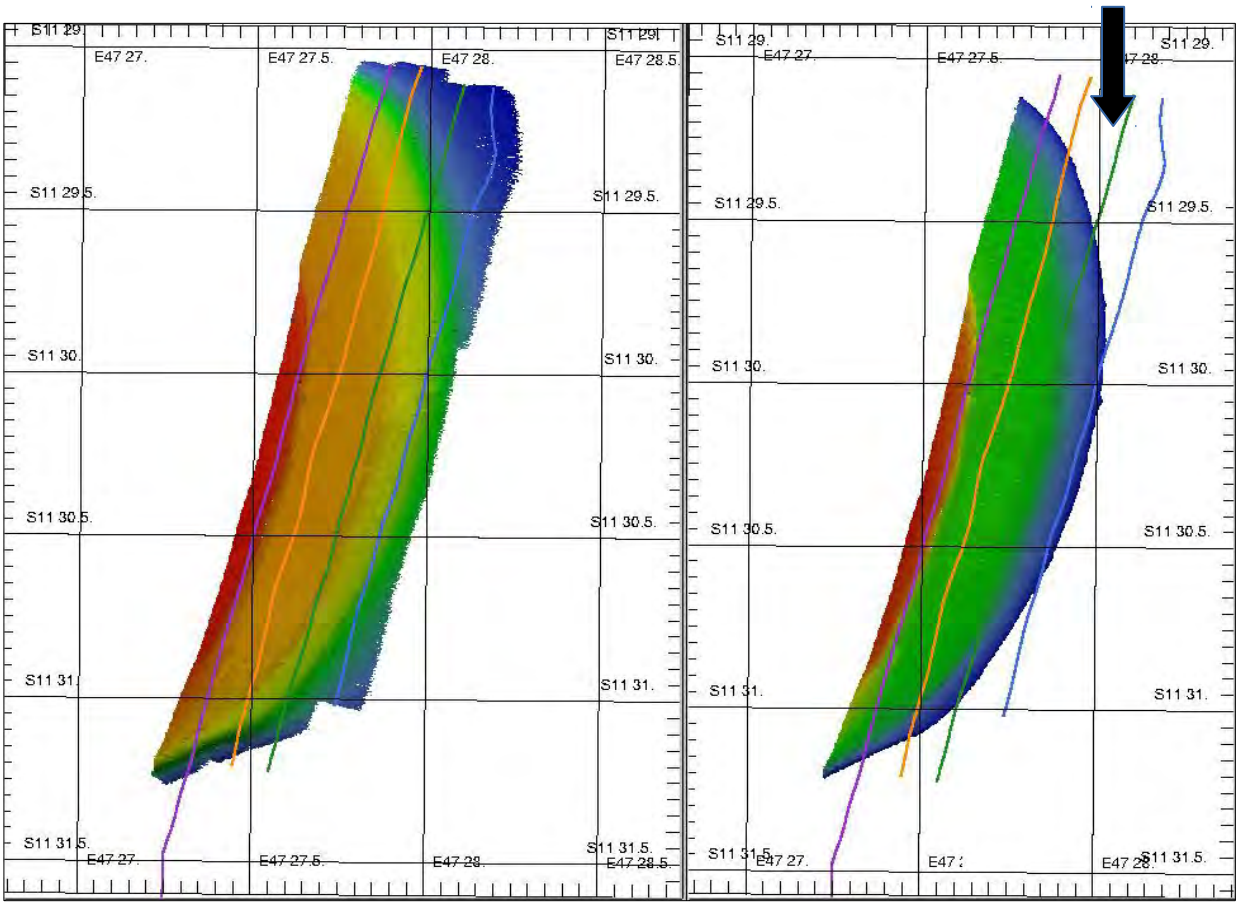


Illustration 39: Problème de visualisation des sondes profondes après correction de la marée
A/ Avant correction B/ Après correction

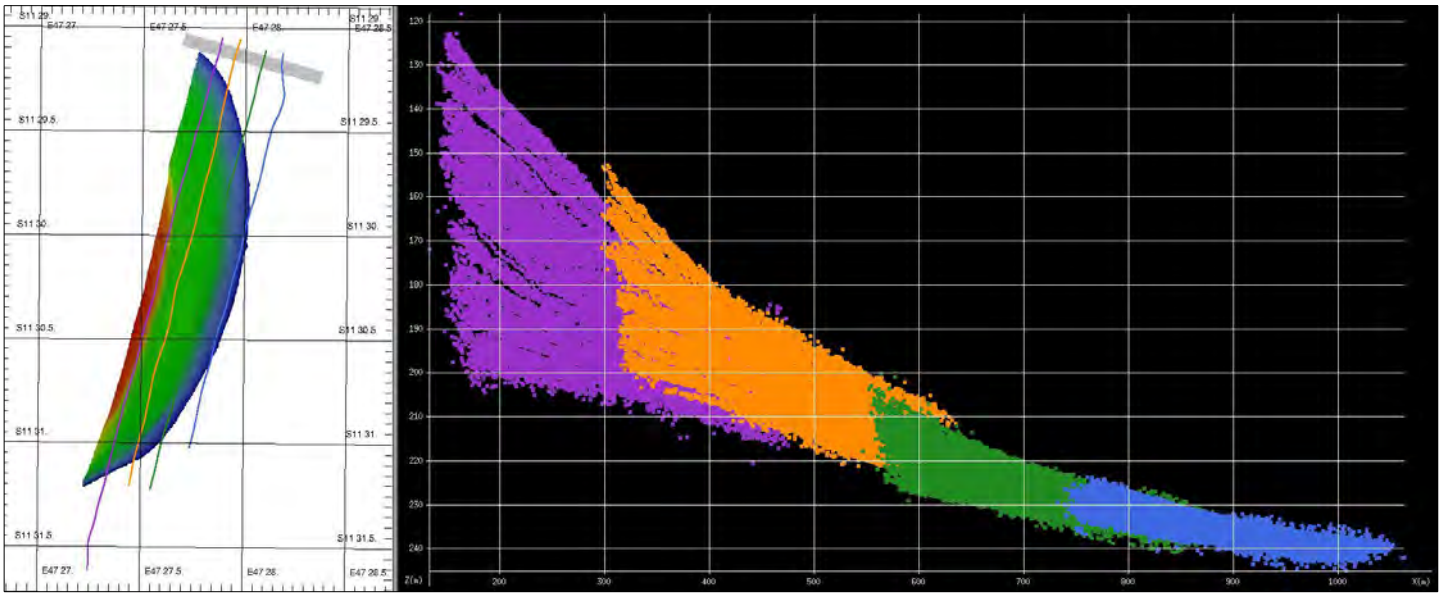


Illustration 40: Problème d'affichage dans la vue de gauche du module Odicee

- Après qu'un profil de célérité modifié ait été réintégré avec le module Modcel dans un profil, des sondes sont revalidées (?) sur tribord comme le montre la figure suivante :

