

Campagne océanographique de surveillance

MD246-MAYOBS30

Note hebdomadaire n°2

Période du Lundi 23 septembre au dimanche 29 septembre 23h59

1. Résumé des principaux résultats préliminaires :

1.1. Sismologie :

Tous les OBS classiques ont été récupérés (2 OBS large bande et 5 OBS courte période). Tous les instruments ont enregistré jusqu'à leur récupération hormis MOAR qui s'est arrêté le 1^{er} juillet 2024. Le séisme ressenti (Magnitude 4,9) du 27 août 2024 (15h51 TU) a été enregistré. Deux des 3 OBS courte période ont été déployés ainsi que les 2 OBS large bande.

1.2. Déformation :

- Les deux capteurs de pression à dérive contrôlée A-0-A ont été récupérés. Les deux instruments ont enregistré de la donnée pendant un an, de septembre 2023 à septembre 2024.
- À première vue, les données de pression sont riches en information sur les cycles de marées et les variations océaniques locales. Le séisme de magnitude M 4.9 du 27 août 2024 a été enregistré par les deux instruments. Un traitement approfondi sera nécessaire pour en dégager tout signal de déformation du sol.

1.3. Hydrophones :

- La récupération et le redéploiement des quatre hydrophones est en cours. Deux mouillages ont pour l'instant été récupérés, dont MAHY43 qui comprenait un doublon de capteurs. Les trois instruments ont fonctionné pendant les 12,5 mois de déploiement. Les données récupérées sont d'excellente qualité. Un examen rapide montre que les trois hydrophones ont enregistré la sismicité locale, dont le séisme ressenti du 27/08/2024 et différentes espèces de baleines déjà identifiées.
- Des signaux impulsionnels corrélés par le passé aux épanchements de lave n'ont pour l'instant pas été observés sur les données qui viennent d'être acquises.
- Aucun signal particulier n'a été détecté suite à la perte du glider Alseamar depuis le 01/08/2024 à 18:06 TU.

1.4. Bathymétrie :

- Le calcul des différentiels réalisés à bord à partir des données prétraitées mais non finalisées n'a révélé aucun changement majeur dans la morphologie des fonds marins de la boîte VOLCAN, de la boîte CÔTE, et de la boîte FER A CHEVAL.

1.5. Panaches acoustiques et émission de fluides magmatiques (CO₂ liquide) :

- Sous réserve de l'analyse fine à posteriori à terre, l'analyse préliminaire n'a pas révélé l'existence de nouveaux sites d'émission de fluides en fond de mer (panaches acoustiques) dans les zones du volcan Fani Maoré, dans la zone de la boîte Côte, y compris dans la zone du Fer à Cheval et son périmètre élargi,
- Observation et imagerie acoustique des émissions de fluides (principalement du CO₂ liquide) dans le périmètre élargi de la zone du Fer à Cheval : continuité sans ambiguïté de l'activité d'émission de fluides sur 21 des 23 sites déjà observés pendant les campagnes antérieures à savoir A₀, A₁, A₂, B₀, B₁, C₀, C₁, C₂+C₃, C₄, C₅, D₀, D₁, D₂, D₃, E₀, G₀, H₀, I₀, I₁, J₀ ;
- L'étude de l'acoustique colonne d'eau réalisée sur la boîte VOLCAN a permis de détecter une zone de légère augmentation de l'amplitude du signal acoustique depuis le fond jusqu'à mi-hauteur de la colonne d'eau, dans la zone des dernières coulées actives de Fani Maoré. Une deuxième acquisition n'a pas permis de confirmer l'observation acoustique réalisée environ 48h plus tôt du fait d'un niveau trop bruité des sondeurs.
- En conditions marines de courants faibles, marée à l'étape et mortes eaux, les panaches de fluides (CO₂) les plus actifs atteignent une profondeur de 300 à 350 m sous la surface de la mer, similaire à celles observées il y a un an lors de la campagne MAYOBS25.

1.6. Physico-chimie de la colonne d'eau avec mesures par CTD-Rosette :

Durant la campagne en mer MD246-MAYOBS30, les analyses préliminaires disponibles (pH, alcalinité) présentent des valeurs cohérentes avec la connaissance des sites prélevés. Les concentrations en CO₂ analysées sur le bateau, mais non retraitées à ce jour, demeurent à exploiter. La ProOceanus pCO₂ utilisée pour la première fois pendant une campagne MAYOBS confirme la poursuite des émissions de CO₂ liquide sur la zone du Fer à Cheval.

1.7 Physico-chimie de la colonne d'eau avec mesures par planeur sous-marin (glider) :

- Les profils HY02 (profil vertical) et HY04 (profil en yo-yo vertical et le long d'une translation horizontale) montrent de façon préliminaire des profils de concentrations de CO₂ cohérents avec les sites traversés.
- Un travail de validation des données de gaz dissous dans les prélèvements et l'application d'un algorithme d'étalonnage du capteur de CH₄ déployé sur le glider restent à faire.
- Le profil HY02 a permis d'échantillonner un des panaches situés sur le site C et des mesures synchrones avec le glider ce qui permettra de déterminer la composition en gaz dissous dans la colonne d'eau et d'inférer la composition physico-chimique du fluide émis.
- L'intercomparaison avec des données de référence sera faite une fois les analyses réalisées sur les échantillons transportés à terre dans les laboratoires de l'Ifremer à Plouzané.

1.8. Courantométrie de fond :

Un mouillage contenant un ADCP de 150 kHz, présentant une portée d'environ 250 mètres, a été déployé au centre du Fer à Cheval à proximité des panaches. L'ADCP a fonctionné correctement toute l'année de son déploiement. Un premier examen rapide des données permet d'identifier des panaches. Le traitement des données sera effectué à terre.

1.9. Dragage de roches - dynamique éruptive

- Dragues réalisées avec un objectif de réaliser un trait de dragues de moins de 200m sur le fond pour respecter les consignes du Parc Naturel Marin de Mayotte

- DR41 : dragage sur un dôme de lave (dynamisme effusif) localisé à l'est du Fer à Cheval, composition phonolitique avec annite d'aspect ancien (présence de manganèse)
- DR42 : dragage sur le flanc sud du cône pyroclastique (dynamisme explosif) Fer à Cheval, composition phonolitique.
- DR43 : dragage sur un cône pyroclastique (dynamisme explosif) dans l'alignement de Petite-Terre – Fer à Cheval, à 700 mètres de l'île de Petite-Terre. Brèche contenant des fragments anguleux de scories oxydés dans une matrice carbonatée, recouvertes d'une croûte d'oxydes de manganèse.
- DR44 : dragage sur un cône pyroclastique (dynamisme explosif) dans l'alignement de Petite-Terre – Fer à Cheval, à 2000 mètres de l'île de Petite Terre. Brèche contenant des fragments anguleux de scories oxydés dans une matrice carbonatée, recouvertes d'une croûte d'oxydes de manganèse.

1.10. Géologie du substratum (< 100 m) : Des profils de sondeur de sédiment ont été réalisés pendant le transit de La Réunion à la zone d'étude ainsi que dans la zone d'étude et en particulier dans la zone du Fer à Cheval, du chenal au Nord du Fer à Cheval ainsi que dans les zones des futures installations du projet d'observatoire câblés sous-marin (axe 5, MARMOR). Ces profils permettent d'inférer la structure, la nature et l'origine du substratum dans les premières dizaines de mètres.

1.11. Cartographie SIG, géomatique :

La cartographie SIG pour les profils d'acquisition, les opérations de mouillages et de prélèvements a été réalisée au fil de l'eau. Chaque opération est associée à une carte de localisation, à un fichier de points, et à une fiche de préparation de l'opération avec toutes les informations nécessaires pour les équipes.

1.12. Observation des mammifères marins (MMO) :

- Observations réalisées en conformité avec les règles établies par la Préfecture et la DEAL pour les ZEE de La Réunion (arrêt des sondeurs multifaisceau et monofaisceau si présence de mammifères marins $\leq 300\text{m}$ et $\leq 50\text{m}$ tortues marines du navire pour la ZEE de La Réunion ; et respectivement $\leq 100\text{m}$ et $\leq 50\text{m}$ pour les ZEE de Tromelin, Glorieuses, et Mayotte)
- Observation de dauphins le 17/09/2024 dans la ZEE de La Réunion et le 19/09/2024 dans la ZEE de Tromelin et arrêt temporaire des sondeurs

2. Contexte

L'île de Mayotte fait face à un phénomène sismo-volcanique sans précédent depuis cinq ans, lié à une éruption volcanique qui a culminé par la naissance d'un nouveau volcan, Fani Maoré, qui mesure au moins 817m de haut pour 6,55 km³ de volume et qui se situe par 3400 de fond à environ 50 km à l'Est de Petite-Terre, Mayotte. L'activité se traduit par la présence d'essaims sismiques très actifs qui ont débuté le 10 mai 2018 à l'Est des côtes volcaniques de Mayotte. Plusieurs milliers de séismes avaient été enregistrés par le réseau sismologique à terre (RESIF, RENASS, BRGM, REVOSIMA) et plusieurs centaines ont été ressentis par la population. Le plus gros séisme d'une magnitude de M=5,9 a eu lieu

le 15 mai 2018 et a fortement inquiété la population mahoraise (bulletins REVOSIMA¹). Les données de GPS montrent que l'île s'est déplacée vers l'Est de 21 à 25 cm et s'est enfoncée de 10 à 19 cm, en fonction de la localisation, essentiellement en début de crise à partir du mois de juillet 2018 (bulletins REVOSIMA). Les modèles de déformation suggèrent que la source de ce phénomène soit la déflation d'une poche de magma très volumineuse, profonde, à l'Est de l'île (Cesca et al., 2020 ; Lemoine et al., 2020 ; Feuillet et al., 2021). Le dernier séisme ressenti a été enregistré par le REVOSIMA le 27-08-2024 à 15:51:16 avec une magnitude MLv de 4,87 et à une profondeur de 48,45 km (Latitude : -12.7458 - Longitude : 45.6193) (REVOSIMA, <https://www.ipgp.fr/actualites-du-revosima/>; <https://renass.unistra.fr/fr/zones/mayotte/>).

En réponse à cette éruption volcanique sous-marine et à la sismicité associée qui a fortement affecté Mayotte en 2018, la mission de surveillance de cette zone volcanique a été confiée par le cabinet du Premier Ministre et les ministères concernés à l'IPGP, afin qu'il mette en place le Réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (REVOSIMA). L'IPGP et le BRGM assurent la coordination et le pilotage du REVOSIMA. La surveillance opérationnelle de l'activité sismo-volcanique est réalisée par l'IPGP à travers l'Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise (OVFP-IPGP) en co-responsabilité avec le BRGM. Le REVOSIMA (<https://www.ipgp.fr/observation/infrastructures-nationales-hebergees/revosima/>) s'appuie sur un étroit partenariat scientifique et technique avec l'Ifremer et le CNRS, l'ITES et le RENASS, l'IRD, l'IGN, l'ENS, l'Université de la Réunion, l'Université Clermont Auvergne, l'Université de Bretagne Occidentale, l'Université de La Rochelle, le CNES, Météo France, et le SHOM.

Les missions du Réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (Revosima) sont :

- a. De développer les connaissances scientifiques sur les phénomènes sismiques, volcaniques, glissements de terrain, tsunami et d'établir un niveau de base des signaux associés aux processus volcaniques, d'assurer l'enregistrement de la sismicité régionale de la zone de Mayotte
- b. De détecter les changements dans l'activité et de transmettre aux autorités en charge de la sécurité civile les alertes sur les phénomènes observés
- c. De diffuser une information régulière à tous les acteurs dont la population

Les campagnes MAYOBS sont menées afin de suivre l'évolution de l'activité sismique et volcanique qui affecte l'île volcanique de Mayotte depuis mai 2018. Elles sont réalisées dans le cadre du programme d'actions (Revosima) financé par le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, le Ministère de l'Intérieur et des Outre-mer en liaison avec les autres ministères et instituts français (IPGP, CNRS, BRGM, IFREMER), et depuis 2022, de la MAPPPROM (mission de pilotage des politiques publiques de prévention et de gestion des risques majeurs aux territoires ultramarins). L'acquisition des données géologiques et géophysiques se situe à l'Est de Mayotte. Les études antérieures du SHOM dans la zone du volcan font également partie du projet MAYOBS.

Dans le cadre du REVOSIMA, les équipes scientifiques et techniques de l'IPGP, du BRGM, de l'Ifremer et des laboratoires du CNRS-INSU acquièrent des données de géophysique marine permettant l'identification et l'analyse des panaches acoustiques causés par des émissions de fluides ou de particules dans la colonne d'eau et la production de cartes bathymétriques et de réflectivité du fond

¹ Réseau de surveillance Volcanologique et Sismologique de Mayotte (REVOSIMA)

marin dans l'objectif d'évaluer les évolutions des émissions de fluides ou de particules, de la morphologie et de la nature du fond marin d'une campagne MAYOBS à l'autre (<https://doi.org/10.18142/291>; Rinnert et al. 2019). Ils maintiennent également un réseau d'instruments sous-marins notamment les sismomètres fond de mer qui enregistrent les ondes générées par les séismes et permettent la localisation de leur source avec précision. Un réseau d'hydrophones sur mouillages de subsurface permet d'enregistrer les sons associés aux sorties de lave sur le fond de l'océan. Des profils de sismique réflexion ont également pu être acquis imageant ainsi la géométrie de la couverture sédimentaire et les structures volcaniques récentes sur les premiers kilomètres de profondeur (MAYOBS17). Des prélèvements de la colonne d'eau par CTD-rosette sont réalisés pour localiser et caractériser les anomalies géochimiques en lien avec les émissions de fluides dans la colonne d'eau. Certaines analyses sur le contenu en gaz, en particules et en composés dissous des fluides prélevés, sont effectuées à bord ou en laboratoire, au retour des missions océanographiques. Des échantillons de roches volcaniques, issus des coulées de lave émises par le nouveau volcan formé, dénommé « Fani Maoré », ainsi que des complexes volcaniques présents et composant la chaîne volcanique sous-marine orientale de Mayotte (i.e., complexe volcanique du Fer à Cheval et cônes alentours), sont également prélevés par dragages sur le fond marin pour connaître la composition géochimique et le contenu en gaz des magmas des éruptions effusives et explosives récentes. Ces informations sont fondamentales pour affiner les scénarios d'activité éruptive potentielle future et interpréter les données issues du réseau de surveillance de l'activité. Des prélèvements des archives sédimentaires ont également été effectués par carottage (MAYOBS19) pour fournir des informations sur la nature, les propriétés physiques et mécaniques des sédiments superficiels et leurs propriétés géotechniques ainsi que sur l'enregistrement des éruptions volcaniques passées. Les niveaux volcaniques, composés de téphras, intercalés dans les sédiments, sont datés et analysés (téphrochronologie) pour compléter la reconstruction du passé éruptif de la zone et mieux contraindre sur le long terme les scénarios possibles d'activité future.

3. Récapitulatif des campagnes de surveillance précédentes

Dans le cadre du programme de surveillance, ce phénomène sismo-volcanique a d'abord été documenté grâce aux données du projet SISMAYOTTE (projet INSU-CNRS Tellus financé par les ministères MESRI et MTE). Afin de compléter le réseau existant à terre, trois nouvelles stations sismologiques ainsi que des GPS des réseaux mobiles de l'INSU ont été installés à Mayotte en mars 2019 par le BRGM et l'IPGS. Une quatrième station (sismomètre + GPS) a été installée sur Grande Glorieuse (île à l'Est de Mayotte) par l'IPGP/OVSG. Des OBS (sismomètres fond de mer) du parc INSU et de l'Ifremer sont déployés et récupérés à plusieurs reprises à l'Est de Mayotte depuis février 2019, à l'aide de navires de la société SGTM.

