

Campagne océanographique de surveillance

MD246-MAYOBS30

Note hebdomadaire n°1

Période du Lundi 16 septembre au dimanche 22 septembre 23h59

I. 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 820m de haut pour 6,55 km³ de volume et qui se situe par 3400m 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 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). Aujourd'hui, l'île ne subit plus de déformation associée à la crise. 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

¹ REseau de surveillance VOlcanologique et Sismologique de MAYotte (REVOSIMA)

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

En complément des actions réalisées à terre, les campagnes MAYOBS sont menées afin de suivre sur le territoire maritime 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 marines 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 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.

II. Récapitulatifs des actions 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, GEOFLAMME (N/O Pourquoi Pas?) et SCRATCH (N/O⁴ Marion Dufresne), qui ont eu lieu en mai, juin, juillet et août 2019, mai et octobre 2020, janvier, avril, mai, juillet, septembre 2021, juillet 2022, septembre 2023. Plusieurs 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 et analysés en permanence par le REVOSIMA. Les données sont diffusées 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).

² N/O : Navire Océanographique de la FOF

³ bâtiment hydrographique et océanographique du SHOM

⁴ N/O : Navire Océanographique de la FOF

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 des campagnes 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 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 (CO_2 , CH_4 , H_2 , 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, sismique réflexion multitrace) 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>).

III. 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 de récupérer puis de redéployer leurs capteurs (temporalité : tous les 6 mois voire 12 mois) sur le fond de l'océan.

- 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). Lors de MAYOBS30, les 3 OBS communicants (OBS-COM), déployés pour la première fois pendant la campagne MAYOBS29 sur l'OSIRIS II, seront remontés. Leurs données seront téléchargées afin de continuer le retour d'expérience de ces nouveaux capteurs qui ont pour vocation d'intégrer 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 ;
- 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 signatures d'une augmentation de l'activité d'origine volcanique, seront relevés ;
- Le châssis CIAM (LOPS) qui permet d'enregistrer et de mesurer les courants marins dans la colonne d'eau sera relevé et redéployé **par un modèle de fréquence différente augmentant la portée à 500 m de mesure au lieu de 200 m.**

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 MAYOBS25 (A à J) a été identifiée comme plus importante sur beaucoup de sites. Sous les conditions marines optimales (courants faibles, marée à l'étalement, marée de morte-eau), les panaches ne sont pas ou peu cisaillés 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 observation d'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 et al., 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 (étalement, 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 (source potentielle de tsunamis). Cette cartographie permet de préciser l'extension des 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 pour 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 (CH₄, CO₂, O₂), 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. L'objectif est d'obtenir des informations visuelles de la nature, de l'ampleur et de l'intensité de l'activité des sites d'émissions de fluide riche en CO₂ liquide, et des zones d'amas d'hydrate de CO₂. Des structures imposantes jusqu'à 3-4 m de hauteur ainsi que de très nombreuses fontaines de gouttelettes de CO₂ 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 (2021) 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, voir Figure 1) qui feront l'objet d'infrastructures pérennes au fond de l'eau pour le réseau câblé de 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 : 1) de compléter le réseau de surveillance du REVOSIMA avec une acquisition sous-marine multi-capteurs continue pérenne, temps-réel et 24/7; et 2) de 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 les 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.

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, objectif sera d'essayer de communiquer avec l'OBS dysfonctionnel sur le site OCFC pour le faire remonter. 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.

IV. 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 nd 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, transit aller-retour, mobilisation et démobilitation comprises.

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) ;
- L'architecture des formations géologiques sous le fond-marin de quelques mètres, jusqu'à 100 m de profondeur, 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.

A. 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.

1) Les OBS (INSU)

Le réseau de 7 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).

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

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.

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 3^{ème} par le PIA3 EQUIPEX MARMOR. Une 4^{ème} station est sur liste d'attente de l'EQUIPEX MARMOR.

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

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'essai 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.

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.