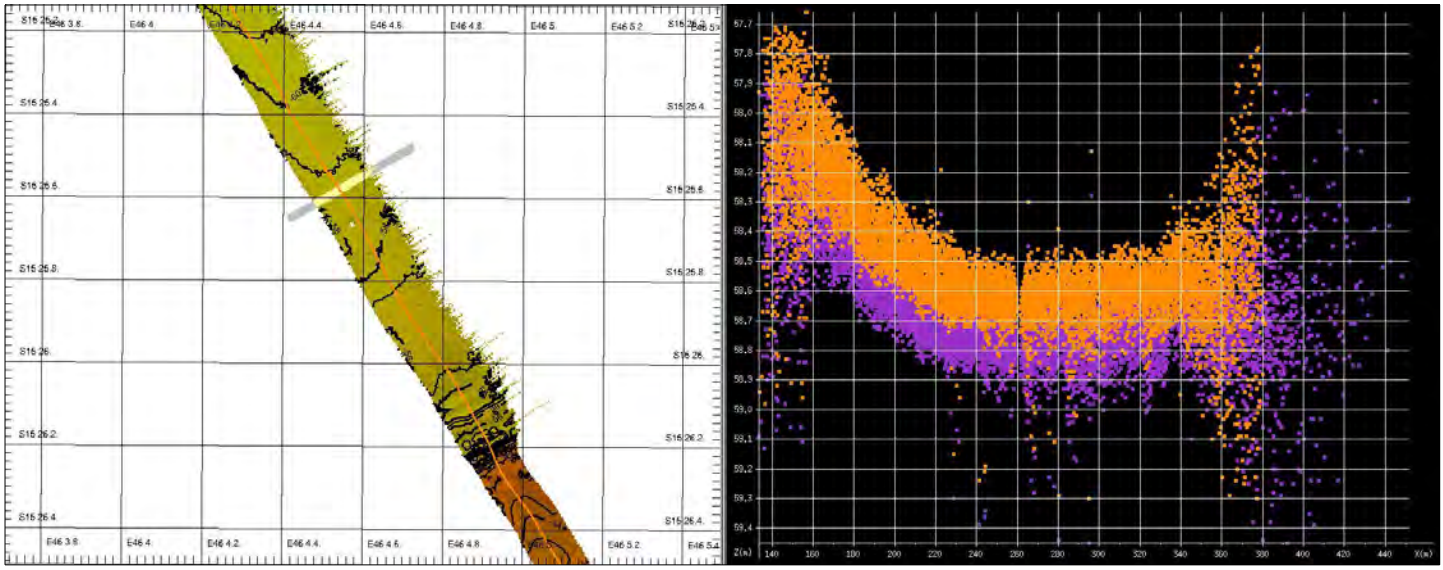


Illustration 41: Revalidation des sondes après passage dans le module Modcel

- Les graduations sur l'axe des abscisses dans le module Modcel ne sont pas régulières comme l'illustre la figure suivante :

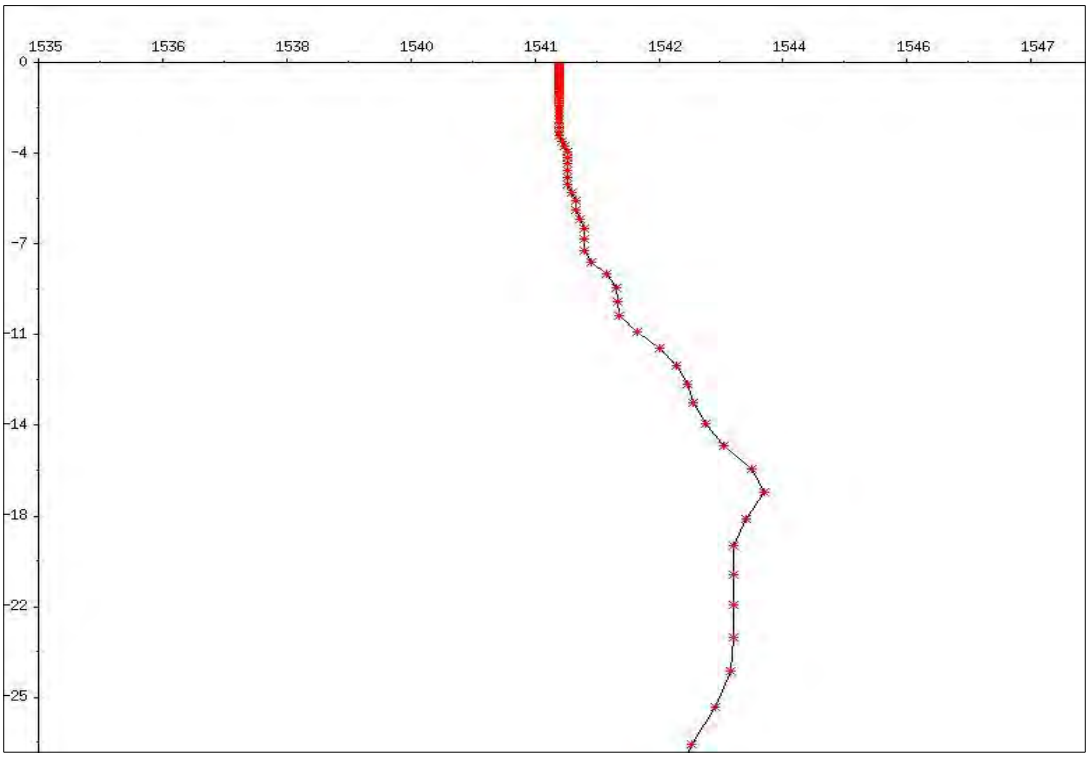


Illustration 42: Problème de graduation sur l'axe des abscisses dans le module Modcel

- Le module Filtri ne fonctionne pas car la densité de sondes est trop importante.