Depuis le début de la crise, 14 campagnes ont déjà été réalisées avec MAYOBS1, 2, 3, 4, 15, 21, 23, 25 (N/O² Marion Dufresne), SHOM-MAYOBS5 (Beautemps-Beaupré³), MAYOBS13-2 (FUGRO-GAUSS), MAYOBS17, 18, 19 et GEOFLAMME (N/O Pourquoi Pas?) ont eu lieu en mai, juin, juillet et août 2019, mai et octobre 2020, janvier, avril, mai, septembre 2021, juillet 2022, septembre 2023. Plusieurs

² N/O : Navire Océanographique de la FOF

³ bâtiment hydrographique et océanographique du SHOM

campagnes de déploiement et redéploiement des OBS ont eu lieu de février 2019 à juillet 2024 pour la maintenance et la récupération des données enregistrées à partir du N/O Marion Dufresne, N/O Pourquoi Pas ?, du BSAOM Champlain, de l'OSIRIS II ou de barges privées. Les résultats de ces campagnes sont transmis analysés en permanence par le REVOSIMA. Les données sont distribuées via le REVOSIMA ([doi:10.18715/MAYOTTE.REVOSIMA](https://doi.org/10.18715/MAYOTTE.REVOSIMA); <http://datacenter.ipgp.fr> et <http://volobsis.ipgp.fr/data.php>), l'IFREMER (<https://doi.org/10.18142/291>) et le RESNASS (<https://renass.unistra.fr/fr/zones/mayotte/>).

La campagne MAYOBS1 en mai 2019 a mis en évidence un nouveau volcan sous-marin actif, de 820 m de haut et 5 km de diamètre, à 3500 m de profondeur à 50 km à l'Est de Mayotte. Ce volcan, nommé par la suite « Fani Maoré », se situe sur une chaîne volcanique d'orientation N110 composée de plusieurs autres édifices et de coulées de laves ayant des morphologies très bien préservées (Feuillet et *al.*, 2021). Cette chaîne se situe dans le prolongement des cratères de cônes volcaniques de Petite-Terre et de Mamoudzou (tuff-ring, tuff-cones, cônes de scories).

Les observations et mesures effectuées lors de ces campagnes successives ont permis de confirmer l'activité volcanique sous-marine importante de Fani Maoré, depuis mai 2019 jusqu'au 18 janvier 2021 sur la base des dernières évidences d'émission de lave sur différentiels bathymétriques, campagne à la mer SISMAORE et MAYOBS17. Les travaux de Lavayssière et *al.* (2024) suggèrent que l'éruption se serait peut-être arrêtée autour du 4 décembre 2020 sur la base de la diminution drastique de signaux hydroacoustiques caractéristiques. Cependant, la fin précise l'activité d'émission de coulée de lave reste mal déterminée. Les levés acoustiques (différentiels acoustiques des levés de la boîte « VOLCAN ») ont montré une évolution spatiale et temporelle des coulées de lave de Fani Maoré : de mai à juin 2019 au sud du volcan Fani Maoré (coulée de 8 km de diamètre et 70 m de hauteur), de juin à juillet 2019 à l'ouest du volcan Fani Maoré (150 m de hauteur), de juillet 2019 à janvier 2021 au nord-ouest du volcan Fani Maoré (820 m de hauteur) (e.g., bulletins REVOSIMA, Berthod et *al.* 2021 a, b, 2022). A l'aide de mesures acoustiques de la colonne d'eau, des panaches importants (sur plus de 2 km de hauteur) ont été détectés au-dessus du volcan Fani Maoré de mai à juin 2019. Au cours des campagnes MAYOBS1 à 23, des panaches acoustiques allant jusqu'à 1000 m de hauteur, associés à des émissions de fluides fond de mer, ont été identifiés au niveau de l'ancien complexe volcanique du Fer à Cheval, situé à l'aplomb de l'essaim sismique proximal. Les campagnes MAYOBS4, 15, 18, 21, 23, 25 ont permis : (1) d'échantillonner la colonne d'eau, en particulier les zones identifiées à partir des panaches acoustiques avec des prélèvements d'eau de mer/gaz dissous (CTD-Rosette), ainsi que de prélever des roches au fond par dragage, (2) de faire des observations directes *in-situ* (vidéos et photos SCAMPI) sur le fond-marin, ainsi que (3) des levés bathymétriques très haute résolution par AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*). Les résultats préliminaires ont permis de préciser la morphologie du fond, la localisation des sorties de fluides au niveau du Fer à Cheval et du volcan Fani Maoré, ainsi que d'identifier les principaux gaz dissous dans la colonne d'eau (CO₂, CH₄, H₂, He) et d'autres paramètres géochimiques. Les résultats sont présentés régulièrement dans les bulletins mensuels du REVOSIMA. Les différentiels bathymétriques sur la boîte « CÔTE » entre les différents levés (MAYOBS1, 2, 4, 13-2, 15, 17, 18, 23, 25, SHOM-MAYOBS5, GEOFLAMME) n'ont montré aucune modification

morphologique du fond marin (résolution SMF coque). La campagne MAYOBS17 a permis d'acquérir des profils sismiques de différentes résolutions (sondeur de sédiments haute résolution, sismique réflexion) imageant ainsi l'architecture interne et la géométrie des formations sédimentaires, et du substratum ainsi que de leurs relations avec les structures volcaniques au niveau des pentes sous-marines et du talus volcanoclastique de Mayotte. La campagne MAYOBS19 a, quant à elle, permis l'acquisition de carottages sédimentaires superficielles dédiées à la connaissance géologique, volcanologique et géotechnique de la zone potentielle tsunamigène sur la pente nord et est de Mayotte. Plus d'informations sur les différentes campagnes MAYOBS réalisées (<https://doi.org/10.18142/291>) ainsi que sur l'évolution de l'activité sismo-éruptive sont disponibles sur le site du REVOSIMA (<http://www.ipgp.fr/fr/reseau-de-surveillance-volcanologique-sismologique-de-mayotte>).

4. Rappels sur la mission MD246-MAYOBS30

Dans le cadre des actions menées par le REVOSIMA, la nouvelle campagne en mer MD246-MAYOBS30 se déroule à bord du *Marion Dufresne* depuis le 16 septembre jusqu'au 10 octobre 2024. Le *Marion Dufresne* est arrivé sur la zone d'étude le 20 septembre matin.

Le **premier objectif** de la campagne MAYOBS30 est de récupérer les données géophysiques et de maintenir opérationnels les différents réseaux de surveillance et leurs capteurs qui sont récupérés et déployés tous les 6 mois voire 12 mois sur le fond de l'océan, et de redéployer ces capteurs. Les sismomètres (5 OBS courte période SP-OBS ; 2 BB-OBS longue période ; 3 OBS communicants OBS-COM, ces derniers n'ayant pas encore été déployés) permettent le suivi de la sismicité pour préciser l'évolution de la position et de la profondeur des séismes et leur typologie (volcano-tectonique VT, longue période LP, très longue période VLP) afin de mieux anticiper leur migration vers l'île et mieux contraindre les risques (tectoniques, volcaniques, glissements). La campagne MAYOBS29 de déploiement des 3 OBS communicants de type HALIOS (OSEAN) sur l'OSIRIS II n'a pas réussi à déployer les instruments du fait de la défaillance du premier instrument qui ne répond plus après son déploiement. Ces instruments ne seront donc pas relevés et redéployés pendant MAYOBS30 (objectif initial). Différentes opérations seront réalisées pour tenter de communiquer avec l'instrument défaillant sur le fond de la mer et de le visualiser avec la caméra scampi. Ces capteurs nouveaux HALIOS seront intégrés dans le futur réseau câblé de MARMOR. Ils permettent en effet d'être interrogés depuis la surface, sans devoir remonter tant que les batteries ont de l'autonomie de charge, par une balise acoustique pour télécharger un nombre limité de données sélectionnées au préalable sur la base des données enregistrées à terre. La dernière relève/redéploiement des SP-OBS a eu lieu lors de la campagne MAYOBS27 sur l'OSIRIS II en avril 2024. Lors de MAYOBS30 les 4 hydrophones dans le canal SOFAR seront relevés et redéployés. Il est aussi prévu de réaliser le remplacement de 3 des 4 hydrophones dans le canal SOFAR par le premier déploiement à Mayotte d'hydrophones de type HYDROBS avec messagers permettant la remontée de données à 3 reprises et dont l'autonomie d'acquisition est de 3 ans sans maintenance. Les capteurs de pression A-0-A qui permettent l'enregistrement des mouvements verticaux du fond marin et le suivi des déformations qui pourraient accompagner une augmentation de l'activité d'origine volcanique seront relevés tout comme le chassis CIAM qui permet d'enregistrer et de mesurer les courants marins dans la colonne d'eau.

Le **deuxième objectif** de la campagne MAYOBS30 est de cartographier les émissions de fluides (gaz,

liquide et particules) magmatiques dans la colonne d'eau pour déterminer leur évolution spatio-temporelle, identifier et localiser de nouveaux sites d'émission sur le fond-marin, et collecter des données pour l'estimation d'un proxy acoustique de leur flux, en particulier dans la zone active du Fer à Cheval et de l'essaim sismique proximal (sonde moyenne de 1500 m), à l'aide des échosondeurs monofaisceau (EK80) et/ou multifaisceaux coque (SMF EM122). Pour rappel, deux panaches uniquement ont été initialement identifiés en mai 2019 contre 23 panaches en septembre 2023 lors de la campagne MAYOBS25, soulignant une activité continue et croissante de ces émissions. Lors de la campagne MAYOBS25, un nouveau site actif d'émission de fluides fond de mer nommé K0 a été observé dans le prolongement du flanc ouest du Fer à Cheval. L'analyse préliminaire effectuée à bord des données acquises a permis de valider la pérennité de l'activité d'émission de fluides sur 20 sites (19 préexistants et le nouveau site K0). L'activité de trois sites (F0, C4 et I0) reste à déterminer à partir d'une analyse plus approfondie qui sera réalisée à terre : soit le signal est trop faible pour être détecté ou inexistant soit l'activité des sites adjacents s'est intensifiée rendant leur discrimination spatiale difficile. Il est à noter que les sites à proximité des sites individuels non reconnus à bord sont toujours actifs. L'intensité des sites d'émission de fluides observés lors de la campagne MAYOBS25 (A à J) a été identifiée comme plus importante sur beaucoup de sites. Sous les conditions marines optimales (courants faibles, marée à l'étale, marée de morte-eau), les panaches ne sont pas ou peu cisailés et atteignent des hauteurs importantes : la remontée des panaches les plus actifs atteint une profondeur minimale de 350 m sous la surface de la mer (site E). Ces hauteurs sont à confirmer et à analyser en termes d'augmentation ou non du flux (dans la mesure du possible).

Il est important de suivre la propagation des sites d'émissions au sein de la zone du Fer à Cheval, tout particulièrement, mais aussi en dehors de celui-ci, notamment au sein de la chaîne volcanique sous-marine Est (EMVC) en direction de Petite-Terre et ses principaux sites d'émissions de fluides (zone de la plage de l'aéroport, lac Dziani). Cette cartographie des panaches acoustiques par les sondeurs coque du navire est complémentaire du suivi quasi en temps réel réalisé par le planeur sous-marin (Glider) jusqu'à 1000m d'immersion depuis septembre 2021 et étendue à 1250 m de la colonne d'eau, depuis juillet 2023.

Le **troisième objectif** de la campagne MAYOBS30 est d'établir de nouvelles cartographies sous-marines pour surveiller l'activité éruptive sous-marine du volcan Fani Maoré sur les zones d'investigation des précédentes campagnes MAYOBS. Ceci pour savoir si les phénomènes volcaniques sous-marins détectés lors des précédentes missions MAYOBS sont restés actifs et/ou si de nouveaux phénomènes ont eu lieu depuis. Le fond marin est balayé avec un sondeur multifaisceaux (EM122) qui permet de réaliser des cartes bathymétriques (topographiques, morphologiques du fond) avec une résolution d'environ 20m et de réflectivité du fond avec une résolution d'environ 10m. Ces nouvelles cartes permettent de suivre les dernières évolutions de Fani Maoré et de ses alentours constatés lors de la campagne MAYOBS17 en janvier 2021 (dernière émission de lave connue). Associée à l'acquisition des données bathymétriques (SMF) et de colonne d'eau, des valeurs de magnétisme sont aussi acquises simultanément sur la boîte « VOLCAN ». Lors des trois dernières campagnes sur site, MAYOBS21 (13 septembre au 4 octobre 2021 ; Rinnert et al., 2021c), MAYOBS23 (9 au 22 juillet 2022 ; Jorry et al., 2022) et MD242-MAYOBS25 (11 au 28 septembre 2023 ; Thinon et Lebas, 2023), aucune nouvelle coulée de lave n'a été mise en évidence via le sondeur multifaisceaux coque. Les acquisitions aux échosondeurs monofaisceau (EK80) et/ou multifaisceaux (EM122) dans la boîte « Côte » permettent de surveiller l'apparition de nouveaux sites d'émissions de fluides tout comme la présence des sites d'émissions cartographiés lors de la campagne MAYOBS25. Ceux-ci seront investigués en détail par des

acquisitions dédiées et notamment sur la Boîte « Fer à Cheval » et lors de « Routes de Panaches » à réaliser dans des conditions optimales de marée (étale, bas coefficient, morte-eau) (voir objectif 2).

La cartographie des fonds marins permet aussi localiser les zones sédimentaires ou volcanoclastiques qui seraient susceptibles de se déstabiliser voire qui sont instables, et qui pourraient éventuellement pouvant générer des tsunamis. Cette cartographie permet de préciser l'extension les zones volcaniques actives ou récentes, rechercher les zones de fissuration récentes et localiser les sorties de fluides. Ces données constitueront des données de référence pour le suivi temporel de la zone du « Fer à Cheval ». Elles permettront également de préciser le contrôle tectonique ou volcanique des différents types d'émissions fluides.

Le **quatrième objectif** de la campagne MAYOBS30 est d'effectuer des prélèvements/mesures in situ d'eau par la bathysonde CTD-Rosette (conductivité, salinité, température, oxygène dissous, turbidité, pH, alcalinité, Dissolved inorganic carbon DIC) dans les zones de sorties de fluides (panaches acoustiques) repérées par les bathysondes précédentes ou par acoustique (sondeur monofaisceau EK80 et multifaisceaux EM122) durant les passages du navire notamment dans la zone du Fer à Cheval et de l'essaim sismique proximal, les plus proches de Petite-Terre. Ces mesures sont réalisées sur les panaches déjà connus et sur tout nouveau panache qui pourrait être identifié pendant la campagne MAYOBS30, ainsi que sur une zone de référence afin de quantifier les anomalies observées. Ces mesures in situ et les analyses sur les prélèvements (compositions chimiques en éléments majeurs et traces, dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), dihydrogène (H₂), gaz rares dont l'hélium et l'isotopie du carbone du CO₂ et CH₄) sont comparées d'une campagne à l'autre pour suivre l'évolution des éléments émis et notamment les marqueurs magmatiques ou hydrothermaux. L'analyse la signature isotopique du carbone et de l'hélium permet de quantifier la contribution magmatique et sa source. Ces données sont fondamentales pour quantifier et suivre les différents types de fluides émis et préciser le lien entre tectonique, volcanisme et les différentes géochimies des panaches afin de contribuer à l'évaluation des aléas.

Le **cinquième objectif** de la campagne MAYOBS30 est d'acquérir des données simultanément par deux techniques habituellement découplées dans le temps et l'espace, d'un côté le planeur et de l'autre la CTD-Rosette et ses prélèvements. Les paramètres mesurés en commun seront conductivité, température, pression, [O₂], [CO₂] et [CH₄] jusqu'à 1250 mètres de profondeur. Ces acquisitions permettront une inter-comparaison des mesures *in situ* de référence de concentration de gaz dissous (méthane CH₄ et dioxyde de carbone CO₂ d'origine magmatique) obtenues par la bathysonde CTD-Rosette avec celles mesurées par les capteurs des planeurs sous-marins déployés en continu dans le cadre de la surveillance opérationnelle des émissions de fluides sur la zone depuis septembre 2021 (planeur 1000 m) et depuis juillet 2023 (un prototype de planeur pouvant aller jusqu'à 1250 mètres, spécialement adapté et validé pour la mission à Mayotte).

En effet, dans l'objectif de renforcer le réseau d'observation en mer du REVOSIMA, un planeur (drône) sous-marin autonome de type planeur SeaExplorer est à Mayotte depuis le 17 septembre 2021. Ce planeur, appelé aussi « Glider », est mobilisé en mer au large de Mayotte, à 10-15 km des côtes Est, sur la zone de l'essaim sismique proximal actif. Le SeaExplorer, entièrement fabriqué en France et seule plateforme de ce type de conception européenne, est mis en œuvre par la société Alseamar, filiale du groupe Alcen (www.alseamar-alcen.com). Capable de se déplacer selon une trajectoire prédéfinie avec une précision de l'ordre de la centaine de mètres, ce type de planeur collecte via des capteurs océanographiques des données physiques, chimiques, biologiques et/ou acoustiques. Il transmet un sous-échantillonnage de certaines de ces données et réceptionne de nouvelles instructions de

navigation dès qu'il rejoint la surface, ceci plusieurs fois par jour. Le SeaExplorer déployé au large de Mayotte est équipé de capteurs miniaturisés, permettant de mesurer à haute-résolution spatiale et temporelle, et de façon quasi-continue, les concentrations en gaz dissous (CH_4 , CO_2 , O_2), les propriétés physiques (température, salinité, courant) et acoustiques de l'eau. Des algorithmes spécifiques de traitement de données ont été développés par Alseamar, pour la plupart adaptés de méthodes publiées et répondant aux standards internationaux.