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 et biogéochimie au fond de l'océan. Il a été déployé en septembre 2023 pendant la campagne MAYOBS25 dans la zone du "Fer à Cheval" à 0,2 MN à l'ouest du panache acoustique site G. Ce châssis dispose d'un courantomètre Doppler (*Acoustic Doppler Current Profiler*) et de deux capteurs physico-chimiques. Il peut mesurer, pendant un an, les courants marins dans les 400 derniers mètres de la colonne d'eau et les propriétés hydrologiques (température, salinité, oxygène dissous, turbidité) par 1500 m de fond. Ces mesures permettront d'étudier le transport et la dispersion de ces gaz, et de préparer le déploiement de l'observatoire câblé permanent dans la zone (projets MARMOR et SCINOBS).

L'opération Châssis CIAM est supervisée par O. Peden (LOPS) et Hélène Leau (GEOCEAN) de l'Ifremer.

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

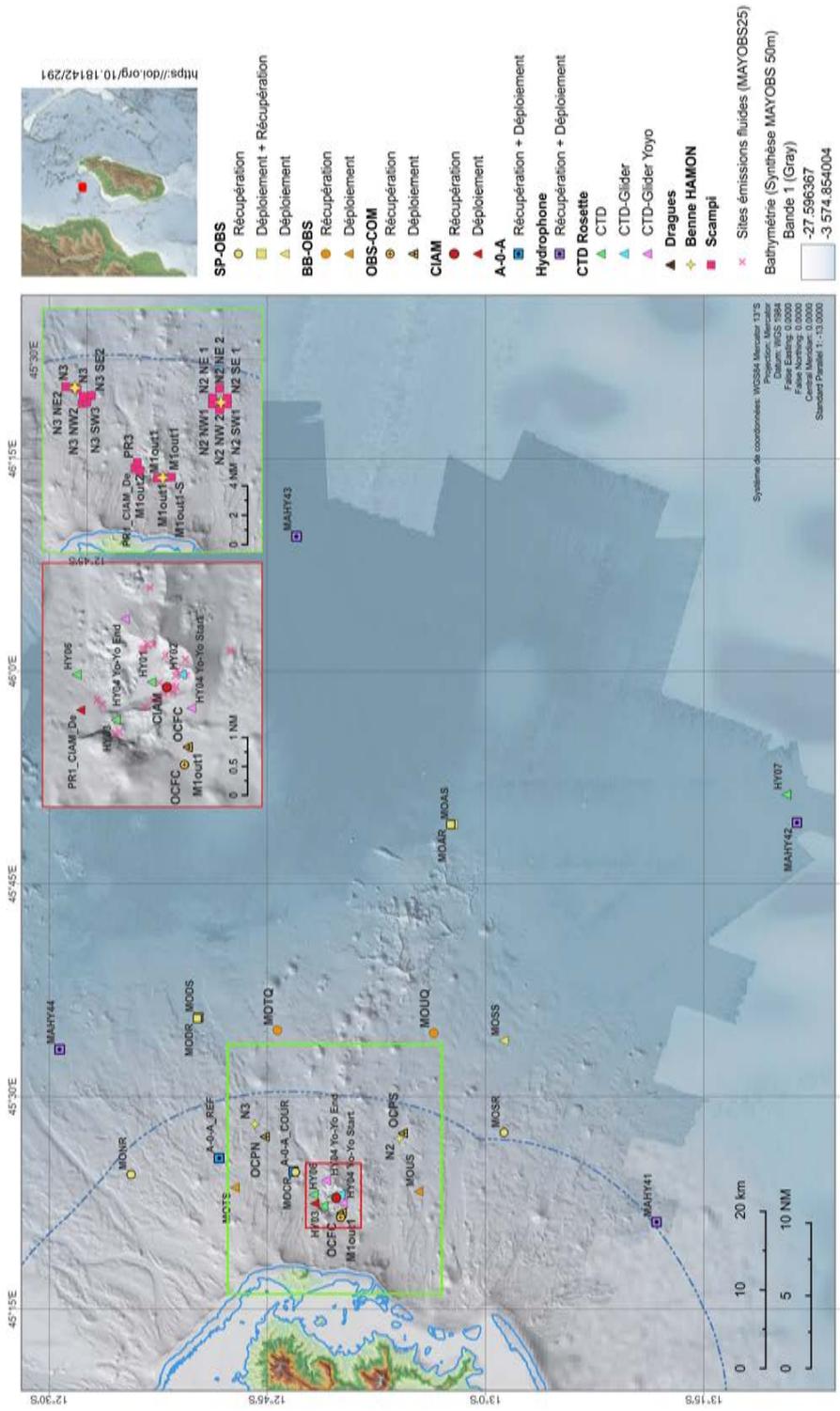


Figure 1 : Localisation prévue des mouillages de la campagne MD246-MAYOBS30.

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.

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 bâtit 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)

B. 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 REVOSIMA (Figure 2). Des levés d'acquisitions spécifiques, tels que les Routes des panaches, sont aussi réalisés lors des 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 (Figure 3).

1) 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.

Des acquisitions dédiées à l'analyse de la colonne d'eau 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 fond de mer observés pendant les campagnes précédentes.

L'ordre chronologique de la première observation acoustique des sites actifs⁵ 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, D₁ et I₀ : septembre 2021
- Sites D₃, I₁ et J₀ : juillet 2022
- Site K₀ : septembre 2023

⁵ 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).

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.

Les observations préliminaires sur la base des premiers profils sur la zone indiquent que 20 sites actifs sur les 23 sites connus ont été identifiés. Les panaches de fluides (CO₂) atteignent des hauteurs similaires à celles observées il y a un an lors de la dernière campagne sur zone MAYOBS25.

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).

MAYOBS30
Septembre - Octobre 2024 - N/O Marion Dufresne II
Profils d'acquisition de bathymétrie réalisés et prévisionnels
(au 23/09/2024)