- Les mosaïques d'imagerie ne fonctionnent que si l'on met en entrée, en plus des fichiers concernés, les 2 fichiers qui encadrent la période du profil. La figure suivante montre que si l'on prend uniquement les fichier .SNI concernés, les profils sont incomplet :

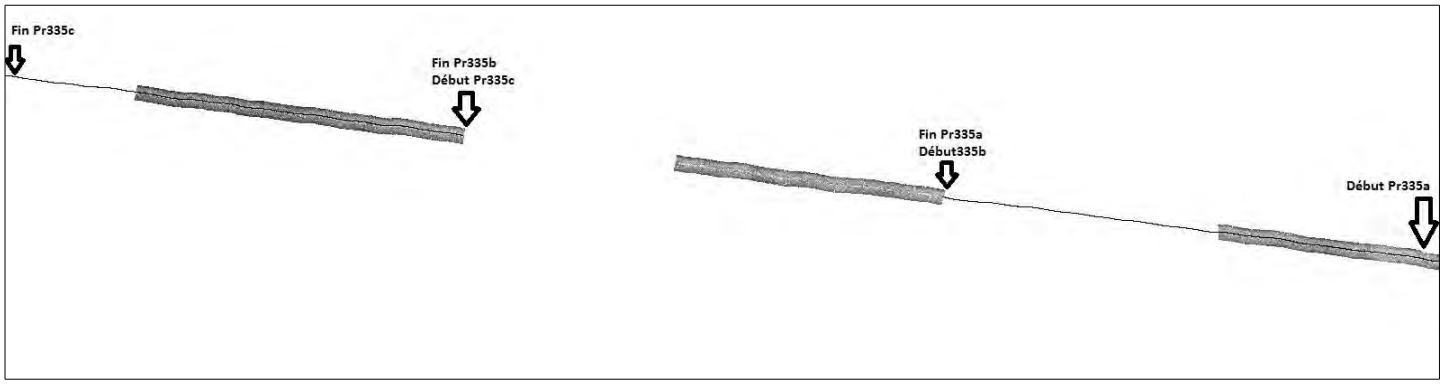


Illustration 43: Problème de lecture des fichiers .SNI

14. Les limites du système

- Si l'on regarde en détail les 2 profils de calibration on peut voir qu'il existe un léger bais en X d'environ 1m et en Z d'environ 10cm comme le montre la figure suivante :

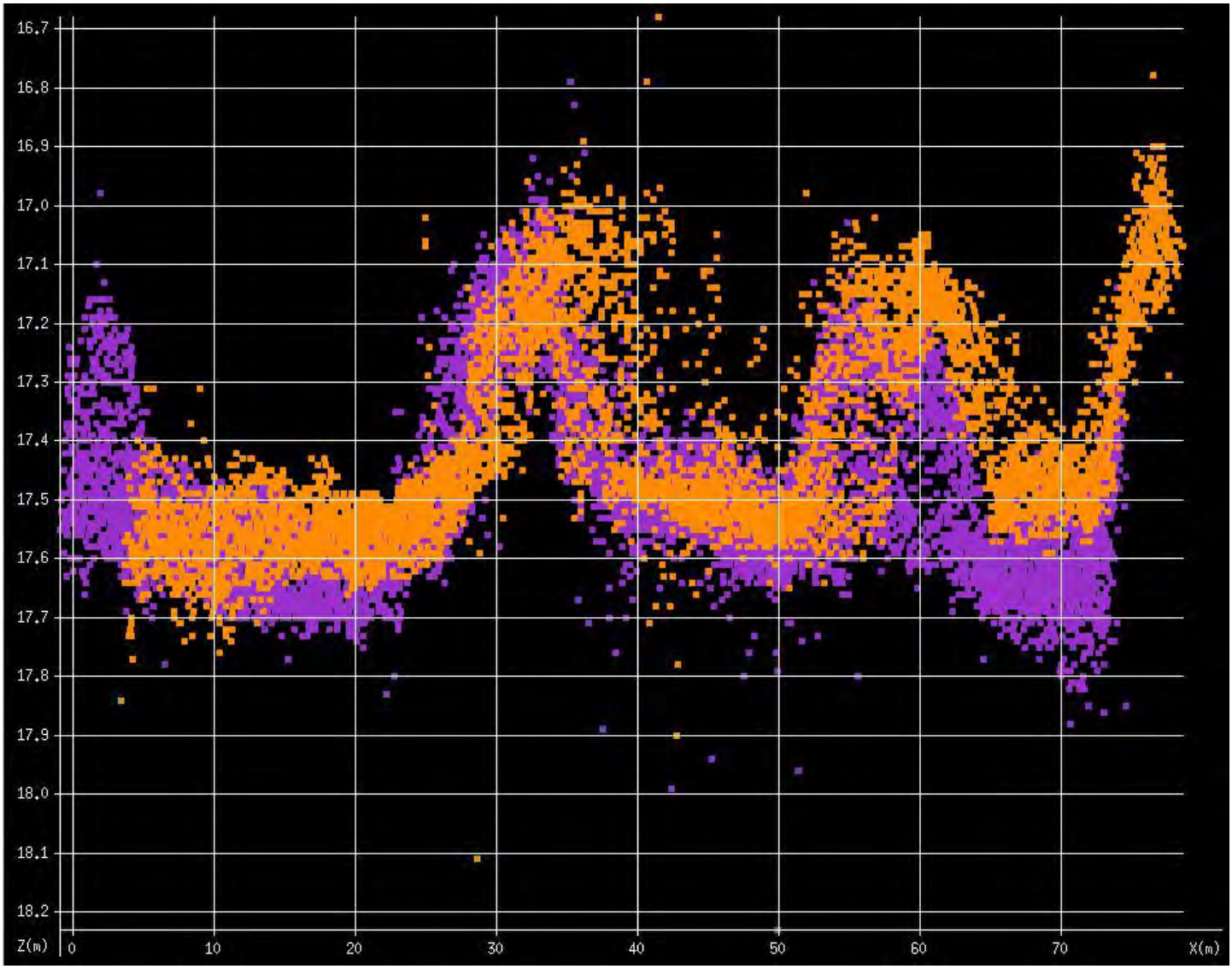


Illustration 44: Biais en X et en Z des profils de calibration

Il est probable que ces biais soient dus au fait que la perche en position basse ne soit pas parfaitement perpendiculaire par rapport à la surface de l'eau et que la plateforme SMF soit légèrement désaxée.