Le **sixième objectif** de la campagne MAYOBS30 est d'effectuer 6 prélèvements de roches par dragages dans la zone active du Fer à Cheval, zone du volcanisme le plus récent, pour dater, caractériser le type (degré d'explosivité) et déterminer les temporalités de déstabilisation des zones de stockage du magma et la vitesse de remontée du magma culminant en éruption sur le fond de la mer. Les descriptions macroscopiques sont effectuées à bord et les analyses pétrologiques et géochimiques sont réalisées en laboratoire au retour de mission. Les résultats des analyses informent sur l'âge, la source, le trajet et l'évolution des fluides magmatiques, les temporalités de déstabilisation physico-chimique des zones de stockage des magmas et les vitesses de remontée des magmas, ainsi que sur le dynamisme des éruptions au cours du temps. Ces données pétrologiques participent à la surveillance car elles permettent de mieux contraindre les liens entre les processus profonds magmatiques et les signaux enregistrés par les réseaux de surface afin de mieux contraindre et anticiper les scénarios plausibles d'activité volcanique future.

Le **septième objectif** de la campagne MAYOBS30, étant donné la présence du SCAMPI à bord pour les opérations de la partie MARMOR de la campagne MAYOBS30 (voir la suite), est de réaliser une plongée courte de quelques heures à l'intérieur de la structure du Fer à Cheval afin d'obtenir des informations visuelles de la nature, de l'ampleur et de l'intensité de l'activité sur les sites d'émissions de fluide riche en CO_2 liquide et les zones d'amas d'hydrate de CO_2 . Des structures imposantes jusqu'à 3-4 m de hauteur ainsi que de très nombreuses fontaines de gouttelettes de CO_2 liquide avaient été identifiées lors de la campagne CNFH GEOFLAMME en avril-mai 2021 dans la zone des sites d'émission de fluides A, B, C et D dans la zone du Fer à Cheval. Aucune information visuelle directe sur ces émissions de fluides et ces structures n'a été obtenues depuis la campagne GEOFLAMME à l'intérieur de la structure du Fer à Cheval.

Enfin, un **huitième objectif** concerne le projet MARMOR. En effet, au cours de la campagne REVOSIMA d'une durée de 13 jours, des opérations seront réalisées sur 2 jours, sous la responsabilité d'une cheffe de mission pour **les opérations MARMOR**, dans le cadre du projet MARMOR (Marine Advanced geophysical Research equipment and Mayotte multidisciplinary Observatory for research and Response ; <https://www.marmor-project.org/fr>) qui est un projet d'une durée de 8 ans financé par l'ANR (PIA3). Ces opérations sont nécessaires afin de mieux caractériser les 3 sites (N1, N2, N3) qui feront l'objet d'installation de structures (trois nœuds d'interconnexion et une station de connexion multi-paramètres) pérennes au fond de l'eau dans le cadre de la mise en place du réseau câblé pour l'observatoire multi-paramètres sous-marin de Mayotte piloté par l'IFREMER en en partenariats avec diverses institutions. Cette infrastructure d'observation sous-marine permettra de compléter le réseau de surveillance du REVOSIMA avec une acquisition sous-marine multi-capteurs continue, temps-réel et 24/7 et contribuer aux recherches multidisciplinaires sur les phénomènes associés à la crise sismo-volcanique en cours. Ces opérations MARMOR consisteront en des plongées SCAMPI pour caractériser et visualiser les 3 sites d'implantation pérennes sur le fond, un redéploiement du châssis CIAM (LOPS) pour enregistrer les courants dans la colonne d'eau dans une des zones d'installation des capteurs et de passage des câbles électro-optiques, ainsi que des prélèvements de sédiments avec la benne Hamon sur 2 des sites d'implantation des capteurs afin de réaliser des analyses du substratum sur les

sites d'implantation des capteurs. Des compléments d'acquisition aux sondeurs multifaisceaux et sondeurs de sédiments SBP seront aussi acquis sur ces sites. Afin d'optimiser les plongées SCAMPI et d'assurer le repos des opérateurs et la recharge complète des batteries, les plongées SCAMPI seront espacées pendant la campagne REVOSIMA en amont des 2 jours dédiés à la partie MARMOR.

Suite au dysfonctionnement d'un OBS communiquant HALIOS qui avait été déployé pendant la campagne MAYOBS29 en juillet 2024 et qui a vocation à devenir une station du réseau câblé du projet MARMOR, un dernier, mais non moins important, **neuvième objectif** sera d'essayer de communiquer avec l'OBS dysfonctionnel sur le site OCFC pour le faire remonter et si ce n'est pas concluant d'obtenir des images visuelles de l'OBS avec la caméra tractée SCAMPI lors d'une plongée partagée avec la plongée pour le projet MARMOR sur un des sites possibles pour le noeud N1. En lien avec la société OSEAN qui a fabriqué l'instrument, d'autres tests seront réalisés sur un des 2 autres OBS communicants HALIOS non déployés afin de conforter le diagnostic du dysfonctionnement et d'y remédier dans le but de déployer ces 3 instruments en 2025 dès que possible.

5. Déroulement de la campagne MD246-MAYOBS30

La campagne a débuté le 16 septembre en fin d'après-midi. Nous avons opéré notre transit à une vitesse de 10 noeud afin de réduire l'empreinte écologique, ce qui engendre 1 jour de transit aller et 1 jour retour supplémentaires par rapport à MAYOBS25 en 2023. Après 4 jours de transit, nous sommes arrivés sur zone le 20 septembre vers 1h du matin, heure locale. Les opérations et acquisitions de MD246-MAYOBS30 sur zone se déroulent sur 15 jours du 20 septembre au 6 octobre 2024. La campagne se terminera le 10 octobre pour un total de 25 jours, y compris le transit aller-retour, la mobilisation et démobilitation.

Les observations sont commentées sur les points suivants :

- Les **opérations de mouillage** : maintenance des différents capteurs (SP-OBS, BB-OBS, hydrophones classiques et HYDROBS, capteurs de pression A-0-A, châssis CIAM) et récupération des données ;
- Les opérations de test concernant le **dysfonctionnement d'un OBS communiquant HALIOS** déployé lors de la campagne MAYOBS29 en juillet 2024 ;
- Les éventuels changements majeurs observés dans la **colonne d'eau** via les sondeurs coque SMF EM122 et EK80 concernant la présence et l'évolution des panaches acoustiques liés aux émissions de fluides magmatique riche en CO₂ ;
- Les éventuels changements majeurs observés dans la **bathymétrie et la réflectivité** (SMF EM122) du fond marin (changement de topographie/morphologie) ;
- La structure du substratum (de quelques mètres, jusqu'à 100 m de profondeur sous le fond marin) avec les profils de **sondeur de sédiment** (SDS ou Sub-bottom profiler SBP) ;
- Les **prélèvements et analyses de la colonne d'eau** par CTD-Rosette et leur **inter-comparaison** avec le planeur sous-marin (Glider) ;
- Les **prélèvements de roches** par dragage ;
- Les **observations visuelles proche du fond avec la caméra tractée SCAMPI** (partie MARMOR) ;

- Les **prélèvements de sédiments** avec la benne HAMON (partie MARMOR) ;
- La **cartographie SIG** de la navigation, la visualisation géospatialisée des données et la gestion des métadonnées

5.1. Les opérations de mouillage

Les opérations dites « de mouillage » sont dédiées à la récupération des capteurs pour leur maintenance, la récupération des données et à leur redéploiement. Ces opérations concernent les SP-OBS et BB-OBS de INSU, les hydrophones classiques et HYDROBS, les capteurs de pression A-0-A et le châssis CIAM (ADCP), les tests sur l'OBS communiquant HALIOS défaillant.

La localisation des mouillages par distinction des capteurs est présentée en Figure 1.

5.1.1. Les OBS (INSU)

Le réseau de sismomètres fond de mer (OBS : *Ocean Bottom Seismometers*) permet de relocaliser de manière précise la sismicité enregistrée par les stations terrestres.

Au cours de MD246-MAYOBS30, l'objectif est de :

- Récupérer cinq SP-OBS courte période du réseau (MOAR, MOCR, MONR, MODR, MOSR) déployés lors de MAYOBS27 (avril 2024) et deux OBS large bande dits « BB-OBS » pour « broad band » (MOUQ, MOTQ) déployés lors de MAYOBS25 (septembre 2023),
- Récupérer les données enregistrées,
- Effectuer la maintenance de ces instruments ;
- Redéployer par câble avec un largeur BUC (*Base Ultra Courte*), pour plus de précision et de répétabilité sur leur localisation, trois SP-OBS récupérés précédemment (MOASS, MODS, MOSS) ainsi que les deux instruments large bande déployés lors de MAYOBS25 (MOTQ et MOUQ).

Les données récupérées sont vérifiées pour connaître leur viabilité. L'ensemble des données des SP-OBS et BB-OBS relevés lors de de MD246-MAYOBS30 sera traité ultérieurement à terre.

Analyse préliminaire :

Tous les OBS classiques ont été récupérés, soit deux OBS large bande et cinq OBS courte période. Tous les instruments ont enregistré jusqu'à leur récupération hormis la station MOAR qui s'est arrêtée le 1^{er} juillet 2024. La sphère de l'OBS large bande MOUQ contenant le sismomètre ne s'est pas détachée au fond de l'eau, rendant les données du sismomètre peu exploitables. L'hydrophone de l'instrument n'a pas été impacté. Ces données vont être utilisées afin d'améliorer et compléter le catalogue de sismicité construit par l'OVPF et le groupe de localisation des séismes du REVOSIMA. Une méthodologie

MAYOBS30
Septembre - Octobre 2024 - N/O Marion Dufresne II
 Opérations de mouillage prévues

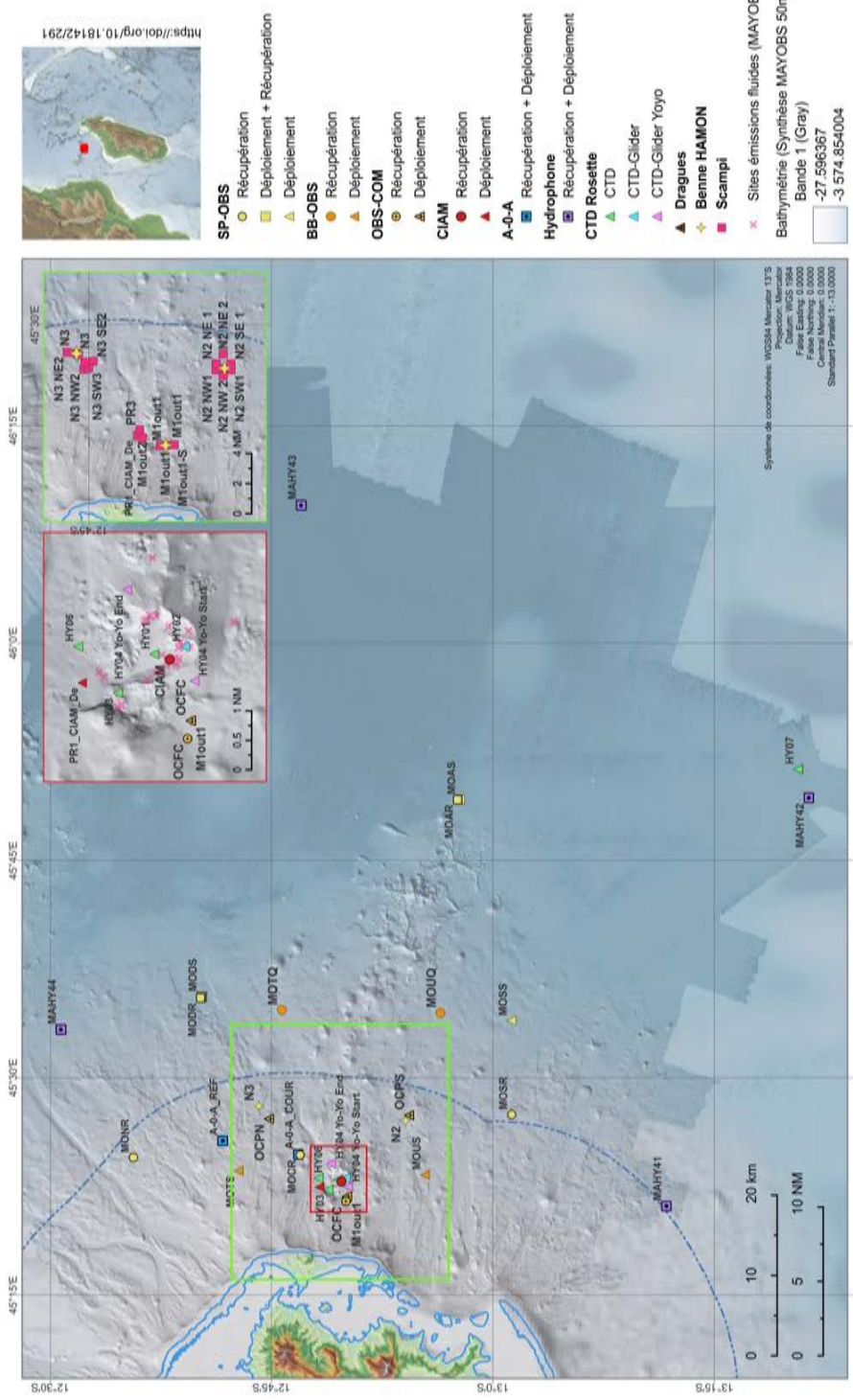


Figure 1 : Localisation prévue des mouillages de la campagne MD246-MAYOBS30

automatique sera appliquée sur les données au retour de la campagne (Retailleau et al., 2022). Il a aussi été montré que certains signaux hydro-acoustiques enregistrés par les OBS sont associés aux coulées de lave et peuvent indiquer avec précision les variations bathymétriques (Saurel et al., 2022). Ces signaux sont en cours d'analyse.

Sur les cinq OBS courte période trois vont être déployés car le réseau doit être complété par des OBS communicants. Ceux-ci n'étant actuellement pas fonctionnel, certains instruments ont été déplacés afin de conserver la géométrie du réseau. Les déploiements des OBS large bande ont été effectués ainsi que celui du premier OBS courte période.

Ces opérations lors de MD246-MAYOBS30 sont supervisées et réalisés par L. Retailleau, K. Canjamalé, C. Griot, P. Boissier de l'IPGP/OVP et J-M Saurel et P. Sakic (IPGP).

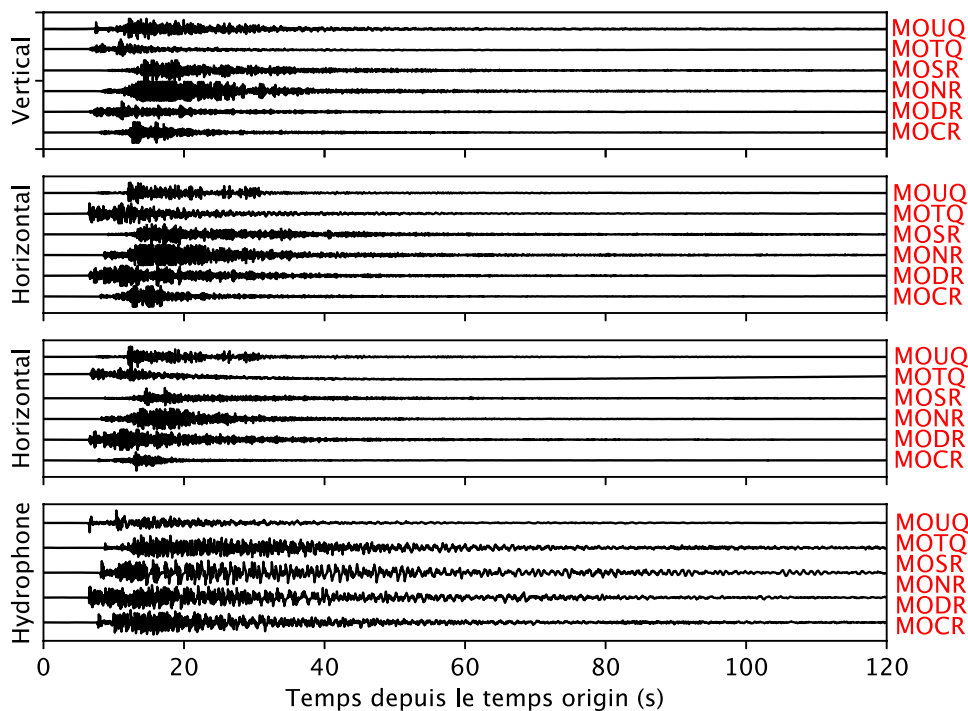


Figure 2 : Séisme de magnitude M_L 4,9 a été ressenti le 27 août 2024 à 15:51 TU (18h51 heure locale Mayotte) et localisé par le REVOSIMA dans l'essai distal (4.9, 12.75°S, 45.62°E) à 40 km à l'est de Dzaoudzi et à une profondeur 48 km.