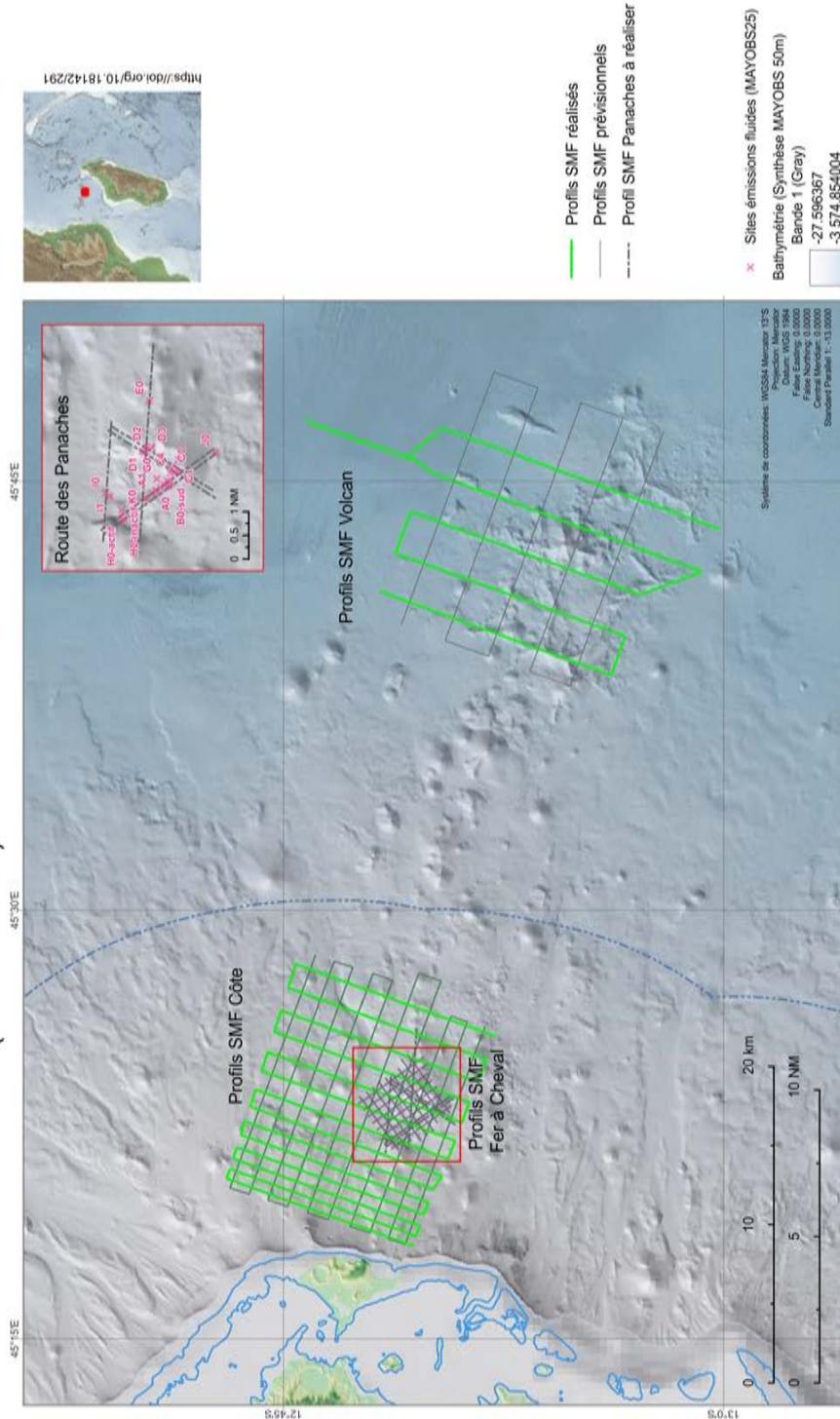


Figure 2 : Localisation des profils d'acquisition de bathymétrie et d'analyse de la colonne d'eau par SMF coque sur les trois boîtes d'Est en Ouest : « VOLCAN », « CÔTE-essaim sismique proximal », et « Fer à Cheval », et de la route des panaches sur le Fer à Cheval.