La figure suivante montre que ceci est également observable sur des profils qui se jouxtent :

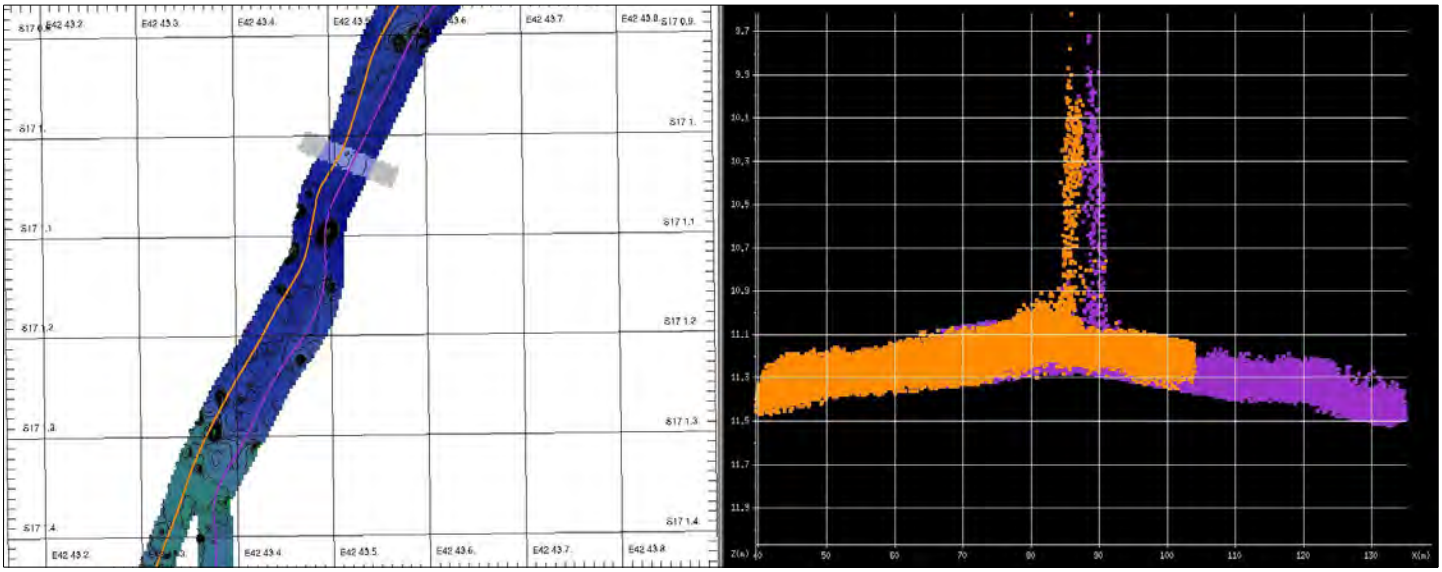


Illustration 45: Problème de superposition des structures

- Au delà de 160m le système décroche.

15. Sauvegarde et archivage des données

Les données brutes et traitées de la mission (SMF, sismique, sonar, benne, travaux à terre) sont rassemblées sur un disque et seront archivées sur « Oanet » en rentrant à terre.

16. Conclusion

Illustration 46: Photo des participants à la mission REEFCORES III devant l'île de Juan de Nova

17. Annexes

17.1. Fichier de découpe des profils

ZONE GLORIEUSES

> 27/03/2015 17:56:00:000 27/03/2015 18:08:00:000 RC3_EM3002_CAL02
> 27/03/2015 18:18:00:000 27/03/2015 18:32:00:000 RC3_EM3002_CAL01
> 27/03/2015 19:12:00:000 27/03/2015 19:32:00:000 RC3_EM3002_ROULIS01
> 27/03/2015 19:38:00:000 27/03/2015 19:42:00:000 RC3_EM3002_ROULIS02
> 27/03/2015 20:31:00:000 27/03/2015 21:08:00:000 RC3_EM3002_Pr301a
> 27/03/2015 21:10:00:000 27/03/2015 22:23:00:000 RC3_EM3002_Pr301b

> 28/03/2015 11:40:00:000 28/03/2015 12:06:30:000 RC3_EM3002_Pr302
> 28/03/2015 12:20:00:000 28/03/2015 12:55:00:000 RC3_EM3002_Pr303
> 28/03/2015 14:44:00:000 28/03/2015 15:22:00:000 RC3_EM3002_Pr304
> 28/03/2015 15:25:00:000 28/03/2015 15:50:00:000 RC3_EM3002_Pr305
> 28/03/2015 16:05:00:000 28/03/2015 16:36:00:000 RC3_EM3002_Pr306
> 28/03/2015 16:38:00:000 28/03/2015 17:01:00:000 RC3_EM3002_Pr307
> 28/03/2015 17:27:00:000 28/03/2015 17:51:00:000 RC3_EM3002_Pr308a
> 28/03/2015 17:54:00:000 28/03/2015 18:53:00:000 RC3_EM3002_Pr308b