5.1.2. Les Hydrophones

La surveillance hydroacoustique consiste à acquérir des séries temporelles continues de signaux acoustiques dans l'océan à l'aide de réseaux d'hydrophones. L'observation hydroacoustique est particulièrement bien adaptée à l'étude des volcans sous-marins car elle enregistre la sismicité et les sons associés aux sorties de lave sur le fond de l'océan, et ceci à grandes distances. Elle permet aussi de caractériser et suivre l'évolution du bruit océanique ambiant, notamment celui généré par les

grands mammifères marins. En général, la surveillance hydroacoustique se fait avec des réseaux très larges (>1000 km). Ici nous avons choisi une distance de 50 km du volcan Fani Maoré pour minimiser les temps de transit. Nous avons sélectionné 4 sites plats déjà couverts par bathymétrie et qui entourent la zone active.

Le réseau hydroacoustique de Mayotte, qui consiste en quatre hydrophones (UBO-IUEM), a été pour la première fois déployé en octobre 2020 (MAYOBS15). La récupération, la maintenance et le redéploiement des quatre hydrophones sont prévus lors de la mission MD246-MAYOBS30. Pour la première fois pendant une campagne MAYOBS, trois des quatre hydrophones dans le canal SOFAR seront remplacés par des stations de type HYDROBS avec messagers permettant la remontée autonome en surface de données à la demande et dont l'autonomie d'acquisition est de 3 ans sans maintenance. Les stations HYDROBS ont été développées par la société OSEAN, en collaboration avec GeoAzur et l'UBO. Deux stations HYDROBS ont été financées par un CPER et la 3ème par le PIA3 EQUIPEX MARMOR. Une 4^{ème} station est sur liste d'attente de l'EQUIPEX MARMOR.

Analyse préliminaire :

La récupération et le redéploiement des quatre hydrophones est en cours. Deux mouillages ont pour l'instant été récupérés, dont MAHY43 qui comprenait un doublon de capteurs pour tester une nouvelle carte d'acquisition : celle-ci a fonctionné de façon optimale. Les trois instruments ont fonctionné pendant les 12,5 mois de déploiement. Les données récupérées sont d'excellente qualité. Elles seront traitées ultérieurement. Un examen rapide montre que les trois hydrophones ont enregistré la sismicité locale, dont le séisme ressenti du 27/08/2024 (Figure 1) et différentes espèces de baleines déjà identifiées. Pour rappel, les enregistrements précédents avaient permis d'identifier une corrélation entre des signaux impulsionnels et des épanchements de lave dans le TikTak (Bazin et al., 2022 ; Lavayssière et al., 2024) mais ce type de signaux n'a pour l'instant pas été observé sur les données qui viennent d'être acquises. Par ailleurs, aucun signal particulier n'a été détecté sur les données qui viennent d'être acquises suite à la perte du glider Alseamar depuis le 01/08/2024 à 18:06 TU, mise à part le bruit généré par la présence de navires sur zone.

Cette opération est supervisée et réalisée par S. Bazin, et J. Tanrin (IUEM-Université de Bretagne Occidentale). Les données récupérées sont vérifiées pour connaître leur viabilité. Elles seront traitées ultérieurement.

5.1.3. Le capteur de pression A-0-A

Le capteur A-0-A a pour objectif de mesurer les variations verticales du fond de la mer. Il s'agit d'un prototype fabriqué par RBR et mis en œuvre par le LIENSs (CNRS/La Rochelle Université).

Deux capteurs de pression A-0-A sont déployés dans la zone de l'essaim sismique principal, l'un au centre de la structure appelée « La Couronne » (capteur déployé pour la première fois en octobre 2020 lors de MAYOBS15), l'autre à l'extérieur du système, servant de référence (déployé pour la première

fois en juillet 2022 lors de MAYOBS23). Lors de la campagne MD246-MAYOBS30, la récupération, la maintenance et le redéploiement des deux capteurs sont prévus.

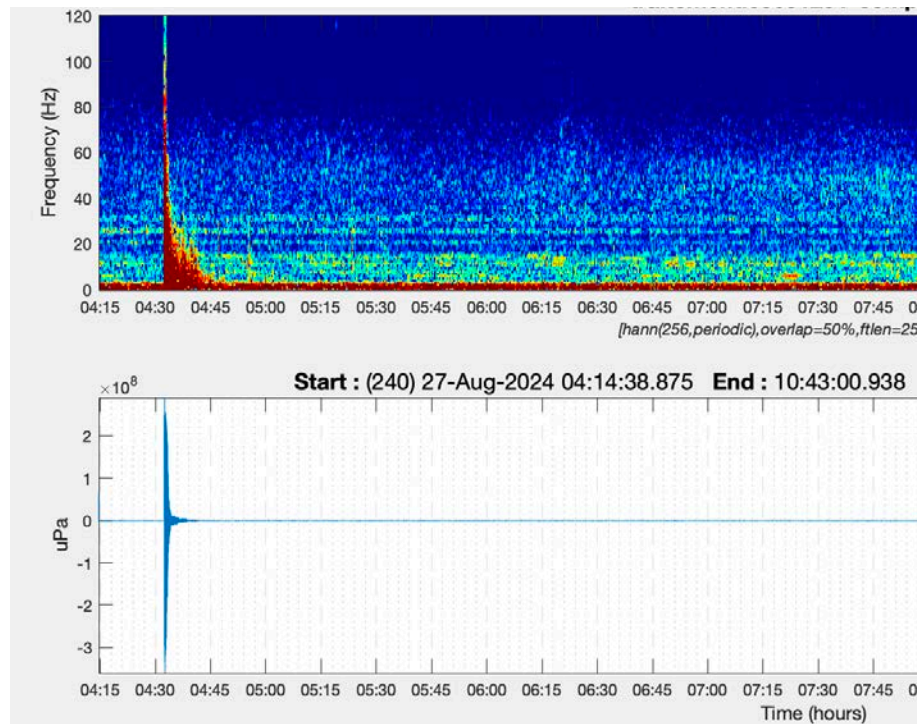


Figure 3: dernier séisme ressenti (magnitude 4,9 du 27/08/2024 à 15 :51 TU) enregistré par l'hydrophone MAHY43.

Analyse préliminaire :

- Les deux capteurs de pression à dérive contrôlée A-0-A ont été récupéré. Un des deux instruments a déjà été redéployé sur le site de référence, inchangé depuis MAYOBS25, en dehors de la zone d'activité sismique au Nord de la Couronne. Les deux instruments ont enregistré de la donnée pendant un an, de septembre 2023 à septembre 2024.
- Les données sont en cours de traitement. À première vue, les données de pression sont riches en information sur les cycles de marées et les variations océaniques locales. Le séisme de magnitude M 4.9 du 27 août 2024 a été enregistré par les deux instruments. Un traitement approfondi sera nécessaire pour en dégager tout signal de déformation du sol.

Cette opération est supervisée par D. Dausse et A. Laurent (LIENSs – CNRS/La Rochelle Université). Les données récupérées sont analysées pour évaluer leur qualité. Le traitement sera achevé après la campagne.

5.1.4. Le châssis CIAM

Le châssis instrumenté CIAM (*Châssis d'Instrumentation Autonome de Mesures*) a été conçu par le Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS) afin de recueillir des données de physique

au fond de l’océan. Il a été déployé en septembre 2023 avec un ADCP 150 kHz pendant la campagne MAYOBS25 dans la zone du "Fer à Cheval" à 0,2 MN à l'ouest du panache acoustique site G.

Analyse préliminaire :

Le châssis est remonté sans problème et les données acquises montrent que l’ADCP a fonctionné correctement pendant les 366 jours de son déploiement. La connaissance des courants dans un site de bathymétrie complexe, fortement influencé par la marée, est primordiale pour préparer la pose des câbles par un navire câblé, lors du déploiement du réseau câblé MARMOR.

Contrairement au déploiement 2022-2023, la corrosion sur le châssis a été « nominale », les anodes sacrificielles n’ont pas été complètement érodées comme en 2023. Ces expériences de corrosion des structures déployées dans ou à proximité du fer à cheval sont primordiales pour la conception des structures du futur réseau câblé (nœud d’interconnexion et station de connexion multi-paramètres).

Le traitement des données sera réalisé à terre mais un premier examen rapide montre que des panaches ont été détectés par l’ADCP, voir figure ci-dessous.

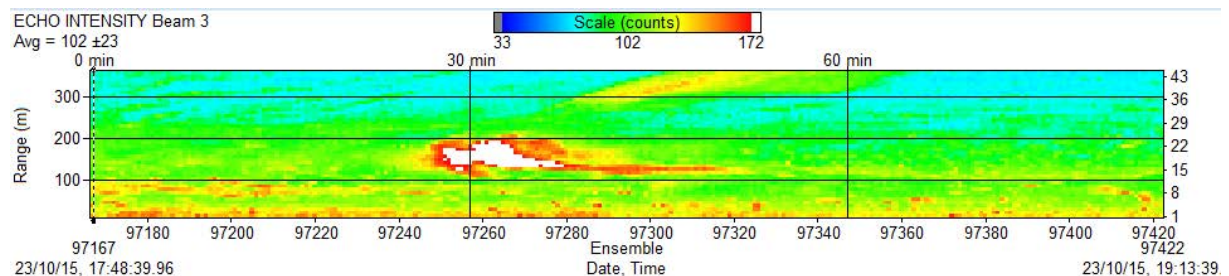


Figure 4: Exemple d'enregistrement des panaches de fluides de CO₂ liquide enregistré avec les ADCP du châssis CIAM sur la zone du Fer à Cheval (traitement préliminaire).

Redéploiement du châssis CIAM sur le point PR1, avec ADCP 75 kHz

Au cours de la campagne MAYOBS30, le châssis CIAM sera redéployé, sur une nouvelle position au NE du Fer à Cheval, qui correspond à une des positions possibles du nœud 1 du réseau câblé futur, et de la station de connexion multiparamètres. L’ADCP monté sur le châssis sera du type 75 KHz, présentant une portée d’environ 500 mètres au-dessus du fond de l’eau.

L’opération du Châssis CIAM est supervisée par O. Peden (LOPS, IFREMER) et Hélène Leau (RDT Recherche et Développement Technologique, IFREMER).

5.1.5. SADCP (LOPS)

Le *Marion Dufresne* est équipé de trois courantomètres Doppler de coque (SADCP) qui permettent de mesurer l'intensité et la direction des courants marins sous le navire. Ils fournissent un profil de courant toutes les 2 minutes. L'OS38 fonctionne à 38kHz, a une portée de 1500m et une résolution verticale de 24m. L'OS75 a une portée de 800m et une résolution verticale de 16m, et l'OS150 une portée de 200m et une résolution de 8m. La redondance permet de diminuer l'erreur sur la mesure. Durant la campagne MD246-MAYOBS30, les SADCP sont synchronisés correctement, comme pour MAYOBS25, avec les autres sondeurs acoustiques (EM122, EK80, SDS) pour qu'ils n'interfèrent pas. De cette façon, nous pouvons acquérir beaucoup plus de données que lors des campagnes précédentes. Une défaillance d'un des ADCP a été observée en cours de la campagne.

5.1.6. Planeur sous-marin (Glider)

Dans l'objectif de renforcer le réseau d'observation en mer du REVOSIMA, un drone sous-marin autonome de type planeur SeaExplorer est en opération à Mayotte depuis le 17 septembre 2021. Ce planeur, appelé aussi « Glider », est mobilisé en mer au large de Mayotte, à 10-15 km des côtes Est, sur la zone de l'essaim sismique proximal actif. Le SeaExplorer, entièrement fabriqué en France et seule plateforme de ce type de conception européenne, est mis en œuvre par la société Alseamar, filiale du groupe Alcen (www.alseamar-alcen.com). Cette prestation fait l'objet d'un marché conclu entre l'Ifremer et l'entreprise dans le cadre du REVOSIMA.

Capable de se déplacer selon une trajectoire prédéfinie avec une précision de l'ordre de la centaine de mètres, ce type de planeur collecte *via* des capteurs océanographiques des données physiques, chimiques, biologiques et/ou acoustiques. Il transmet un sous-échantillonnage de certaines de ces données et réceptionne de nouvelles instructions de navigation dès qu'il rejoint la surface, ceci plusieurs fois par jours.

Le SeaExplorer déployé au large de Mayotte est équipé de capteurs miniaturisés, permettant de mesurer à haute-résolution spatiale et temporelle, et de façon quasi-continue, les concentrations en gaz dissous (CH_4 , CO_2 , O_2), les propriétés physiques (température, salinité, courant) et acoustique de l'eau. Des algorithmes spécifiques de traitement de données ont été développés par Alseamar, pour la plupart adaptés de méthodes publiées et répondants aux standards internationaux.

Durant la campagne en mer MD246-MAYOBS30, des manœuvres d'inter-comparaison des données seront réalisées. Ce glider, spécialement adapté pour sa mission à Mayotte, pourra être utilisé jusqu'à 1250 mètres d'immersion.

Après avoir récupéré le planeur directement en mer grâce aux moyens du navire océanographique (workboat), il sera couplé, via un berceau d'adaptation, au bâti de la Rosette. Ses mesures seront effectuées en parallèle de celle de la CTD lors de deux opérations de plongée dédiées. Le but de ces mesures est de comparer les mesures des capteurs autonomes du glider aux mesures de références

des capteurs installés sur la CTD-Rosette ainsi qu’aux mesures de gaz dissous obtenus en laboratoires grâce aux échantillons collectés.

L’opération glider est supervisée par E. Rinnert (IFREMER), M. Dufosse (ALSEAMAR), et A. Heumann (doctorant CIFRE ALSEAMAR / Ifremer).



Figure 5A: Récupération en mer du glider 1250m (Alesamar) par le workboat du Marion Dufresne (Photo E. Rinnert).

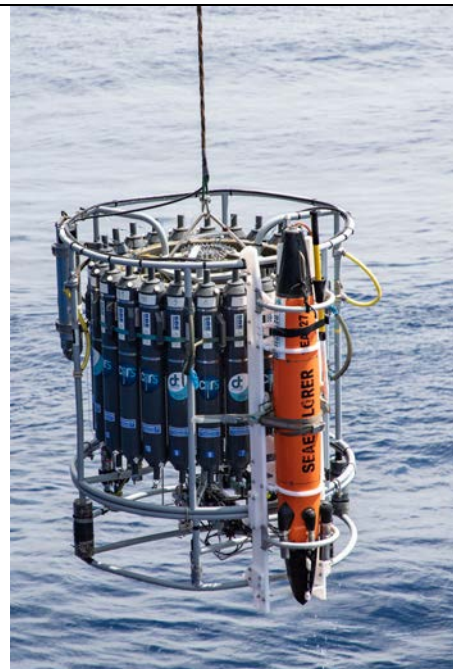


Figure 5B: Glider 1250m couplé à la CTD-Rosette (INSU) permettant des mesures et prélèvements pour l’intercomparaison des données fournies. (Photo E. Bachelet)

5.2. Données de sondeur multifaisceaux (SMF) et monofaisceau (EK80) : colonne d’eau, bathymétrie et imagerie

Durant la campagne MD246-MAYOBS30, des levés acoustiques avec les sondeurs de coque du *N/O Marion Dufresne* sont réalisés sur les boîtes « CÔTE », « FER A CHEVAL » ; et « VOLCAN » selon le protocole de surveillance REIVOSIMA (Figure 2). Des levés d’acquisitions spécifiques, tels que les Routes des panaches, sont aussi réalisés ainsi que pendant le transit aller et retour entre La Réunion et la zone d’étude à Mayotte dans les ZEE de La Réunion, Tromelin, Glorieuses, et Mayotte compte tenu des autorisations de travail obtenues pour ces zones pour la campagne (Figure 3).

