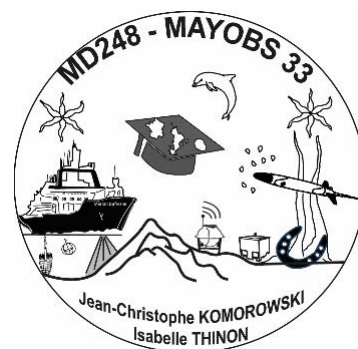


Campagne océanographique de surveillance

MD248-MAYOBS33

<https://doi.org/10.17600/18004000>



Note finale du jeudi 25 Septembre au mardi 14 octobre 2025 (version finale du 21-10-2025)

1. Préambule

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 3400 m 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 20 juin 2025 à 17h48 TU avec une magnitude M_L de 3.5 et à une profondeur de 48 km (coordonnées : 12.72°S, 45.50°E) (Communiqué exceptionnel du REVOSIMA, <https://www.ipgp.fr/actualites-du-revosima/>).

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-hebergées/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 de Clermont Auvergne (UCA), l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), La Rochelle Université (LRU), le CNES, Météo France, et le SHOM.

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

- 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
- De détecter les changements dans l'activité et de transmettre aux autorités en charge de la sécurité civile les alertes sur les phénomènes observés
- De diffuser une information régulière à tous les acteurs dont la population

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 bathysonde (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. Un suivi continu de ces sorties de fluides est effectué et transmis de façon quasi-temps réel par un à deux planeurs (glider) depuis 2021 (cf. paragraphe suivant). 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.

2. Récapitulatif des campagnes de surveillance précédentes :

Dans le cadre du programme de surveillance, le 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.

Les campagnes MAYOBS sont menées dans le but 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.

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).

Avant Septembre 2025 et depuis mai 2019, 15 campagnes océanographiques MAYOBS¹ avec levers acoustiques, prélèvements et maintenance ont été réalisées: [MAYOBS1, 2, 3, 4, (2019) et MAYOBS15 (2020), 21 (2021), 23 (2022), 25 (2023), 30 (2024) à bord du N/O² Marion Dufresne, SHOM-MAYOBS5 (2019) à bord du N/O Beautemps-Beaupré³, MAYOBS13-2 (2020) à bord au navire FUGRO-GAUSS, MAYOBS17, 18, 19 et GEOFLAMME (2021) à bord du N/O Pourquoi Pas? ont eu lieu. En plus, un total de 17 campagnes de déploiement et redéploiement des OBS ont eu lieu de février 2019 à juillet 2025 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/>).

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

¹ Série campagne MAYOBS : RINNERT Emmanuel, LEBAS Elodie, KOMOROWSKI Jean-Christophe, PAQUET Fabien, JORRY Stéphan, FEUILLET Nathalie, THINON Isabelle, FOUQUET Yves (2019) MAYOBS, <https://doi.org/10.18142/291>

² N/O : Navire Océanographique de la FOF

³ bâtiment hydrographique et océanographique du SHOM

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). 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. À 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 30, les panaches acoustiques les plus actifs atteignaient une profondeur minimale de 350 m sous la surface de la mer (site E) 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, 30, 33 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, 30, 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. Lors des dernières campagnes sur site, MAYOBS21, 23, 25, 30, aucune nouvelle coulée de lave n'a été mise en évidence via le sondeur multifaisceaux coque. Pour rappel, deux panaches uniquement ont été initialement identifiés en mai 2019 contre 23 panaches qui étaient visibles en 2024 (MAYOBS30), 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 lors de la campagne MAYOBS30 a permis de valider la pérennité de l'activité d'émission de fluides sur 20 sites (19 préexistants et le nouveau site K0).

Dans l'objectif de renforcer le réseau d'observation en mer du REVOSIMA, un planeur (drone) 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 (par ex. la présence de gouttellettes de CO₂ liquide via l'index de backscatter BI). Des algorithmes spécifiques de traitement de données ont été développés par Alseamar, pour la plupart adaptés de méthodes publiées et répondant aux standards internationaux.