> 29/03/2015 05:04:00:000 29/03/2015 06:10:00:000 RC3_EM3002_Pr309a
> 29/03/2015 06:11:00:000 29/03/2015 06:45:00:000 RC3_EM3002_Pr309b
> 29/03/2015 07:13:00:000 29/03/2015 07:22:00:000 RC3_EM3002_Pr309c
> 29/03/2015 07:27:00:000 29/03/2015 07:33:00:000 RC3_EM3002_Pr309d
> 29/03/2015 08:07:00:000 29/03/2015 08:14:00:000 RC3_EM3002_Pr309e
> 29/03/2015 09:03:00:000 29/03/2015 09:09:00:000 RC3_EM3002_Pr309f
> 29/03/2015 09:12:00:000 29/03/2015 09:31:00:000 RC3_EM3002_Pr309g
> 29/03/2015 09:55:00:000 29/03/2015 10:08:00:000 RC3_EM3002_Pr309h
> 29/03/2015 10:11:00:000 29/03/2015 10:23:00:000 RC3_EM3002_Pr309i
> 29/03/2015 10:51:00:000 29/03/2015 11:14:00:000 RC3_EM3002_Pr310
> 29/03/2015 11:20:00:000 29/03/2015 11:44:00:000 RC3_EM3002_Pr311
> 29/03/2015 11:46:00:000 29/03/2015 12:03:00:000 RC3_EM3002_Pr312
> 29/03/2015 12:13:00:000 29/03/2015 12:42:00:000 RC3_EM3002_Pr313
> 29/03/2015 13:23:00:000 29/03/2015 14:15:00:000 RC3_EM3002_Pr314a
> 29/03/2015 14:15:00:000 29/03/2015 15:37:00:000 RC3_EM3002_Pr314b
> 29/03/2015 15:37:00:000 29/03/2015 16:13:00:000 RC3_EM3002_Pr314c

> 30/03/2015 05:03:00:000 30/03/2015 05:57:00:000 RC3_EM3002_Pr315
> 30/03/2015 05:57:00:000 30/03/2015 06:30:00:000 RC3_EM3002_Pr316
> 30/03/2015 06:31:00:000 30/03/2015 07:06:00:000 RC3_EM3002_Pr317
> 30/03/2015 07:07:00:000 30/03/2015 07:39:00:000 RC3_EM3002_Pr318

> 30/03/2015 07:41:00:000 30/03/2015 07:55:00:000 RC3_EM3002_Pr319
> 30/03/2015 07:57:00:000 30/03/2015 08:19:00:000 RC3_EM3002_Pr320
> 30/03/2015 08:19:00:000 30/03/2015 09:32:00:000 RC3_EM3002_Pr321
> 30/03/2015 09:32:00:000 30/03/2015 09:57:00:000 RC3_EM3002_Pr322
> 30/03/2015 10:00:00:000 30/03/2015 10:18:00:000 RC3_EM3002_Pr323
> 30/03/2015 10:20:00:000 30/03/2015 10:42:00:000 RC3_EM3002_Pr324
> 30/03/2015 10:44:00:000 30/03/2015 10:55:00:000 RC3_EM3002_Pr325
> 30/03/2015 10:57:00:000 30/03/2015 11:05:00:000 RC3_EM3002_Pr326
> 30/03/2015 11:06:00:000 30/03/2015 11:13:00:000 RC3_EM3002_Pr327
> 30/03/2015 11:14:00:000 30/03/2015 11:48:00:000 RC3_EM3002_Pr328
> 30/03/2015 11:48:00:000 30/03/2015 13:23:00:000 RC3_EM3002_Pr329
> 30/03/2015 13:23:00:000 30/03/2015 13:52:00:000 RC3_EM3002_Pr330

ZONE BETSIBOKA

> 02/04/2015 15:04:00:000 02/04/2015 16:00:00:000 RC3_EM3002_Pr331a
> 02/04/2015 16:00:00:000 02/04/2015 17:00:00:000 RC3_EM3002_Pr331b
> 02/04/2015 17:00:00:000 02/04/2015 18:19:00:000 RC3_EM3002_Pr331c
> 02/04/2015 19:17:00:000 02/04/2015 20:30:00:000 RC3_EM3002_Pr332a
> 02/04/2015 20:30:00:000 02/04/2015 21:30:00:000 RC3_EM3002_Pr332b
> 02/04/2015 21:30:00:000 02/04/2015 22:30:00:000 RC3_EM3002_Pr332c
> 02/04/2015 22:39:00:000 02/04/2015 23:15:00:000 RC3_EM3002_Pr333a
> 02/04/2015 23:15:00:000 03/04/2015 00:06:00:000 RC3_EM3002_Pr333b

> 03/04/2015 00:33:00:000 03/04/2015 01:33:00:000 RC3_EM3002_Pr334a
> 03/04/2015 01:33:00:000 03/04/2015 02:33:00:000 RC3_EM3002_Pr334b
> 03/04/2015 02:33:00:000 03/04/2015 03:33:00:000 RC3_EM3002_Pr334c
> 03/04/2015 03:33:00:000 03/04/2015 04:53:00:000 RC3_EM3002_Pr334d

ZONE MELAKY

> 04/04/2015 12:21:00:000 04/04/2015 13:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335a
> 04/04/2015 13:30:00:000 04/04/2015 14:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335b
> 04/04/2015 14:30:00:000 04/04/2015 15:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335c
> 04/04/2015 15:30:00:000 04/04/2015 16:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335d
> 04/04/2015 16:30:00:000 04/04/2015 17:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335e
> 04/04/2015 17:30:00:000 04/04/2015 18:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335f
> 04/04/2015 18:30:00:000 04/04/2015 19:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335g
> 04/04/2015 19:30:00:000 04/04/2015 20:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335h
> 04/04/2015 20:30:00:000 04/04/2015 21:30:00:000 RC3_EM3002_Pr335i
> 04/04/2015 21:30:00:000 04/04/2015 22:01:00:000 RC3_EM3002_Pr335j
> 04/04/2015 22:14:00:000 04/04/2015 23:39:00:000 RC3_EM3002_Pr336