5.5.2. Acoustique colonne d’eau

Des acquisitions de données acoustiques pour la mesure de la rétrodiffusion de la colonne d’eau sont réalisées avec le sondeur multifaisceaux du *Marion Dufresne* (EM120) et les sondeurs monofaisceau

12kHz (Kongsberg EM122) et le monofaisceau (Simrad EK80) sur l'ensemble des boîtes CÔTE, FER A CHEVAL, et VOLCAN (Figure 2) ainsi que sur l'ensemble de la zone d'étude est-Mayotte, lors des transits, tant que les opérations ne nécessitent pas son arrêt.

L'EM122, installé sous la coque du navire, est utilisé pour la réalisation des cartes de bathymétrie, de rétrodiffusion du fond et de localisation des sites potentiels d'échappements de fluides sous-marins (détection des échos dans la colonne d'eau). Le sondeur monofaisceau EK80 (fréquences 18, 38, 70, 120 et 200 kHz) est utilisé pour l'acquisition de données acoustiques colonne d'eau en valeur absolue (étalonnées) et la détection des sites potentiels d'échappements de fluides sous-marins, notamment dans le cas du Fer à Cheval les émissions de CO₂ liquide.

L'acquisition de données acoustiques par le SMF et l'EK80 a été réalisée en continu pendant toute la campagne, sauf pendant les opérations nécessitant l'arrêt des émissions acoustiques (déploiement ou récupération de systèmes résidants avec positionnement acoustique). Les couvertures acoustiques des boîtes VOLCAN, CÔTE, et Fer à Cheval ont été réalisées conformément au plan de surveillance pendant les plages horaires suivantes (hors transits).

Des acquisitions dédiées à l'analyse de la colonne d'eau, dites "Route des panaches" sont prévues sur la zone du Fer à Cheval (Figure 2), avec l'objectif de surveiller l'évolution des sites actifs d'émission de fluides (CO₂ liquide) observés pendant les campagnes précédentes.

L'ordre chronologique de la première observation acoustique des 23 sites actifs⁴ du Fer à Cheval est le suivant (C. Scalabrin, Ifremer, Rapport de campagne MAYOBS25, REVOSIMA, 2023) :

- Sites A₀ et B₀ : mai 2019
- Site C₀ : août 2019
- Sites D₀ et E₀ : mai 2020
- Sites A₁, A₂, B₁, C₁, D₁ et F₀ : octobre 2020
- Sites C₂, C₃ et C₄ : janvier 2021
- Site G₀ : avril 2021
- Site H₀ : juillet 2021
- Sites C₅, D₂ et I₀ : septembre 2021
- Sites D₃, I₁ et J₀ : juillet 2022
- Site K₀ : septembre 2023

⁴ L'absence de données antérieures ne permet pas de dater l'apparition de ces émissions, cependant, il est possible d'affirmer que le site E, sur la ride à l'est du Fer à Cheval, n'était pas actif en novembre 2015 (données acquises en transit avec le N/O Pourquoi pas ? lors de la campagne MOZ04 du projet PAMELA).

MAYOBS30
Septembre - Octobre 2024 - N/O Marion Dufresne II
 Profils d'acquisition de bathymétrie réalisés et prévisionnels
 (au 30/09/2024)

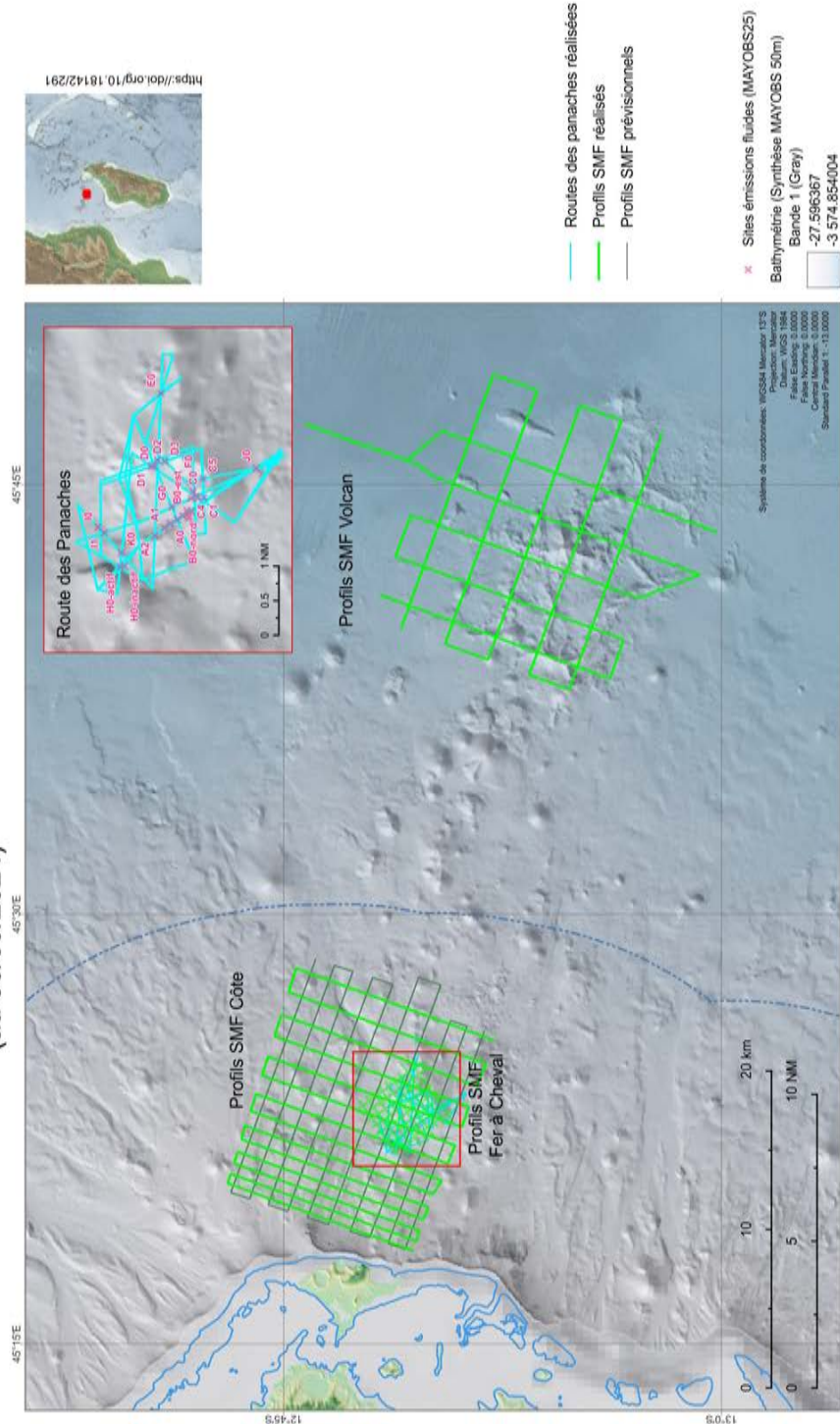


Figure 6 : Localisation des profils d'acquisition de bathymétrie et d'analyse de la colonne d'eau par SMF coque sur les trois boîtes d'Est en Ouest : « VOLCAN », « CÔTE-essaim sismique proximal », et « Fer à Cheval », et de la route des panaches sur le Fer à Cheval en date du 30-09-2024.

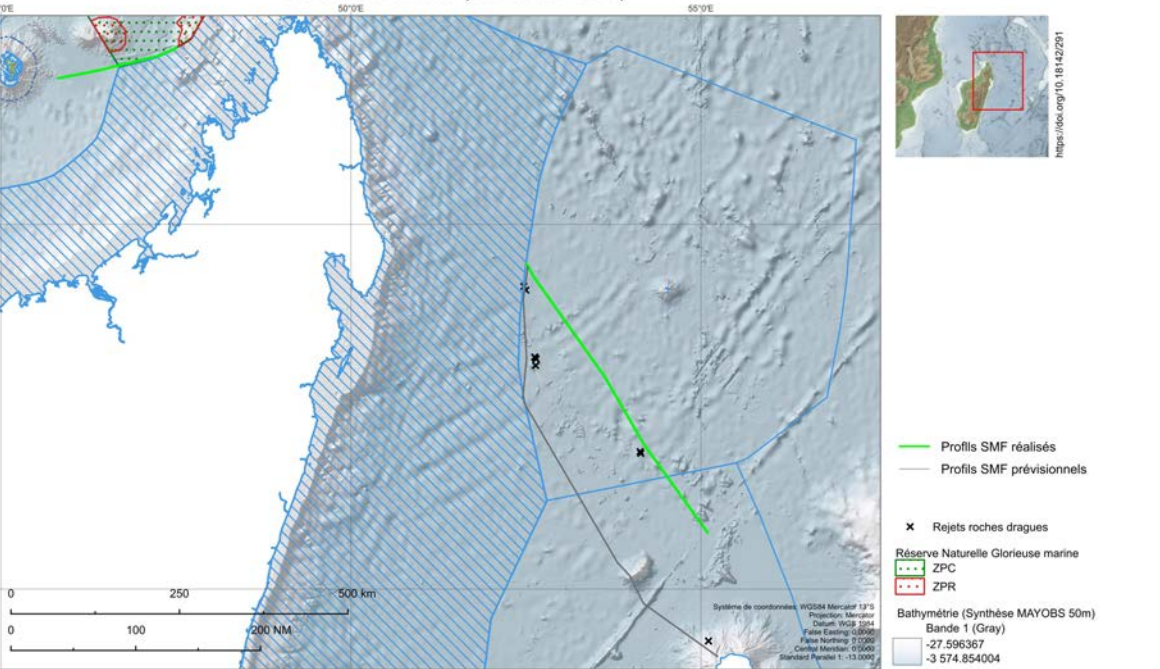


Figure 7 : Localisation des profils d'acquisition de bathymétrie et analyse de la colonne d'eau par SMF coque sur les trois boîtes d'Est en Ouest : « VOLCAN », « CÔTE-essaim sismique proximal », et « Fer à Cheval », et de la route des panaches sur le Fer à Cheval.

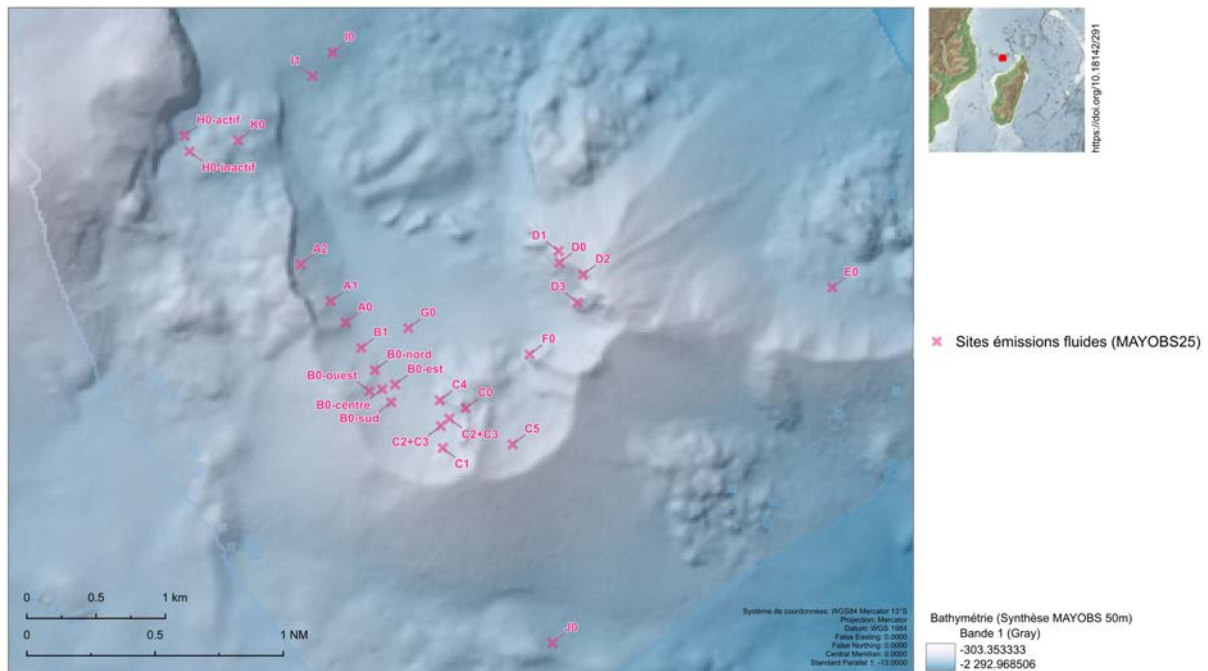


Figure 8 : Localisation des sites d'émission de fluides (CO₂ liquide) dans le Fer à Cheval et son périmètre élargi au 30-09-2024.

Le nombre de sites est en augmentation depuis le début de la crise avec 23 sites en activité observés en septembre 2023, soit 20 de plus en 4 ans. La superficie des sites s'est également étendue, sur la plupart des sites avec des diversités au niveau des sorties (fontaines avec gouttelettes, amas mis en évidence sur les données ROV lors de la mission GEOFLAMME). Lors de la dernière campagne MAYOBS25 en septembre 2023, 20 sites actifs avaient été observés sans ambiguïté dans le périmètre élargi de la zone du Fer à Cheval dont un nouveau site (K0).

Sur la base de l'expérience acquise pendant les différentes campagnes par Carla Scalabrin, les profils dédiés à l'étude des sites d'émission de CO₂ liquide pendant les Routes des panaches ont été planifiés spécifiquement pendant la période de "mortes eaux". Cette période se caractérise par les coefficients de marée les plus faibles et en privilégiant la période de l'étalement de la marée haute le jour du profil.

Analyse préliminaire :

D'après les couvertures acoustiques des boîtes VOLCAN et CÔTE, aucun signal significatif indiquant la présence d'émission de fluides en fond de mer (panaches acoustiques) n'a été observé à partir des acquisitions réalisées dans les zones du volcan Fani Maoré ni sur la zone intermédiaire de la ride volcanique.

D'après les couvertures acoustiques (EM122 et EK80) de la boîte Fer à Cheval et des Routes de Panaches, qui sont dédiées à l'observation des émissions de fluides fond de mer (principalement du CO₂ liquide sous la forme de gouttelettes ou des fontaines) localisées dans le périmètre élargi de la zone du Fer à Cheval (Figure X), nous avons constaté :

- la continuité sans ambiguïté de l'activité d'émission de fluides sur 20 des 23 sites déjà observés pendant les campagnes antérieures à savoir A₀, A₁, A₂, B₀, B₁, C₀, C₁, C₂+C₃, C₄, C₅, D₀, D₁, D₂, D₃, E₀, G₀, H₀, I₀, I₁, J₀ ;
- Les observateurs en quart scientifique ont souligné que sous certaines conditions marines (courants faibles, marée à l'étales), la remontée des panaches de fluides (CO₂) les plus actifs atteignent une profondeur minimale de 300 à 350 m sous la surface de la mer, similaire à celles observées il y a un an lors de la dernière campagne sur zone MAYOBS25. Ces observations en temps réels sont à analyser plus finement et à confirmer ou non.
- l'impossibilité de détecter le site actif K0 identifié lors de MAYOBS25 en septembre 2023 (signal faible ou non observé)
- l'impossibilité de détecter le site actif F0 détecté en octobre 2020 (signal faible ou non observé)

En absence des plongées AUV (non prévu pour la campagne MD246-MAYOBS30), il ne sera pas possible de suivre l'évolution du nombre des points d'émission pour les sites habituellement observés à partir de données acoustiques acquises avec l'AUV. Le dénombrement des points d'émission, en particulier pour les sites E0, G0, H0, I0, I1 et J0, était un indicateur robuste de l'évolution interannuelle du niveau d'activité et de l'emprise spatiale pour chaque site.

La mission MD246-MAYOBS30 a démontré l'intérêt de **prendre en compte la marée et son coefficient** pour la réalisation des "Routes de Panaches" afin d'acquérir des données de qualité optimale. Pour exemple, à l'étales, les panaches acoustiques, peu déviés, se présentent sur toutes leurs hauteur (Figure 11). Cette prise en compte dans le planning des opérations est contraignante mais nécessaire. Pour les prochaines acquisitions, coupler le plus possible le planning des opérations avec le calendrier des marées et courants en se basant sur les données de marées modélisées par le SHOM et qui ont été acquises auprès du SHOM avant la campagne.