En 2024, la campagne MAYOBS30 n'avait pas permis d'établir la communication avec l'OBS HALIOS défaillant déployé sur le plancher océanique (site OCFC) et donc de le faire remonter. Il fut récupéré lors de la mission MAYOTTE-OCEANX-2025 en août 2025 via un ROV. Lors de la campagne MAYOBS30, deux hydrophones en version HYDROBS ont été déployés. Ces hydrophones de types HYDROBS avec messagers (ie., navette) permettent la remontée de données à des fréquences variables (largeur indépendant de la tête acoustique) et dont l'autonomie d'acquisition est de 3 ans sans maintenance.

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>).

3. Rappels des objectifs initiaux de la mission MD248-MAYOBS33 (2025)

Dans le cadre des actions menées par le REVOSIMA, la nouvelle campagne en mer MD246-MAYOBS33 s'est déroulé à bord du N/O *Marion Dufresne* du 25 septembre au 14 octobre 2025. Le N/O *Marion Dufresne* est arrivé sur la zone d'étude le 29 septembre.

Le premier objectif de la campagne MAYOBS33 est de **recupérer 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 large bande) permettent le suivi de la sismicité pour préciser l'évolution de la position et de la profondeur des séismes et leurs typologies (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 dernière relève/redéploiement des SP-OBS a eu lieu lors de la campagne MAYOBS32 sur l'OSIRIS II en avril 2025. Lors de MAYOBS33, il est prévu de relever et redéployer 1 hydrophone dans le canal SOFAR et de récupérer une navette d'un hydrophone de types HYDROBS

via le workboat pour vérification des déploiements effectués lors de la campagne précédente MAYOBS30. Les 2 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 doivent être relevés et redéployés. Le châssis CIAM (LOPS), qui permet d'enregistrer et de mesurer les courants marins dans la colonne d'eau déployé l'année dernière, doit être récupéré. Les opérations de récupérations et de redéploiements servent à la maintenance des réseaux et à récupérer les données enregistrées.

Le deuxième objectif de la campagne MAYOBS33 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). 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 1000 m d'immersion depuis septembre 2021 et étendue à 1250 m de la colonne d'eau, depuis juillet 2023.

Le troisième objectif de la campagne MAYOBS33 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 ». Une attention particulière sera portée dans la zone des dernières coulées actives du Fani Maoré car une légère augmentation de l'amplitude du signal acoustique depuis le fond jusqu'à mi-hauteur de la colonne d'eau (halo acoustique) a été perçue lors de la campagne MAYOBS30. 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 A CHEVAL » (FAC) et lors de « ROUTE DES PANACHES » à réaliser dans des conditions optimales de marée (étale, bas coefficient, morte-eau) (voir objectif 2). La cartographie des fonds marins permet aussi de 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 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 FAC. Elles permettront également de préciser le contrôle tectonique ou volcanique des différents types d'émissions fluides.

Le quatrième objectif de la campagne MAYOBS33 est d'effectuer des prélèvements/mesures in situ d'eau par la bathysonde Rosette comprenant 12 bouteilles + CTD + capteur CO₂ (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 FAC et de l'essai 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 MAYOBS33, ainsi que sur une zone de référence afin de quantifier les anomalies observées. Les 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 de certains gaz (CO₂, H₂, CH₄) peut se faire par spectrométrie de masse in-situ (ISMS) installé sur le châssis de la bathysonde/rosette. Les analyses de la composition des gaz (CO₂, He, CH₄, H₂S) et de la signature isotopique (carbone, hélium, oxygène), qui permettent de quantifier la contribution magmatique et sa source, et le dosage des métaux et silicates sont réalisées à terre après la campagne. Ces données sont fondamentales pour quantifier et suivre les différents types de fluides émis (magmatiques, hydrothermaux ou eau de mer réchauffée sur le flanc des volcans actifs) 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 MAYOBS33 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).