> 05/04/2015 00:09:00:000 05/04/2015 00:38:00:000 RC3_EM3002_Pr337

> 05/04/2015 00:41:00:000 05/04/2015 01:16:00:000 RC3_EM3002_Pr338
> 05/04/2015 01:28:00:000 05/04/2015 02:03:00:000 RC3_EM3002_Pr339
> 05/04/2015 02:14:00:000 05/04/2015 02:45:00:000 RC3_EM3002_Pr340
> 05/04/2015 02:50:00:000 05/04/2015 03:22:00:000 RC3_EM3002_Pr341
> 05/04/2015 03:58:00:000 05/04/2015 05:00:00:000 RC3_EM3002_Pr342a
> 05/04/2015 05:00:00:000 05/04/2015 06:00:00:000 RC3_EM3002_Pr342b
> 05/04/2015 06:00:00:000 05/04/2015 07:00:00:000 RC3_EM3002_Pr342c
> 05/04/2015 07:00:00:000 05/04/2015 08:00:00:000 RC3_EM3002_Pr342d
> 05/04/2015 08:00:00:000 05/04/2015 09:00:00:000 RC3_EM3002_Pr342e
> 05/04/2015 09:00:00:000 05/04/2015 10:18:00:000 RC3_EM3002_Pr342f
> 05/04/2015 10:34:00:000 05/04/2015 11:30:00:000 RC3_EM3002_Pr343a
> 05/04/2015 11:30:00:000 05/04/2015 12:30:00:000 RC3_EM3002_Pr343b
> 05/04/2015 12:30:00:000 05/04/2015 13:30:00:000 RC3_EM3002_Pr343c
> 05/04/2015 13:30:00:000 05/04/2015 14:30:00:000 RC3_EM3002_Pr343d
> 05/04/2015 14:30:00:000 05/04/2015 15:30:00:000 RC3_EM3002_Pr343e
> 05/04/2015 15:30:00:000 05/04/2015 16:32:00:000 RC3_EM3002_Pr343f

ZONE JUAN

> 05/04/2015 21:30:00:000 05/04/2015 22:22:00:000 RC3_EM3002_Pr344
> 05/04/2015 22:22:00:000 05/04/2015 22:39:00:000 RC3_EM3002_Pr345

> 06/04/2015 11:49:00:000 06/04/2015 11:57:00:000 RC3_EM3002_Pr346
> 06/04/2015 11:57:00:000 06/04/2015 12:11:00:000 RC3_EM3002_Pr347
> 06/04/2015 12:11:00:000 06/04/2015 13:07:00:000 RC3_EM3002_Pr348
> 06/04/2015 13:10:00:000 06/04/2015 13:24:00:000 RC3_EM3002_Pr349
> 06/04/2015 13:29:00:000 06/04/2015 14:51:00:000 RC3_EM3002_Pr350
> 06/04/2015 14:51:00:000 06/04/2015 15:06:00:000 RC3_EM3002_Pr351

> 07/04/2015 05:14:00:000 07/04/2015 05:29:00:000 RC3_EM3002_Pr352
> 07/04/2015 05:29:00:000 07/04/2015 05:43:00:000 RC3_EM3002_Pr353
> 07/04/2015 05:43:00:000 07/04/2015 07:00:00:000 RC3_EM3002_Pr354
> 07/04/2015 07:03:00:000 07/04/2015 08:47:00:000 RC3_EM3002_Pr355
> 07/04/2015 08:47:00:000 07/04/2015 10:11:00:000 RC3_EM3002_Pr356
> 07/04/2015 10:36:00:000 07/04/2015 11:03:00:000 RC3_EM3002_Pr357a
> 07/04/2015 11:10:00:000 07/04/2015 11:34:00:000 RC3_EM3002_Pr357b
> 07/04/2015 11:39:00:000 07/04/2015 11:58:00:000 RC3_EM3002_Pr357c
> 07/04/2015 12:03:00:000 07/04/2015 12:17:00:000 RC3_EM3002_Pr358
> 07/04/2015 12:24:00:000 07/04/2015 13:19:00:000 RC3_EM3002_Pr359
> 07/04/2015 13:23:00:000 07/04/2015 13:50:00:000 RC3_EM3002_Pr360
> 07/04/2015 13:52:00:000 07/04/2015 14:02:00:000 RC3_EM3002_Pr361

> 08/04/2015 05:49:00:000 08/04/2015 05:59:00:000 RC3_EM3002_Pr362

> 08/04/2015 05:59:00:000 08/04/2015 06:09:00:000 RC3_EM3002_Pr363
> 08/04/2015 06:09:00:000 08/04/2015 07:14:00:000 RC3_EM3002_Pr364
> 08/04/2015 07:23:00:000 08/04/2015 09:38:00:000 RC3_EM3002_Pr365
> 08/04/2015 09:45:00:000 08/04/2015 10:10:00:000 RC3_EM3002_Pr366
> 08/04/2015 10:16:00:000 08/04/2015 11:37:00:000 RC3_EM3002_Pr367
> 08/04/2015 11:37:00:000 08/04/2015 12:05:00:000 RC3_EM3002_Pr368a
> 08/04/2015 12:14:00:000 08/04/2015 12:25:00:000 RC3_EM3002_Pr368b
> 08/04/2015 12:28:00:000 08/04/2015 12:39:00:000 RC3_EM3002_Pr368c
> 08/04/2015 13:21:00:000 08/04/2015 14:02:00:000 RC3_EM3002_Pr369
> 08/04/2015 14:02:00:000 08/04/2015 14:16:00:000 RC3_EM3002_Pr370