Cependant, il faut attendre l'analyse fine de toutes les données de la campagne MAYOBS30 pour établir des conclusions concernant l'évolution du champ d'émission de fluides, de son extension, et les flux.

Le suivi et le traitement de l'analyse acoustique de la colonne d'eau durant la campagne MD246-MAYOBS30 sont supervisés et réalisés par C. Scalabrin (Ifremer) et A-S. Leygnac (IPGP).

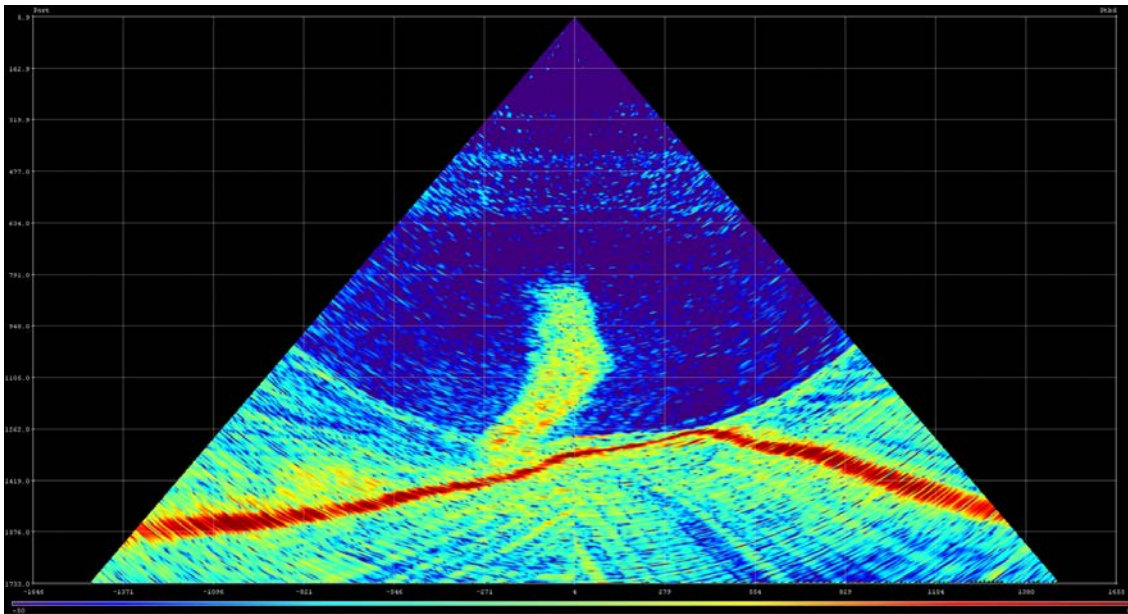


Figure 9 : Exemple d'un échogramme polaire acquis le 27-09-2024 à 7h21 TU, lors de la marée à l'étape pendant la période des mortes eaux, avec le sondeur multifaisceau EM122 sur le panache d'émission de CO₂ liquide (panache acoustique) du site B dans la structure du Fer à Cheval, photo d'écran, données brutes.

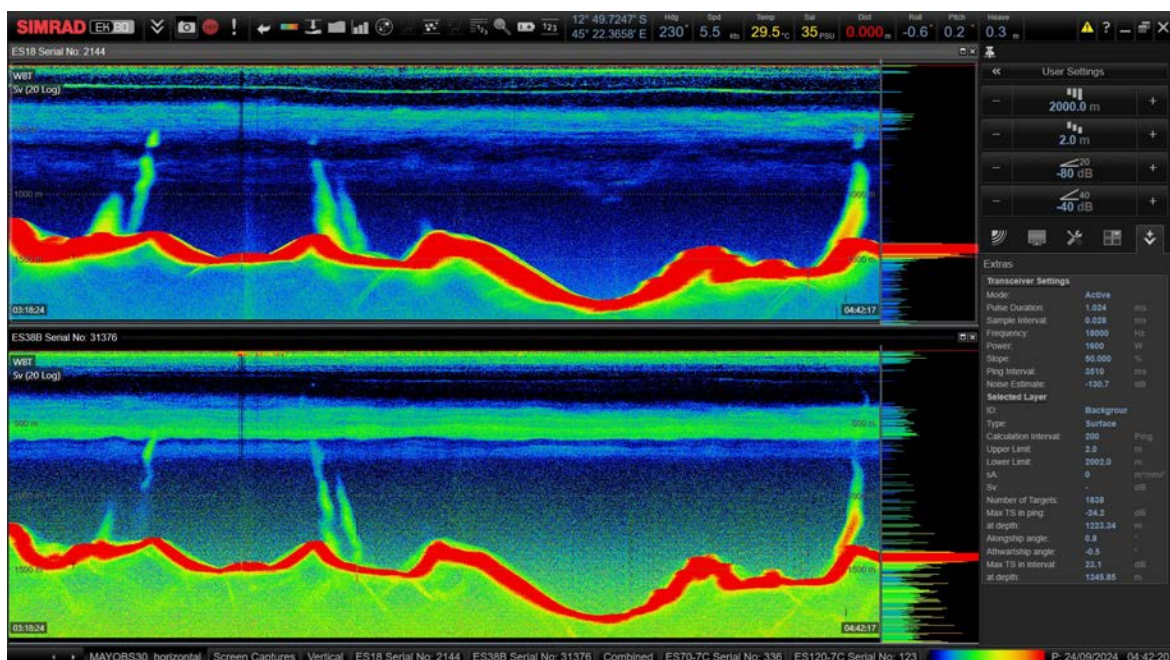


Figure 10 : Profil acquis lors de la marée à l'étape pendant la période des mortes eaux avec le sondeur EK80 monofaisceau sur les panaches d'émission de CO₂ liquide du Fer à Cheval qui remonte à ~300-350 m de la surface (1000 m de hauteur), photo d'écran, données brutes, le 24-09-2024

5.2.3. Levés bathymétriques et de rétrodiffusion

5.2.3.1 Levés boîte « CÔTE - essaim sismique proximal » (Priorité 1)

La zone « Côte » est la région située à proximité de Petite-Terre sur la pente de Mayotte au niveau de l'essaim sismique proximal (Figure 2) où se concentrent les sites actifs d'émission de fluides/gaz fond de mer (sites de panaches acoustiques) au niveau de la structure du Fer à Cheval (cf. Bulletins REVOSIMA). L'objectif pendant MD246-MAYOBS30 est de déterminer s'il y a des changements morphologiques significatifs et/ou des évolutions de l'activité des sites, tels qu'observés par les données acoustiques de la colonne d'eau, depuis les derniers levés réalisés en septembre 2023 lors de MAYOBS25.

Le levé avec le sondeur multifaisceau 12 kHz sur la boîte « CÔTE » (Figure X) a été réalisé le 21 et 22 septembre à 5,5 nœuds selon le protocole de surveillance REVOSIMA. Le traitement des données bathymétriques SMF acquis lors de MD246-MAYOBS30 et le calcul des différentiels entre les levés MD242-MAYOBS25 et MD246-MAYOBS30 ont été réalisés à bord par O. Ragu (Genavir). Il seront poursuivis ultérieurement à terre par l'équipe REVOSIMA-BATHY.

Le calcul des différentiels réalisés à bord à partir des données prétraitées mais non finalisées n'a révélé aucun changement majeur dans la morphologie des fonds marins de la boîte CÔTE.

5.2.3.2. Levé boîte « VOLCAN » (Priorité 2)

La zone « VOLCAN » a été classée priorité 2 par le REVOSIMA pour le suivi de l'activité lors de MD246-MAYOBS30.

La zone « VOLCAN » est la région située à environ 50 km à l'Est de Mayotte où ont été identifiées les éruptions volcaniques de 2018-2021 (cf. Bulletins REVOSIMA). Des évolutions morphologiques importantes ont été mises en évidence au nord-ouest du volcan Fani Maoré pour la première fois en août 2019 (campagne MAYOBS5-SHOM) puis grâce aux levés bathymétriques de mai 2020 (MAYOBS13-2), octobre 2020 (MAYOBS15) et janvier 2021 (MAYOBS17). Les différences de bathymétrie observées entre une de ces campagnes et la campagne précédente ont toujours été positives et interprétées comme liées à la mise en place de reliefs et/ou coulées volcaniques durant la période séparant les deux levés.

L'objectif pendant MD246-MAYOBS30 est de déterminer si des changements morphologiques significatifs se sont produits dans cette zone depuis le dernier levé réalisé en septembre 2023 (MAYOBS25) et les dernières activités volcaniques identifiées en janvier 2021 lors de MAYOBS17.

Le levé et le profil de calibration avec le sondeur multifaisceau 12 kHz sur la boîte « VOLCAN » (Figure 2) a été réalisé à 5,5 nœuds selon le protocole de surveillance REVOSIMA. Les profils N-S et E-W ont été réalisés entre le 20 et le 21 septembre 2024. Les données sont en cours de traitement.

Un traitement fin à bord a permis d'identifier un différentiel apparent identifié entre MAYOBS25 et MAYOBS30 dans une zone à proximité des dernières coulées actives en décembre 2020. Cette différence consiste en une zone ressemblant à un petit cratère dans le modèle numérique de terrain issu des données enregistrées pendant MAYOBS25 (septembre 2023) alors que cette même zone apparaît comme un petit relief positif arrondi dans le modèle numérique de terrain issu des données enregistrées pendant MAYOBS30 (septembre 2024). L'analyse fine en temps réel à bord des données montre que cette zone correspond pour MAYOBS25 à une absence de données alors que celles-ci sont présentes dans le levé de MAYOBS30. Le différentiel bathymétrique n'est donc pas la conséquence d'un changement morphologique lié à de nouvelles coulées de lave.

Le calcul des différentiels réalisés à bord à partir des données prétraitées mais non finalisées n'a révélé aucun changement majeur dans la morphologie des fonds marins de la boîte VOLCAN.

5.2.3.3. Levés boîte « RIDE volcanique - essaim sismique distal »

La zone « ride volcanique - essaim distal » est la région située entre les boîtes « CÔTE » et « VOLCAN », au niveau de l'essaim distal (Figure 2), où plusieurs cônes volcaniques alignés ont été imagés sur les données bathymétriques lors de MAYOBS1. Depuis le début des campagnes MAYOBS en 2019, aucun changement majeur n'a été détecté dans la boîte RIDE dont la dernière acquisition a été réalisée en septembre 2023 pendant MAYOBS25. L'acquisition de cette boîte n'a pas été jugée prioritaire par le CSS du REVOSIMA et n'a pas été réalisée pendant la campagne MAYOBS30.

5.2.3.4. Levés boîte « Fer à Cheval »

La zone « Fer à Cheval » est la région située à proximité de Petite-Terre sur la pente de Mayotte au niveau de l'essaim sismique proximal (Figure 2) où se concentrent les sites actifs d'émission de CO₂ liquide (sites de panaches acoustiques) au niveau de la structure du Fer à Cheval et à proximité (cf. Bulletins REVOSIMA). L'objectif pendant MD246-MAYOBS30 est de déterminer s'il y a des changements morphologiques significatifs et/ou des évolutions de l'activité des sites, tels qu'observés par les données acoustiques de la colonne d'eau, depuis les derniers levés réalisés en septembre 2023 lors de MAYOBS25.

Le levé avec le sondeur multifaisceau 12 kHz EM122 et le sondeur monofaisceau EK80 sur la boîte « FER A CHEVAL » (Figure 2) dans la direction N-S et E-O ont été réalisés le 24 septembre à 5,5 nœuds selon le protocole de surveillance REVOSIMA. Les données sont en cours de traitement.

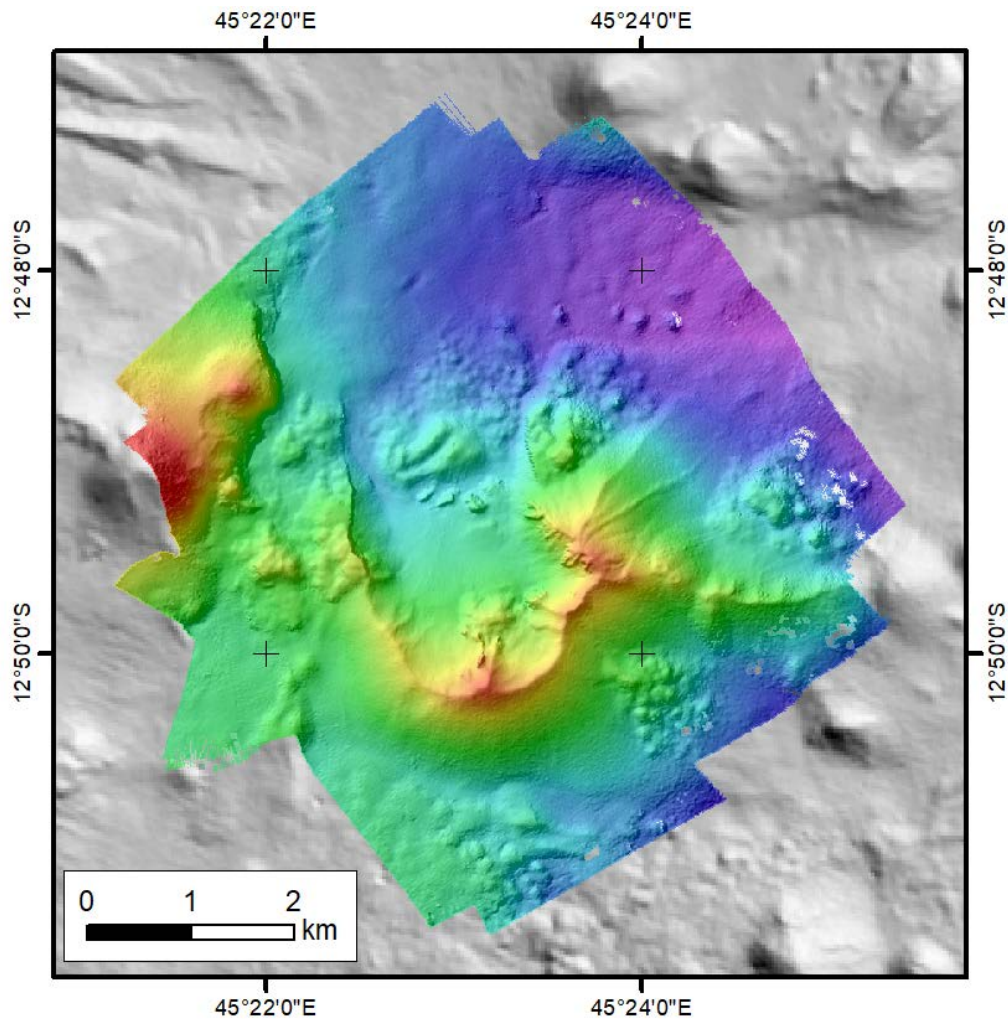


Figure 11: Modèle numérique de terrain issu du traitement préliminaire réalisé à bord du levé bathymétrique (SMF EM122) de la boîte Fer à Cheval, résolution 10 m.

Le calcul des différentiels réalisés à bord à partir des données prétraitées mais non finalisées n'a révélé aucun changement majeur dans la morphologie des fonds marins de la boîte FER A CHEVAL.

5.3. Les prélèvements et mesures *in-situ* de la colonne d'eau et des roches

5.3.1. Prélèvement par bathysonde (CTD-Rosette)

Des prélèvements d'eau par bathysonde sont effectués durant MS246-MAYOBS30 par la CTD-Rosette de l'INSU et les analyses géochimiques sont supervisées par F. Mathurin (BRGM) et réalisées avec l'aide de M. Grisel (INSU), L. Fablet (BRGM), J. Garnier (BRGM), J. Frère (IPGP) et E. Rinnert (Ifremer, transfert savoir-faire de l'Ifremer vers le BRGM).