Le sixième objectif de la campagne MAYOBS33 est d'effectuer 3 (+1 dans le pied de pilote) dragages pour prélever des roches dans le complexe volcanique du FAC qui a généré des éruptions volcaniques il y a quelques milliers d'années (< 5000 ans, M. Frey et al., thèse, Univ Paris Saclay). L'objectif est de dater, caractériser le type (degré d'explosivité, composition) 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 MAYOBS33 est de récupérer le châssis CIAM (LOPS) déployé l'année dernière 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>). Le projet MARMOR, d'une durée de 8 ans comporte un axe 5 dont l'objectif est le développement d'un observatoire multi-paramètres sous-marin à Mayotte piloté par l'IFREMER en en partenariats avec diverses institutions dont l'IPGP pour la partie capteurs et la station d'atterrissage du réseau câblé, financé par l'ANR (PIA3). 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. L'opération MARMOR consiste une relève du châssis CIAM (LOPS), instrument mesurant les courants dans la colonne d'eau, sur l'un des futurs sites d'installation des capteurs et de passage des câbles électro-optiques. Des compléments d'acquisition seront réalisés dans le canal au Nord du FAC via les sondeurs multifaisceaux et sondeurs de sédiments SBP.

Le huitième objectif de la campagne MAYOBS33 est de procéder comme à chaque campagne à suivre le **protocole de protection des Mammifères marins** grâce à l'embarquement de trois observateurs des mammifères marins (MMO).

Le neuvième objectif de la campagne MAYOBS33 est une opération de sensibilisation et de communication auprès de la population mahoraise lors de la Journée de la résilience aux risques. Dans les mois qui ont suivi la campagne MAYOBS30 et la préparation de la campagne MAYOBS33, la préfecture de Mayotte a émis le souhait que nous fassions une escale d'une journée à Mayotte afin que les personnels de la campagne engagent des activités de diffusion des savoirs sur la campagne, le REVOSIMA, les aléas telluriques à Mayotte afin de sensibiliser la population et de contribuer à améliorer la perception des enjeux scientifiques et en termes d'aléas tellurique.

Enfin, le dixième objectif de la campagne MAYOBS33 est de **continuer de promouvoir et contribuer à des projets pédagogiques de formations d'étudiants** dans le cadre de la participation lors de la campagne MAYOBS33 de 4 étudiant.es de l'Université de Mayotte et de leur encadrant, d'une Université Flottante avec 10 étudiant.es et leur encadrant et de deux étudiantes de l'Université de La Réunion.

4. Déroulement de la campagne MD248-MAYOBS33

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, les roches collectées lors des opérations de dragages. Seule une localisation de ces changements majeurs pourrait être fournie durant la campagne. La campagne nécessitant prioritairement la gestion des acquisitions, les données interprétées seront présentées a posteriori.

Les opérations et acquisitions de la campagne M248-MAYOBS33 sur zone se sont déroulées sur un total de 12 jours du lundi 29 septembre à 05h au 10 octobre soir (voir planning à la **Figure 1**), comprenant un jour d'escale à Mayotte (le dimanche 05 octobre, voir section 6). En accord avec la demande de l'État via la MAPPPROM, la mission MD248-MAYOBS33 a mis en place des actions dans le respect des objectifs de réduction des impacts environnementaux (vitesse réduite, 1 seul moteur DA à 80% de puissance lors des opérations de transits y compris sur zone).

3.1. Opérations de mouillages, récupération – déploiement des instruments des réseaux :

- Première récupération avec le workboat du Marion Dufresne (contrainte jour) de l'une des trois navettes (petite sphère translucide en verre avec flash, contrainte nuit) de l'hydroOBS MAHY53m à l'aube
- Récupération de l'OBS courte période SP-OBS MOAT ;
- Échec de la récupération du BB-OBS MOTS car la communication n'a pu être établie ;
- Récupération du capteur de pression A-0-A #1 (site de référence) ;
- Récupération du capteur de pression A-0-A #2 (site de la Couronne) ;
- Déploiement par treuil avec largueur BUC du capteur de pression A-0-A #1 (site de référence) après reconditionnement (R.A.S) ;
- Récupération avec le workboat du Marion des 2 gliders Alseamar en surface au Nord du Fer à Cheval ;
- Récupération du châssis CIAM sur un site légèrement au sud-est du site MARMOR CIAM_PR_1 au nord du Fer à Cheval ;
- Récupération du SP-OBS MOST.
- Récupération de l'OBS large bande BB-OBS MOUS.
- Récupération du SP-OBS courte période MODT ;
- Déploiement du BB-OBS MOUU ;
- Déploiement du SP-OBS MODU ;
- Échec du déploiement du capteur A-0-A #2 (Couronne) liée à une communication défailante avec le largueur X-Blue. Le déploiement a été stoppé et le A-0-A remonté à bord ;
- Échec de la récupération de la navette de l'HYDROBS MAHYOBS54 car, après avoir été visible 5 minutes, elle a coulé avant de pouvoir être récupérée. Hypothèse probable d'un choc sur la coque du navire avant son arrivée en surface.
- Déploiement du SP-OBS MOSU ;
- Échec de la récupération du BB-OBS MOTS, malgré la communication active, les 5 cycles de release sur chacun des deux fusibles, la profondeur de la station reste constante ;