17.2. Tableau de traitement

Profils	Date début	Heure début	Date fin	Heure fin	Vitesse	Cap	Zones	Bathymétrie						Imagerie			Observations
								Flagmbb	Célerité à l'acquisition	Correction de célérité	Biais immersion	Odicee	Point correction marée	Maille	Interpolation 1	Interpolation 2	
RC3_CAL02	27/03/15	17:56:00	27/03/15	18:08:00	4	72	Glorieuses	X	SVP_20150327_1730			X	11°29.94				Imagerie non traité car profil identique au RC3_CAL01
RC3_CAL01	27/03/15	18:18:00	27/03/15	18:32:00	4	72	Glorieuses	X	SVP_20150327_1730			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_CAL_ROULIS01	27/03/15	19:12:00	27/03/15	19:32:00	4	64	Glorieuses	X	SVP_20150327_1730			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_CAL_ROULIS02	27/03/15	19:38:00	27/03/15	19:42:00	4	64	Glorieuses	X	SVP_20150327_1730			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr301a	27/03/15	20:31:00	27/03/15	21:08:00	4	15	Glorieuses	X	SVP_20150327_1730			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr301b	27/03/15	21:10:00	27/03/15	22:23:00	4	80	Glorieuses	X	SVP_20150327_1730			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr302	28/03/15	11:40:00	28/03/15	12:06:30	4	15	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr303	28/03/15	12:20:00	28/03/15	12:55:00	4	15	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr304	28/03/15	14:44:00	28/03/15	15:22:00	4	15	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr305	28/03/15	15:25:00	28/03/15	15:50:00	4	15	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr306	28/03/15	16:05:00	28/03/15	16:36:00	4	15	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	1	1/3		
RC3_Pr307	28/03/15	16:38:00	28/03/15	17:01:00	4	15	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	1	1/3	1/3	
RC3_Pr308a	28/03/15	17:27:00	28/03/15	17:51:00	4	125	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr308b	28/03/15	17:54:00	28/03/15	18:53:00	4	80	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr309a	29/03/15	05:04:00	29/03/15	06:10:00	5	80	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr309b	29/03/15	06:11:00	29/03/15	06:45:00	5	125	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr309c	29/03/15	07:13:00	29/03/15	07:22:00	5	170	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94				traversier- à extraire du MNT
RC3_Pr309d	29/03/15	07:27:00	29/03/15	07:33:00	5	130	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94				traversier- à extraire du MNT
RC3_Pr309e	29/03/15	08:07:00	29/03/15	08:14:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr309f	29/03/15	09:03:00	29/03/15	09:09:00	5	35	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr309g	29/03/15	09:12:00	29/03/15	09:31:00	5	100	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94				traversier- à extraire du MNT
RC3_Pr309h	29/03/15	09:55:00	29/03/15	10:08:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr309i	29/03/15	10:11:00	29/03/15	10:23:00	5	30	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr310	29/03/15	10:51:00	29/03/15	11:14:00	5	125	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr311	29/03/15	11:20:00	29/03/15	11:44:00	5	125	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr312	29/03/15	11:46:00	29/03/15	12:03:00	5	125	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr313	29/03/15	12:13:00	29/03/15	12:42:00	5	125	Glorieuses	X	SVP_20150328_1108			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr314a	29/03/15	13:23:00	29/03/15	14:15:00	5	98	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr314b	29/03/15	14:15:00	29/03/15	15:37:00	5	72	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr314c	29/03/15	15:37:00	29/03/15	16:13:00	5	25	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94				Fichier .sni vérolé
RC3_Pr315	30/03/15	05:03:00	30/03/15	05:57:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94				Fichier .sni vérolé
RC3_Pr316	30/03/15	05:57:00	30/03/15	06:30:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr317	30/03/15	06:31:00	30/03/15	07:06:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr318	30/03/15	07:07:00	30/03/15	07:39:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3		
RC3_Pr319	30/03/15	07:41:00	30/03/15	07:55:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3	1/3	
RC3_Pr320	30/03/15	07:57:00	30/03/15	08:19:00	5	45	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	0,5	1/3		
RC3_Pr321	30/03/15	08:19:00	30/03/15	09:32:00	5	110	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3	1/3	
RC3_Pr322	30/03/15	09:32:00	30/03/15	09:57:00	5	135	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr323	30/03/15	10:00:00	30/03/15	10:18:00	5	135	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3		
RC3_Pr324	30/03/15	10:20:00	30/03/15	10:42:00	5	135	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3	1/3	
RC3_Pr325	30/03/15	10:44:00	30/03/15	10:55:00	5	100	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3		
RC3_Pr326	30/03/15	10:57:00	30/03/15	11:05:00	5	100	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3	1/3	
RC3_Pr327	30/03/15	11:06:00	30/03/15	11:13:00	5	135	Glorieuses										Pas traité - trop profond
RC3_Pr328	30/03/15	11:14:00	30/03/15	11:48:00	5	45	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3		
RC3_Pr329	30/03/15	11:48:00	30/03/15	13:23:00	5	60	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3		
RC3_Pr330	30/03/15	13:23:00	30/03/15	13:52:00	5	20	Glorieuses	X	SVP_20150329_1305			X	11°29.94	1	1/3		
RC3_Pr331a	02/04/15	15:04:00	02/04/15	16:00:00	5	140	Betsiboka	X	SVP_20150329_1305	SVP_20150402_1845	+2m	X	15°29.46	0,5	1/3		Réintégration du profil de cel tiré après ce profil car nouvelle zone
RC3_Pr331b	02/04/15	16:00:00	02/04/15	17:00:00	5	140	Betsiboka	X	SVP_20150329_1305	SVP_20150402_1845	+2m	X	15°29.46	0,5	1/3		Réintégration du profil de cel tiré après ce profil car nouvelle zone
RC3_Pr331c	02/04/15	17:00:00	02/04/15	18:19:00	5	140	Betsiboka	X	SVP_20150329_1305	SVP_20150402_1845	+2m	X	15°29.46	0,5	1/3		Réintégration du profil de cel tiré après ce profil car nouvelle zone
RC3_Pr332a	02/04/15	19:17:00	02/04/15	20:30:00	5	45	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr332b	02/04/15	20:30:00	02/04/15	21:30:00	5	45	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	1	1/3		
RC3_Pr332c	02/04/15	21:30:00	02/04/15	22:30:00	5	45	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	1	1/3	1/3	
RC3_Pr333a	02/04/15	22:39:00	02/04/15	23:15:00	5	135	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	0,5	1/3		
RC3_Pr333b	02/04/15	23:15:00	03/04/15	00:06:00	5	135	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	0,5	1/3		
RC3_Pr334a	03/04/15	00:33:00	03/04/15	01:33:00	5	85	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	0,5	1/3		
RC3_Pr334b	03/04/15	01:33:00	03/04/15	02:33:00	5	85	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	0,5	1/3		
RC3_Pr334c	03/04/15	02:33:00	03/04/15	03:33:00	5	85	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	0,5	1/3		
RC3_Pr334d	03/04/15	03:33:00	03/04/15	04:53:00	5	85	Betsiboka	X	SVP_20150402_1845			X	15°29.46	1	1/3	1/3	
RC3_Pr335a	04/04/15	12:21:00	04/04/15	13:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335b	04/04/15	13:30:00	04/04/15	14:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335c	04/04/15	14:30:00	04/04/15	15:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr335d	04/04/15	15:30:00	04/04/15	16:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335e	04/04/15	16:30:00	04/04/15	17:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335f	04/04/15	17:30:00	04/04/15	18:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335g	04/04/15	18:30:00	04/04/15	19:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335h	04/04/15	19:30:00	04/04/15	20:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335i	04/04/15	20:30:00	04/04/15	21:30:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr335j	04/04/15	21:30:00	04/04/15	22:01:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr336	04/04/15	22:14:00	04/04/15	23:39:00	5	35	Melaky	X	SVP_20150404_1155			X	16°51.43	1	1/3		
RC3_Pr337	05/04/15	00:09:00	05/04/15	00:38:00	5	135	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr338	05/04/15	00:41:00	05/04/15	01:16:00	5	170	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	1	1/3		
RC3_Pr339	05/04/15	01:28:00	05/04/15	02:03:00	5	40	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	1	1/3		
RC3_Pr340	05/04/15	02:14:00	05/04/15	02:45:00	5	60	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	1	1/3		
RC3_Pr341	05/04/15	02:50:00	05/04/15	03:22:00	5	100	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	1	1/3		
RC3_Pr342a	05/04/15	03:58:00	05/04/15	05:00:00	5	125	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr342b	05/04/15	05:00:00	05/04/15	06:00:00	5	125	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr342c	05/04/15	06:00:00	05/04/15	07:00:00	5	125	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr342d	05/04/15	07:00:00	05/04/15	08:00:00	5	125	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr342e	05/04/15	08:00:00	05/04/15	09:00:00	5	125	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr342f	05/04/15	09:00:00	05/04/15	10:18:00	5	125	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr343a	05/04/15	10:34:00	05/04/15	11:30:00	5	95	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr343b	05/04/15	11:30:00	05/04/15	12:30:00	5	95	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr343c	05/04/15	12:30:00	05/04/15	13:30:00	5	95	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr343d	05/04/15	13:30:00	05/04/15	14:30:00	5	95	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr343e	05/04/15	14:30:00	05/04/15	15:30:00	5	95	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		
RC3_Pr343f	05/04/15	15:30:00	05/04/15	16:32:00	5	95	Melaky	X	SVP_20150404_2350			X	16°51.43	0,5	1/3		