Au total, 4 profils CTD-Rosette ont été effectués (Figure XX). Ils ont permis le prélèvement d'échantillons pour des analyses de gaz dissous dans l'eau. Des mesures ont été effectuées *in situ* durant les profils (pH, turbidité, transmission, fluorescence, température, conductivité, oxygène dissous, CO₂) et à bord sur les échantillons (pH, température, alcalinité, DIC et de CO₂). Des prélèvements envoyés en métropole permettront les analyses de CO₂, CH₄, H₂, de gaz rares (He et Ne) et de leurs isotopes, de l'isotope 13 du carbone sur le CO₂ et le CH₄, ainsi que de chimie organique dissoute, tels que les silicates utilisés comme traceurs de la profondeur des prélèvements, ou de métaux traces visant à caractériser d'éventuelles variations de signature chimique propre aux panaches.

Le profil HY01, positionné au centre de la zone du Fer à Cheval, permet d'échantillonner la masse d'eau située sous la ligne de crête (<1200 m) de la structure morphologique. Cette masse d'eau est influencée par la dissolution des gaz issus des différents panaches présents sur les flancs internes du Fer à Cheval et permet d'estimer les concentrations moyennes des différents gaz à l'échelle de la zone d'étude. Le profil vertical HY02, traversant le panache du site C2+C3, a permis d'échantillonner l'un des panaches impactant une large surface de la colonne d'eau. Le profil HY03 a permis d'échantillonner comme auparavant une zone d'intérêt récent en partie externe au nord-est du Fer à Cheval. La morphologie est comparable à un « déversoir » soit une zone de vidange de la masse d'eau du Fer à Cheval. Ce site permet une analyse intégrée de tous les fluides émis et "accumulés" dans la structure du Fer à Cheval provenant de 17 des 21 des sites d'émissions actifs de fluides. Cette zone pourrait être moins impactée par la variabilité des courants permettant ainsi un meilleur suivi des concentrations. Les profils HY02 (profil vertical), HY04 (profil en yo-yo vertical et le long du translation horizontale) ont permis de coupler le glider 1250m et la CTD-Rosette et sont décrits au paragraphe dédié au glider (5.3.2).

Durant la campagne en mer MD246-MAYOBS30, les analyses préliminaires disponibles (pH, alcalinité) présentent des valeurs cohérentes avec la connaissance des sites prélevés. Les concentrations en CO₂ analysées sur le bateau, mais non retraitées à ce jour, demeurent à exploiter. La sonde ProOcéanus PCO₂, capable de suivre l'évolution relative de la pression partielle de CO₂ dans la colonne d'eau, conforte la bonne représentativité des points de prélèvements visant à caractériser l'évolution des concentrations en gaz au droit des sites d'intérêt dans le cadre de la campagne de surveillance.

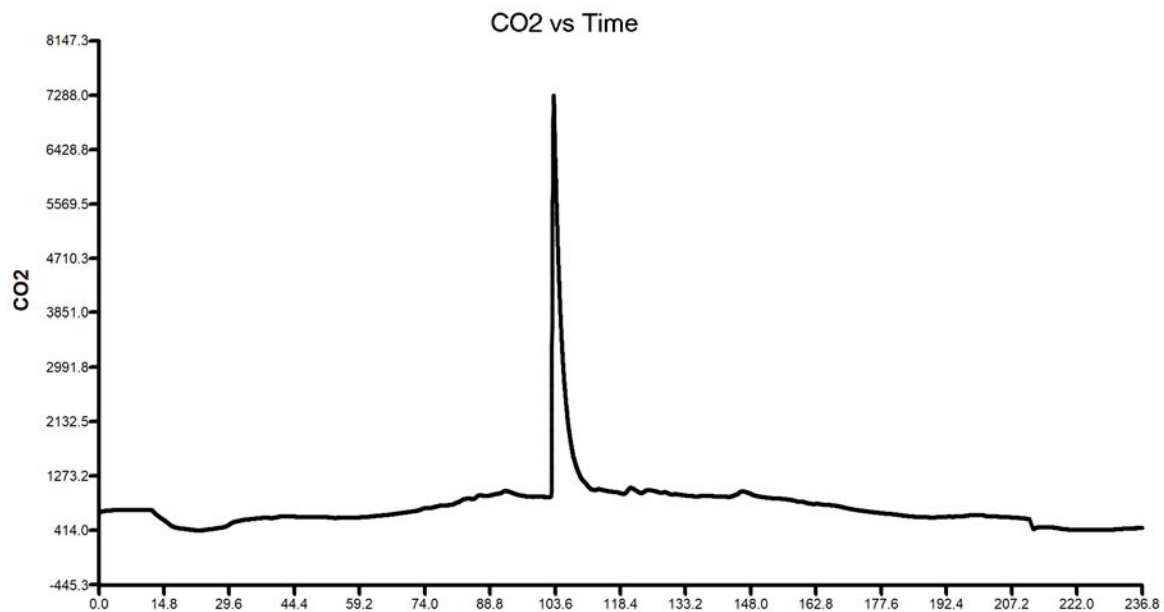


Figure 12 : Evolution des concentrations au cours du profil HY02, ciblant le panache du site C2+C3. L'échelle verticale illustre l'amplitude du signal propre à la pression partielle de CO₂ dans la masse d'eau, les valeurs étant à considérer uniquement pour suivre l'évolution relative des concentrations en gaz dans la colonne d'eau. Le pic de CO₂ identifié après 1h40 (100 min) d'opération correspond à la traversée de la CTD-rosette au cœur du panache ciblé.

5.3.2. Opération et mesures des planeurs sous-marins (Glider)

Dans l'objectif de renforcer le réseau d'observation en mer du REVOSIMA, un planeur (drône) sous-marin autonome de type planeur SeaExplorer est à Mayotte depuis le 17 septembre 2021. Ce planeur, appelé aussi « Glider », est mobilisé en mer au large de Mayotte, à 10-15 km des côtes Est, sur la zone de l'essaim sismique proximal actif. Le SeaExplorer, entièrement fabriqué en France et seule plateforme de ce type de conception européenne, est mis en œuvre par la société Alseamar, filiale du groupe Alcen (www.alseamar-alcen.com). Cette prestation fait l'objet d'un marché conclu entre l'Ifremer et l'entreprise et financée par le REVOSIMA dans le cadre des actions de surveillance opérationnelle. Capable de se déplacer selon une trajectoire prédéfinie avec une précision de l'ordre de la centaine de mètres, ce type de planeur collecte via des capteurs océanographiques des données physiques, chimiques, biologiques et/ou acoustiques. Il transmet un sous-échantillonnage de certaines de ces données et réceptionne de nouvelles instructions de navigation dès qu'il rejoint la surface, ceci plusieurs fois par jour.

Le SeaExplorer déployé au large de Mayotte a été spécifiquement développé pour opérer à une profondeur maximale de 1250m afin d'être dans la partie active de la grande majorité des panaches émettant du CO₂ liquide. Il est équipé de capteurs miniaturisés, permettant de mesurer à haute

résolution spatiale et temporelle, et de façon quasi-continue, les concentrations en gaz dissous (CH_4 , CO_2 , O_2), les propriétés physiques (température, salinité, courant) et acoustique de l'eau. Des algorithmes spécifiques de traitement de données ont été développés par Alseamar, pour la plupart adaptés de méthodes publiées et répondant aux standards internationaux.

Durant la campagne en mer MD246-MAYOBS30, des manœuvres d'inter-comparaison des données ont pu être réalisées avec le planeur pouvant aller jusqu'à 1250 mètres, spécialement adapté pour la mission à Mayotte. Après avoir récupéré directement en mer les deux engins grâce aux moyens du navire océanographique (workboat), ces moyens de mesures ont été couplés à deux mesures de CTD-rosette (HY02, HY04, Figure XX) grâce à un socle spécialement réfléchi et fabriqué pour l'occasion (Figure XX). Le but de ces mesures a été de comparer les mesures des capteurs autonomes du planeur SeaExplorer aux mesures de références des capteurs installés sur la bathysonde CTD-Rosette ainsi qu'aux mesures de gaz dissous obtenus en laboratoires grâce aux échantillons collectés en même temps. Les planeurs, installés capteurs vers le bas afin de se trouver au même niveau que les instruments installés sur la bathysonde, ont ainsi pu échantillonner entre-autres les valeurs de CO_2 et CH_4 dissous dans la zone du Fer à Cheval où ont été réalisées les deux manœuvres (profils HY02, HY04). Les profils HY02 (profil vertical) et HY04 (profil en yo-yo vertical et le long du translation horizontale) montrent de façon préliminaire des profils de concentrations de CO_2 cohérents avec les sites traversés. Un travail de validation des données de gaz dissous dans les prélèvements et l'application d'un algorithme d'étalonnage du capteur de CH_4 déployé sur le glider restent à faire. Le profil HY02 a permis d'échantillonner un des panaches situés sur le site C et des mesures synchrones avec le glider ce qui permettra, sauf difficulté technique, de déterminer la composition en gaz dissous dans la colonne d'eau et d'inférer la composition physico-chimique du fluide émis. L'intercomparaison avec des données de référence sera faite une fois les analyses réalisées sur les échantillons transportés à terre dans les laboratoires de l'Ifremer à Plouzané.

5.3.3. Prélèvement par dragages

Cinq dragues ont été réalisées avec un objectif de réaliser un trait de dragues de moins de 200m sur le fond pour respecter les consignes du Parc Naturel Marin de Mayotte.

- La **drague DR39 (priorité P3)** a été réalisée au nord-ouest du Fer à Cheval. Le flanc NO d'un petit cône pyroclastique a été dragué. Ce cône est coupé par une falaise verticale franche de 200m de haut (faille normale probable où extension NO de la structure de déstabilisation des flancs Nord du cône du Fer à Cheval) qui laisse probablement affleurer en falaise le substratum volcanique ancien de Mayotte. Seulement une vingtaine de kilos de matériel pyroclastique (cendre à lapilli) a été récupéré avec plusieurs fragments centimétriques à décimétriques d'une lave verdâtre, probablement phonolitique, avec des vésicules tubulaires.

- La **drague DR40 (priorité P7b)** a été réalisée sur le flanc nord d'un cône pyroclastique avec un cratère sommital, localisé sur l'éperon volcanique à l'Est du Fer à Cheval. Environ 150 kg de roche ont été récupérés qui sont constitués de bombes volcaniques d'une lave probablement phonolitique montrant des textures de foliation.
- La **drague DR41 (priorité 5)** a été réalisée sur le flanc ouest d'un dôme de lave phonolitique construit sur le flanc ouest d'un cône pyroclastique avec un cratère bien marqué, localisé à proximité du site E d'émission de CO₂ liquide, au nord de l'éperon volcanique à l'Est du Fer à Cheval. Environ 160 kg de roche ont été récupérés, constitués d'une lave phonolitique vitreuse et verdâtre contenant des cristaux en plaquettes de mica brun riche en fer (annite) commun dans les phonolites de la zone du Fer à Cheval et de la Chaîne volcanique orientale sous-marine de Mayotte. Des dépôts noirâtres d'oxydes de manganèse sont présents en abondance sur les surfaces des blocs en contact avec l'eau de mer.
- La **drague DR42 (priorité 1)** a été réalisée sur la partie interne du flanc sud du Fer à Cheval. Cette drague a permis de remonter 80 kg de phonolites denses, plus sombres et d'aspect beaucoup plus frais que les précédentes dragues.
- La **drague DR43 (priorité 2a)** a été réalisée sur un cône pyroclastique à proximité de l'île de Petite Terre. Ce cône, à environ 700m à l'est de l'île de Petite-Terre, se situe dans l'alignement Petite Terre – Fer à Cheval et est la première évidence de volcanisme sur la Chaîne volcanique orientale sous-marine de Mayotte. Très peu de matériel a pu être remonté par cette drague. Cependant, les fragments récoltés sont des brèches contenant des fragments anguleux de scories oxydées dans une matrice carbonatée, recouvertes d'une croûte d'oxydes de manganèse. Ces échantillons indiquent un volcanisme explosif basanitique très ancien sur cette partie de la Chaîne.
- La **drague DR44 (priorité 2b)** a pu aussi être réalisée en plus compte tenu de conditions météorologiques excellentes (vent, courant) et de la faible profondeur (dragage rapide). Un deuxième cône pyroclastique à proximité de Petite-Terre (à environ 2000m, a été échantillonné (100 kg). Nous retrouvons des roches très similaires à DR43 : des brèches contenant des fragments de scories oxydées dans une matrice carbonatée, recouvertes d'une croûte d'oxydes de manganèse.

Les opérations de dragage sont supervisées par C. Berthod (IPGP) et réalisées avec l'aide de P. Verdurme (UCA, LMV, OPPGC), K. Brückel (UCA, LMV, OPGC) et M. Frey (Université d'Orsay).

6. Travaux réalisés et premières observations majeures

Note sur la présentation des résultats préliminaires : les résultats seront commentés en fonction des changements majeurs observés concernant la bathymétrie, la rétrodiffusion du fond ou la présence de panaches acoustiques. Seule une localisation de ces changements majeurs pourrait être fournie durant la campagne. La campagne nécessitant prioritairement la gestion des acquisitions, les données seront présentées a posteriori.

Bilan des opérations réalisées du 23/09/2024 0h heure locale au 29/09/2024 23h59 heure locale :

A l'exception du problème sur le déploiement d'un hydrophone de type HYDROBS (MAY51), la campagne se déroule de manière nominale avec les opérations suivantes (voir Figure XX) :

- Des observations de mammifères marins ont été réalisées le 17-09-2024 et 19-09-2024 (avec arrête des sondeurs), par les Observations des mammifères marins par des observateurs dédiés (volontaires de l'association GLOBICE) pour faciliter l'application des protocoles de protection lors de l'utilisation des méthodes acoustiques (arrêt des instruments émetteurs lorsque des mammifères marins sont à moins de 100m et de 50 m pour les tortues dans les ZEE de Tromelin, Glorieuses, et Mayotte; et de 300m pour les mammifères marins dans la ZEE de La Réunion);
- Test de communication avec valise acoustique et l'OBS communiquant de type HALIOS (OSEAN) sur le site OCFC qui est défaillant depuis son déploiement lors de la campagne MAYOBS29. Après de deux heures de tentatives depuis le puits TVO et depuis la coursière avec deux valises acoustiques différentes nous n'avons pas pu établir de contact avec la station. Ce test a été réalisé par l'équipe OBS sur le Marion Dufresne (pilotage Lise Retailleau) en contact permanent avec les équipes d'OSEAN (fabriquant) et A. Lemarchand à Paris ;
- Dragage DR39 sur le site P3 au NO du Fer à Cheval (voir section dragage) ;
- Récupération avec le workboat du Marion Dufresne du glider 1250m SeaExplorer (ALSEAMAR) au centre du Fer à Cheval ;
- Récupération du châssis CIAM (LOPS, Ifremer) immergé depuis MAYOBS25 dans le Fer à Cheval. Contrairement à ce qui avait été observé lors de sa remontée pendant MAYOBS25 après un an d'immersion, le châssis n'a pas été corrodé malgré sa présence entre septembre 2023 et septembre 2024 dans le Fer à Cheval à proximité des sites d'émission de CO₂ liquide ;
- Récupération de deux capteurs de pression A-0-A à dérive contrôlée du site de la Couronne et de la Référence. Les données sont de bonnes qualités et exploitables et la durée d'enregistrement couvre l'intégralité de la période entre MAYOBS 25 et MAYOBS 30, le séisme ressenti du 27/08/2024 a été enregistré ;
- Récupération de 4 OBS courte période sur le site de MOCR ; MOSR, MONR, et MODR
- Dragage DR40 sur le site P7 à l'E du Fer à Cheval (voir section dragage) ;
- Déploiement d'un OBS large bande (BB OBS) sur le site MOUS
- Levé bathymétrique au sondeur multifaisceau EM122 de la boîte FER A CHEVAL, profils N-S et E-O à 5,5 noeuds ;
- La couverture acoustique de la boîte « CÔTE » a été réalisée sur les profils N-S dans un premier temps. A ce stade, les données sont en cours de traitement dans l'attente du levé des profils E-W. Certains des panaches déjà connus (cf. campagnes précédentes et MAYOBS25) de CO₂ liquide de la zones Fer à Cheval ont été détectés dans la colonne d'eau et font également l'objet de travaux complémentaires pour commencer à préciser la localisation des points d'émission de fluides (CO₂) ;
- Le traitement et l'interprétation de l'acoustique colonne d'eau de la boîte Fer à Cheval est en cours ;