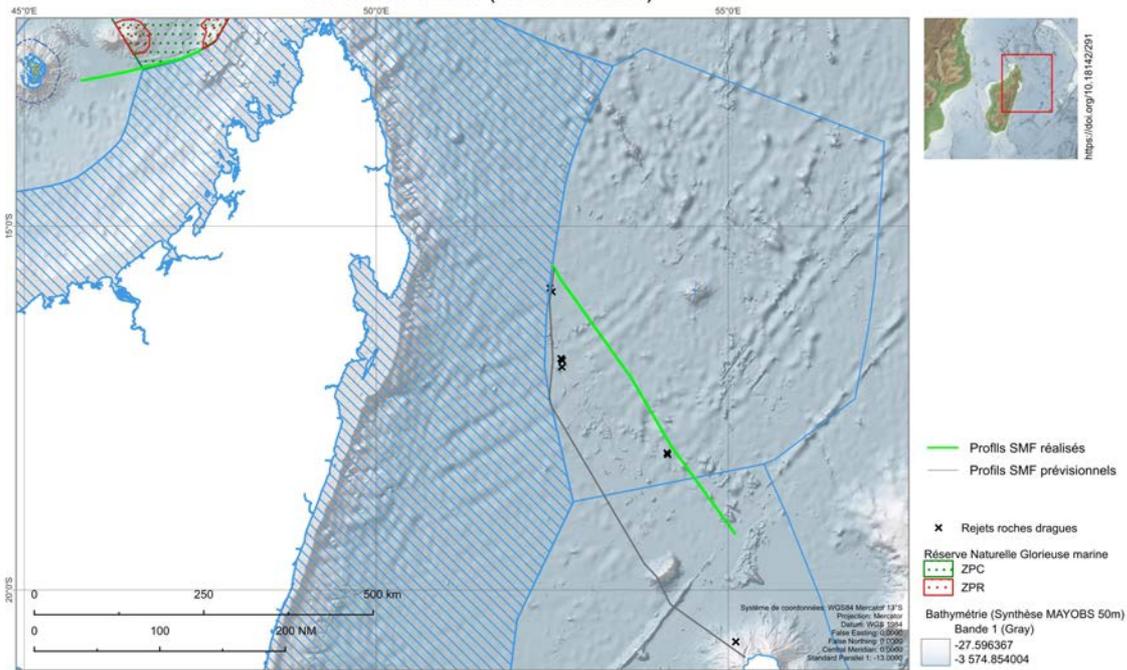


Figure 3 : Localisation des profils d'acquisition de bathymétrie et analyse de la colonne d'eau par SMF coque sur les trois boîtes d'Est en Ouest : « VOLCAN », « CÔTE-essai sismique proximal », et « Fer à Cheval », et de la route des panaches sur le Fer à Cheval.

2) Levés bathymétriques et de rétrodiffusion

a) Levés boîte « CÔTE - essai 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'essai 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 traitement des données bathymétriques SMF acquis lors de MD246-MAYOBS30, le calcul des différentiels entre les levés MD242-MAYOBS25 et MD246-MAYOBS30, seront initiés à bord par O. Ragu (Genavir) et poursuivis ultérieurement à terre par l'équipe REVOSIMA-BATHY.

b) 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.

c) 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. L'acquisition de cette boîte n'a pas été jugée prioritaire par le CSS du REVOSIMA et n'a pas été réalisée.

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

1. Prélèvement par bathysonde (CTD-Rosette)

Les 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 réalisés avec l'aide de M. Grisel (INSU), L. Fablet (BRGM), J. Garnier (BRGM), J. Frère (BRGM) et E. Rinnert (transition savoir-faire de l'Ifremer vers le BRGM).

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

En cours de réalisation

3. Prélèvement par dragages

Deux dragues ont été réalisées. Les conditions de courant et de vent ont obligé à reporter à une date ultérieure la drague DR39 sur le site (P1) du sud du cône pyroclastique du Fer à Cheval.

- La première drague a donc été réalisée sur le site DR39 (priorité P3) 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 deuxième drague a été réalisée sur le site de DR40 (priorité P7b) 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.

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).

IV. 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 16/09/2024 17h heure locale au 22/09/2024 23h59 heure locale :

La campagne se déroule de manière nominale sans problème.

- Des données de bathymétrie ont été acquises lors du transit aller dans les zones ZEE de La Réunion, de Tromelin de Mayotte, et des Glorieuses. Toutes les demandes d'autorisation de travaux en mer pour l'acquisition de données bathymétriques dans ces ZEE ont été acquises avant le départ de la campagne.
- Un SP-OBS (MOAR) sur cinq a été récupéré pour l'instant. L'enregistrement de MOAR a été interrompu le 1er juillet 2024 ;