RC3_Pr344	05/04/15	21:30:00	05/04/15	22:22:00	4	85	Juan	X	SVP_20150404_2350		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr345	05/04/15	22:22:00	05/04/15	22:39:00	4	60	Juan	X	SVP_20150404_2350	+0,2m	X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr346	06/04/15	11:49:00	06/04/15	11:57:00	4	60	Juan	X	SVP_20150404_2350		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr347	06/04/15	11:57:00	06/04/15	12:11:00	4	45	Juan	X	SVP_20150404_2350		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr348	06/04/15	12:11:00	06/04/15	13:07:00	4	110	Juan	X	SVP_20150404_2350		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr349	06/04/15	13:10:00	06/04/15	13:24:00	4	170	Juan	X	SVP_20150404_2350		X	16°59.57	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr350	06/04/15	13:29:00	06/04/15	14:51:00	4	95	Juan	X	SVP_20150404_2350		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr351	06/04/15	14:51:00	06/04/15	15:06:00	4	60	Juan	X	SVP_20150404_2350		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr352	07/04/15	05:14:00	07/04/15	05:29:00	4	60	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr353	07/04/15	05:29:00	07/04/15	05:43:00	4	90	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr354	07/04/15	05:43:00	07/04/15	07:00:00	4	45	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr355	07/04/15	07:03:00	07/04/15	08:47:00	4	100	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	1	1/3		
RC3_Pr356	07/04/15	08:47:00	07/04/15	10:11:00	4	175	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr357a	07/04/15	10:36:00	07/04/15	11:03:00	4	45	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr357b	07/04/15	11:10:00	07/04/15	11:34:00	4	175	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr357c	07/04/15	11:39:00	07/04/15	11:58:00	4	175	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	1	1/3		
RC3_Pr358	07/04/15	12:03:00	07/04/15	12:17:00	4	175	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	1	1/3		
RC3_Pr359	07/04/15	12:24:00	07/04/15	13:19:00	4	35	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr360	07/04/15	13:23:00	07/04/15	13:50:00	4	140	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr361	07/04/15	13:52:00	07/04/15	14:02:00	4	60	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr362	08/04/15	05:49:00	08/04/15	05:59:00	4	60	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr363	08/04/15	05:59:00	08/04/15	06:09:00	4	90	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr364	08/04/15	06:09:00	08/04/15	07:14:00	4	45	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr365	08/04/15	07:23:00	08/04/15	09:38:00	4	100	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr366	08/04/15	09:45:00	08/04/15	10:10:00	4	15	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	1	1/3		
RC3_Pr367	08/04/15	10:16:00	08/04/15	11:37:00	4	100	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr368a	08/04/15	11:37:00	08/04/15	12:05:00	4	135	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr368b	08/04/15	12:14:00	08/04/15	12:25:00	4	170	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3	1/3	
RC3_Pr368c	08/04/15	12:28:00	08/04/15	12:39:00	4	145	Juan	X	SVP_20150407_0415		X	16°59.57	0,5	1/3		
RC3_Pr369	08/04/15	13:21:00	08/04/15	14:02:00	4	85	Juan	X	SVP_20150408_1211		X	16°59.57	0,5	1/3		1er fichier vérolé

17.3. Écart entre le zéro hydrographique et le zéro IGN

A titre indicatif, le tableau suivant indique le décalage entre le zéro hydrographique et zéro IGN à Mayotte :

07 Nom	Type	Lat	Long	Et.	Constante	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Dzaoudzi [Mayotte]	R	12 47 S	45 15 E		2008	04.20	03.60	02.70	02.03	01.35	00.40	00.00
Mayotte												
Mtiti	S	12 55 S	45 04 E			04.38	03.75	02.80	02.10	01.40	00.40	-0.01

Nom	Repère fondamental	Organisme	Date	ZH/RF	RF/Ref	ZH/Ref	ZH/GRS80	Ref
Dzaoudzi [Mayotte]	N-402-BIS	SHOM	2008	7.332	5.553	-1.779	-21.72	IGN50
Mayotte								
Mtiti								

Tableau 3: Références altimétriques maritimes (zéro hydrographique) pour Mayotte