- La couverture acoustique de la boîte « VOLCAN » aux sondeurs mono- et multifaisceaux a été réalisée sur les profils NS (et profils de calibration) et E-O à 5,5 noeuds. Aucune modification majeure dans la morphologie et la topographie du fond marin n'a été détectée à la résolution du système d'acquisition du sondeur multifaisceaux dans la boîte « VOLCAN » (observations fournies avant le traitement avancé des données). Cependant, et en amont d'un traitement définitif, quelques différences de moindres ampleurs de la morphologie ont été détectées ;
- L'étude de l'acoustique colonne d'eau réalisée sur la boîte VOLCAN a permis de détecter une zone de légère augmentation de l'amplitude du signal acoustique depuis le fond jusqu'à mi-hauteur de la colonne d'eau, dans la zone des dernières coulées actives de Fani Maoré. Cette observation, complétée par des détections d'évènements sismiques et d'indices de modifications du relief sur les données bathymétriques prétraitées a suggéré une potentielle activité effusive dans cette zone. Ceci a déclenché la décision de réaliser dès que possible une nouvelle acquisition dédiée aux sondeurs multifaisceaux et monofaisceaux sur cette même zone. Cette acquisition n'a pas permis de confirmer l'observation acoustique réalisée environ 48h plus tôt. En effet, lors d'un deuxième passage sur la zone volcan nous avons remarqué que les sondeurs étaient bruités à cause d'un bruit électrique inconnu sur le bateau. Le problème est permanent et plus intense à faible profondeur mais il affecte aussi les enregistrements à grande profondeur et donc sur le volcan. Donc pour l'instant on ne peut pas exclure que le premier passage aux sondeurs acoustiques ait révélé un écho /halo acoustique mais que lors du deuxième passage ce signal n'était plus détectable à cause du bruit sur les sondeurs. Le traitement fin de la bathymétrie n'a pas mis en évidence de variations significatives de la topographie. Les indices de l'existence d'une sismicité au -dessus du niveau de base dans cette zone voire de signaux sismiques, de type VT, possiblement superficiels, reste à confirmer par une analyse fine, actuellement en cours. De nouveaux profils acoustiques sont prévus sur zone ainsi que la réalisation d'un profil CTD pour détecter la présence d'hydrogène H₂ qui se forme par craquage de la molécule d'eau lors de son interaction à haute température avec des coulées de la lave actives ;
- Deux levés avec des profils de sondeur de sédiment (Sub-bottom profiler) en mode acquisition dédiée autonome dans tout le Fer à Cheval et sur la zone du Chenal au nord du Fer à Cheval afin de caractériser la structure et nature du substratum ;
- Réalisation de 4 profils (5 heures) de route des panaches (RP-1, RP-2, RP-3, RP-4) permettant de passer à l'aplomb de chaque site d'émission de CO₂ liquide pour imager les panaches de fluides avec les sondeurs acoustiques multifaisceau EM122 et le sondeur monofaisceau multifréquences EK80
- Récupération d'un mouillage d'hydrophone classique (MAY41) ;
- Remplacement d'un mouillage d'hydrophone classique (MAY41) remplacé par un hydrOBS
- Déploiement d'une station HYDROBS (MAHY51m). La lettre m (pour messenger) a été ajoutée à la nomenclature des sites avec des HYDROBS. Le déploiement s'est déroulé correctement et l'instrument est en acquisition. En revanche, l'instrument et ses messagers n'ont pas pu être interrogés par communication acoustique, une fois en place sur le fond malgré près de deux

heures de tentatives d'interrogation à l'aide de deux valises acoustiques, que cela soit par le puits TVO du navire ou bien depuis la coursive ;

- Déploiement CTD-Rosette sur site HY02 avec glider sur le berceau de la Rosette pour intercomparaison dans le panache du site C dans le Fer à Cheval, prélèvements d'eau et mesures dans la colonne d'eau ;
- Déploiement CTD-Rosette sur site HY03 dans la zone du déversoir du Fer à Cheval, au Nord, dans le chenal, prélèvements d'eau et mesures dans la colonne d'eau ;
- Drague DR41 sur le site P4 sur dome de lave au NE du Fer à Cheval (voir section dragage) ;
- Déploiement du capteur A-0-A sur le site de référence : déploiement avorté suite à des problèmes de positionnement par la BUC et une suspicion de choc sur le fond. Après 2 heures le capteur est remonté et sera déployé ultérieurement ;
- Drague DR42 sur le site P1 dans la paroi intérieure du flanc sud du cratère du cône pyroclastique du Fer à Cheval (voir section dragage) ;
- Déploiement CTD-Rosette sur site HY04 avec glider sur le berceau de la Rosette pour intercomparaison sur un profil Yo-Yo à travers le Fer à Cheval à travers plusieurs sites d'émission de fluides (CO₂ liquide), prélèvements d'eau et mesures dans la colonne d'eau ;
- Déploiement OBS courte période avec BUC sur le site MOSS ;
- Retour sur un site d'observation d'un signal de type raie / sabre laser dans la colonne d'eau observé sur un site légèrement à l'est des dernières coulées actives de Fani Maoré, dans la zone du nord-ouest, ces signaux ont été détectés par le passé dans les zones de front de coulées actives probablement en lien avec l'interaction entre la lave active et l'eau ;
- Débarquement d'un opérateur de Génavir pour cas de force majeure familiale le dimanche 29 septembre à 05h30 à l'entrée de la passe nord de Mitsamboro où il sera pris par le pilote pour aller à terre et retour en avion sur Brest ;
- Drague DR42 sur le site P4 sur dôme de lave au NE du Fer à Cheval (voir section dragage) ;
- Drague de jour DR43 très proche du récif sur le site P2a sur un cône volcanique, le plus proche de Petite-Terre dans l'alignement avec la zone du Fer à Cheval au NE du Fer à Cheval (voir section dragage) ;
- Drague de jour DR44 très proche du récif sur le site P2b sur un autre cône volcanique, un des plus proches de Petite-Terre dans l'alignement avec la zone du Fer à Cheval au NE du Fer à Cheval (voir section dragage) ;
- Déploiement CTD-Rosette sur site HY05 sur le site B0 d'émission de fluides (CO₂ liquide), prélèvements d'eau et mesures dans la colonne d'eau ;
- Déploiement du capteur A-0-A sur le site de référence ;
- Transmission de la connaissance en cours de l'équipe Ifremer (C. Scalabrin) à l'IPGP (A-S Leygnac, IPGP/OVSM) sur le suivi et l'analyse des émissions de fluides dans la colonne d'eau avec les données d'échosondeur multifaisceau (EM122) et monofaisceau (EK80) ;
- Déploiement OBS courte période avec BUC sur le site MODS ;
- Plusieurs séminaires ont été donnés à bord par les scientifiques :

- 1) 19-09-2024 : L'éruption de Fani Maoré et la création du REVOSIMA : Jean-Christophe Komorowski (IPGP), Fabien Paquet (BRGM)
- 2) 20-09-2024 : Volcanisme dans le Canal du Mozambique : Carole Berthod (OVSG-IPGP)
- 3) 21-09-2024 : Géologie régionale, ANR COYOTES, partie 1 : Isabelle Thinon (BRGM)
- 4) 22-09-2024 : Projet MARMOR : Hélène Leau (Ifremer)
- 5) 24-09-2024 : Géologie régionale, ANR COYOTES, partie 2 : Isabelle Thinon (BRGM)
- 6) 25-09-2024 : Géochronologie de la chaîne volcanique sous-marine de Mayotte : Mathilde Frey (Université Paris Saclay)
- 7) 26-09-2024 : L'île de Mayotte, Kamal Madi Mousa, Marie Kenfack, Iliasse Hassani, Nouzoulati Hamada, Université de Mayotte
- 8) 27-09-2024 : Etude de l'essaim sismique proximal par modélisation, Clément de Sagazan (IPGP)
- 9) 28-09-2024 : La crise de Mayotte, sismicité régionale : Anne Lemoine (BRGM)
- 10) 29-09-2024 : Les poissons du récif corallien, Kamal Madi Moussa (Université de Mayotte)
- 11) 01-10-2024 : De l'ascension du magma à l'emplacement des coulées de lave sur le plancher océanique : étude de l'éruption sous-marine de Fani Maoré, Pauline Verdurme (Université Clermont Auvergne)
- 12) 02-10-2024 : Profil de diffusion pour comprendre la dynamique du magma de l'éruption de Fani Maoré, Kalini Brückel (Université Clermont Auvergne)
- 13) 03-10-2024 : Comment ça marche un glider, Alexandre Heumann (ALSEAMAR / Ifremer)
- 14) 04-10-2024 : Analyse sismo-tectonique de l'éruption de Fani Maoré, Eric Jacques (IPGP)
- 15) 05-10-2024 : Cétacés. Emmanuel Bachelet, Christine Delord, Juliette Drevelle (MMO, Globice)
- 16) 06-10-2024 : Gestes de premiers secours, Jérôme Normand, médecin du bord (LDAS)
- 17) 07-10-2024 : Fani Maoré, "L'éruption", Fabien Paquet (BRGM)

7. Programme des jours à venir pour les derniers 10 jours à partir du 30 septembre à minuit heure locale jusqu'à l'arrivée à La Réunion le 10 octobre au matin à 7h

7.1. Opérations de mouillages :

- Récupération hydrophone classique (MAHY41) et déploiement hydrophone classique (MAHY42)
- Suite au problème rencontré sur l'hydrophone hydrOBS MAHY51 dont la communication a été défaillante après déploiement à l'eau, test de communication sur un site approprié avec une partie d'un hydrophone hydrOBS sur câble pour validation avant largage (en lien avec la société OSEAN)
- Récupération hydrophone classique (MAHY42) et déploiement en hydrOBS ou en hydrophone classique (MAHY42) selon le résultat du test de communication ;
- Déploiement par treuil avec largueur BUC du dernier OBS courte période MOAS ;
- Déploiement des capteurs A-0-A #2 (référence) après le problème survenu lors de la première tentative lié à un courant de fond très fort qui a rendu la BUC défaillante et fait heurter l'A-0-A au sol sans dommage ;
- Déploiement et relocalisation du châssis CIAM sur le site MARMOR CIAM_PR_1 au nord du Fer à Cheval ;
- Redéploiement du glider 1250m sur un site à définir ;

7.2. Opérations de prélèvements :

- 2 Dragages au niveau du Fer à Cheval ou à proximité ;
- 4 CTD-Rosette dont une sur le site B0, le site C, la référence HY07, et une CTD dans la zone du signal acoustique suspect sur les anciennes coulées actives de Fani Maoré au nord-ouest ;
- Rejet reliquat de roches sur le site pérenne pour les campagnes Mayobs dans la ZEE Tromelin

7.3. Acquisitions acoustiques à finaliser et réaliser (SMF) :

- Finalisation de la boîte « CÔTE » profils E-O ;
- 3ème passage sur la des dernières coulées actives de Fani Maoré (Décembre 2020) ou un signal de type raie (sable laser) a été identifié, corrélé par le passé aux zones de coulées actives
- Réalisation d'un profil RP5 de « Route des Panaches » avec le sondeur multifaisceau EM122 et le monofaisceau EK80 pour acquérir des données de flux.

- Réalisation d'un transit valorisé dans la ZEE de Glorieuses, de Tromelin et de La Réunion pour le retour vers La Réunion ; profil RP5 de « Route des Panaches » avec le sondeur multifaisceau EM122 et le monofaisceau EK80 pour acquérir des données de flux

8. Auteurs :

Chefs de mission à bord :

Jean-Christophe Komorowski (IPGP), chef de mission principal ;

Fabien Paquet (BRGM), Co-chef de mission ;

SIG, cartographie, mise en forme des métadonnées : Isabelle Bernachot (BRGM) ;

Equipe Quart Scientifique suivi des opérations scientifiques et suivi en temps réels des données bathymétriques et de la colonne d'eau :

Isabelle Thinon (BRGM) /responsable équipe Quart et du Quart 4-8

Eric Jacques (IPGP)/responsable Casino et du Quart 8-12

Anne Lemoine/responsable Quart 0-4 ; Participants au Quart :

Carla Scalabrin (Ifremer), soutien Casino et sondeurs

Margaux Dufosse (Alseamar)

Clément Moniès de Sagazan (doctorant, IPGP)

Hélène Leau (Ifremer)

Rakamaly Madi Moussa (Enseignant-chercheur, Université de Mayotte, encadrant des étudiants embarqués de l'université de Mayotte)

Iliasse Hassani (étudiant MEEF professorat 1er degré, Université de Mayotte)

Nouzoulati Hamada (étudiante L3 3PE Sciences de l'éducation, aspirante enseignante, Université de Mayotte)

Marie Kenfack (étudiante L3 3PE Sciences de l'éducation, aspirante enseignante, Université de Mayotte)

Equipe traitement acoustique (bathymétrie et colonne d'eau) : Carla Scalabrin (Ifremer) (Responsable d'opération), Anne-Solenne Leygnac Potier (IPGP-OVSM)

Rejeu de la bathymétrie et calculs de différentiels bathymétriques : Olivier Ragu (Genavir) ;

Référents des opérations de mouillage :

- OBS INSU et BB-OBS (opérations et analyses préliminaires des données): Lise Retailleau (IPGP-OVVF)/responsable opération, Kevin Canjamalé (IPGP-OVVF), Patrice Boissier (IPGP-OVVF), Cyprien Griot (IPGP-OVVF), Pierre Sakic (IPGP), Jean-Marie Saurel (IPGP) ;
- Hydrophones (opérations et analyses préliminaires des données) : Sara Bazin/responsable opération, Jonathan Tanrin (IUEM-UBO) ;
- Capteur A-0-A (opérations et analyses préliminaires des données) : Denis Dausse /responsable opération et Angèle Laurent (Université La Rochelle, LIENSs) ;
- Châssis CIAM (opérations et analyses préliminaires des données) : Olivier Peden (LOPS, Ifremer), Hélène LEAU RDT/Ifremer (**Projet MARMOR**).

Référents des opérations de prélèvements :

- Bathysonde CTD-Rosette (prélèvements et analyses géochimiques) : Frédéric Mathurin (BRGM), responsable opération ; Laura Fablet (BRGM) ; Julie Garnier (BRGM) ; Marie Grisel (DT INSU); Jonas Frère (doctorant, IPGP) ;
- Planeurs sous-marin (Glider) : Emmanuel Rinnert (Ifremer), responsable opération ; Margaux Dufosse (Alseamar); Alexandre Heumann (Alseamar) ;
- Dragages (opérations et descriptions préliminaires) : Carole Berthod (IPGP-OVSG), responsable opération ; Pauline Verdurme (doctorante, Université de Clermont-Ferrand); Karolina Brückel (post-doctorante Université de Clermont-Ferrand); Mathilde Frey (doctorante , Université Paris Saclay) ;
- Prélèvement benne HAMON : Hélène Leau (Ifremer) ; Olivien Peden (Ifremer) (**Projet MARMOR**)

Référents des opérations avec SCAMPi «Système de caméra ponctuel interactif» :

- Simon Tranvouez (Genavir) responsable électronique Scampi, Stéphane Guiomar (Genavir), + opérateur quart sondeur multifaisceau Genavir.

Observateurs des mammifères marins :

- Emmanuel Bachelet (Globice), responsable opération ; Christine Delord (Globice) ; Juliette Drevelle (Globice) ;

9. Remerciements :

Commandant du Marion Dufresne : Ganor Ginat (LDAS) et son équipage

Supervision des opérations entre équipage et scientifiques (OPEXO) : Vincent Gabriel (Genavir)

Officier électronique responsable : Léa Gest (GENAVIR) ;

Responsable personnels Génavir embarqués : Stéphane Guiomar (Genavir)

Opérateurs quart sondeur multifaisceau GENAVIR : Alain Jaouen, Sacha Fouchard, Florent Toupet ;

Le médecin du bord : Jérôme Normand (LDAS)

Collaboration à terre :

- **OBS communicants HALIOS :** A. Lemarchand (IPGP) ; Olivier Philippe (OSEAN); Charles Rebour (OSEAN); Fabrice Huitorel (OSEAN); Jaouen Rozen (OSEAN);
- **Capteur A-0-A - géodésie marine :** Valérie Ballu, Université de La Rochelle, LIENSs
- **Projet observatoire sous-marin câblé de Mayotte Axe 5 MARMOR :** Louis Géli et Corentin Humeau (Ifremer)
- **Surveillance opérationnelle du REVOSIMA - Binôme de coordination locale du REVOSIMA :** Aline Peltier (IPGP/OVPF) et Ludivine Sadeski (BRGM, Mayotte)
- **Binôme de coordination du REVOSIMA :** Jean-Marie Saurel (IPGP) et Nicolas Zornette (BRGM)

Flotte océanographique française par l'Ifremer