- Les deux BB-OBS (MOTQ et MOUQP) ont été récupérés. Cependant la sphère n'est pas tombé e suite au déploiement lors de MAYOBS25 donc il n'y a aucune donnée enregistrée par le sismomètre BB-MOUQ depuis septembre 2023 mais en revanche il y a des données sur l'hydrophone associé à MOUQ. Le BB-OBS MOTS a été déployé suite à la récupération de MOTQ ;
- Un mouillage d'hydrophone sur quatre a été récupéré (MAHY43). Sur ce mouillage, une carte d'acquisition de nouvelle génération avait été installée en doublon pour tester et valider un nouveau prototype tout en sécurisant l'acquisition des données. Cette carte avait été développée pour minimiser la consommation électrique et cesser l'utilisation de piles lithium difficiles à transporter à La Réunion. La carte d'acquisition d'ancienne génération a également fonctionné mais nous n'avons pas pu calculer la dérive de son horloge interne. Une comparaison des deux jeux de données sera faite valider la nouvelle carte. Le mouillage MAHY43 a été remplacé par une station HYDROBS (MAHY53m). 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 et ses messagers ont pu être interrogés par communication acoustique, une fois en place ;
- Le capteur de pression A-0-A de référence (A-0-A_R) a été récupéré. 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.
- 1 test CTD-Rosette a été réalisée sur le site de MAHY53 suite au déploiement de ce dernier. Suite à un problème de mesure de la longueur filée par les appareils de pont du navire, la CTD-Rosette a été stoppée vers 300 m d'immersion. Malgré cela, les différents éléments de la CTD-Rosette ont pu être testés comme les différents capteurs et le système de prélèvement. Le problème technique a été résolu rapidement par l'équipage. Cette opération test a également permis à l'équipe renouvelée du BRGM qui reprend l'activité de familiariser avec la technique ;
- La couverture acoustique de la boîte « VOLCAN » aux sondeurs mono- et multifaisceaux a été réalisée uniquement sur les profils NS (et profils de calibration) : 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 de coque au sein de 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 ;
- 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);
- 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 dans cette zone. Ceci a déclenché la décision de réaliser dès que possible une 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, et 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.

- Le traitement et l'interprétation de l'acoustique colonne d'eau de la boîte CÔTE sont en cours.
- 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).

A. Programme des jours à venir pour la deuxième semaine à partir du 23 septembre minuit heure locale

1. Opérations de mouillages :

- Récupération (MAHY41, MAHY42 et MAHY44) et déploiement (MAHY51m, MAHY52 (sans messenger) et MAHY54m) des hydrophones
- Récupération des OBS (MONP, MODP) ;
- Déploiement par treuil avec largueur BUC des OBS (MONQ, MODQ, MOCQ) ;
- Déploiement par treuil avec largueur BUC des deux BB-OBS (MOTQ, MOUQ) ;
- Relocalisation acoustique de MOAQ suite à un problème de positionnement (très fort courant de fond, et non communication avec le largueur BUC) lors de la descente : impossibilité de le larguer au point cible ;
- Récupération du capteur A-0-A #1 ;
- Déploiement des capteurs A-0-A #1 et #2 (référence) ;
- Récupération, déploiement et relocalisation du châssis CIAM ;
- Tentative de communication acoustique avec l'OBS communiquant OCFC (futur réseau MARMOR) en lien avec Arnaud Lemarchand (IPGP) et les personnels de la société OSEAN qui a fabriqué l'instrument. Cet OBS est défaillant depuis son déploiement lors de la campagne MAYOBS29 sur l'Osiris II

2. Opérations de prélèvements :

- Dragages au niveau du Fer à Cheval (P1, P2, P4) ;
- 3 CTD-Rosette + 2 CTD-Rosette avec un glider (profil vertical et le long d'un transect) ;
- 1 CTD-Rosette référence à réaliser à nouveau ;

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

- Finalisation de la boîte « CÔTE »;
- Réalisation de la boîte « Panaches du Fer à Cheval »
- Réalisation de plusieurs profils de « Route des Panaches » avec le sondeur multifaisceau EM122 et le monofaisceau EK80 pour acquérir des données de flux.

B. 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)

Margaux Dufosse (Alseamar)

Clément Moniès de Sagazan (doctorant, IPGP)

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-OVPP)/responsable opération, Kevin Canjamalé (IPGP-OVPP), Patrice Boissier (IPGP-OVPP), Cyprien Griot (IPGP-OVPP), 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) ;
- **Châssis CIAM (opérations et analyses préliminaires des données) :** Olivier Peden (LOPS, 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) ;

C. Remerciements :

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

Supervision opérations entre équipage et scientifique (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 : Jérôme Normand (LDAS)

Collaboration à terre :

- **OBS communicants HALIOS** : A. Lemarchand (IPGP) ; Olivier Philippe (OSEAN); Charles Rebour (OSEAN); Fabrice Huitorel (OSEAN); Jaouen Rozen (OSEAN);
- Projet observatoire sous-marin câblé de Mayotte 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)