- Déploiement du capteur A-0-A #2 (Couronne) ;
- Interrogation du BB-OBS MOTS pour vérification positive qu'il est bien encore présent sur site à la profondeur nominale ;
- Récupération de l'hydrophone MAHY52 ;
- Redéploiement de l'hydrophone MAHY62 à la même localisation que MAHY52 ;
- Déploiement du SP-OBS MOAU ;

3.2. Opérations de prélèvements de la colonne d'eau par bathysonde et de roches par dragage :

- Test de bathysonde CTD-Rosette (HY00) et des capteurs. Le capteur de CO₂ a eu une avarie irrémédiable (voie d'eau) le rendant indisponible pour le reste de la campagne ;
- Profil vertical CTD-Rosette dans le chenal entre le Fer à Cheval et la Couronne (HY01) ;
- Profil vertical CTD-Rosette dans le Fer à Cheval (HY02) ;
- Profil vertical CTD avec glider sur le berceau de la Rosette pour intercomparaison dans le centre du Fer à Cheval (HY03). Profondeur max : 1250 m ;
- Profil CTD-sur le site B0 (HY04-G) dans le Fer à Cheval ;
- Profil CTD avec le glider sur le berceau de la Rosette pour intercomparaison dans le panache du site C2 (HY05-G), Profondeur max : 1250 m ;
- Profil CTD avec glider sur le berceau de la Rosette pour intercomparaison en Yoyo (HY06-G-Yoyo) à travers les panaches des sites (du Nord-Est au Sud-Ouest) D et B; Profondeur max : 1250 m .
- Profil CTD sur le site où une anomalie (HY07) identifiée par le glider et où un echo a été observé par SMF lors de la troisième Route des Panaches ;
- Profil CTD sur le site E (HY08) où un dédoublement de la racine du site E a été perçu au SMF ;
- Profil CTD de référence (HY09) au sud-est de la zone d'étude.
- Dragage (DR47-P1) sur les flancs du Fer à Cheval depuis son centre (au Nord-Ouest) vers la bordure extérieure (au Sud-Est) ;
- Dragage (DR48-P2) sur un cône dans l'alignement nord-est de Petite-Terre ;
- Dragage (DR49-P5) sur un bloc d'avalanche de débris localisé dans le chenal au nord du Fer à Cheval.

3.3. Acquisitions acoustiques (SMF) :

- Réalisation des profils NS de la boîte « VOLCAN » et du profil de calibration (SMF EM122, EK180, ADCP, Gravimètre et Magnétomètre) sur le complexe volcanique de Fani Maoré (pas d'évolution notable identifiée depuis Décembre 2020);
- Réalisation des profils Nord-Sud puis Est-Ouest de la boîte « CÔTE » (SMF EM122, EK180, ADCP, Gravimètre et Magnétomètre) ;
- Réalisation des profils Nord-Sud puis Est-Ouest de la boîte « FER A CHEVAL » (SMF EM122, EK180, ADCP, Gravimètre) pour l'identification des panaches acoustiques haute résolution ;
- Réalisation de six Routes des Panaches dans le secteur du Fer à Cheval (notée RP1, RP2, RP3, RP4, RP5, RP6) pour la caractérisation acoustique et le suivi spatio-temporel des sites de sorties de fluides CO₂, dans différents contexte océanographique (marées, courants).

- Réalisation de profils de sondeur de sédiment au pied du canyon, à l'Est du Fer à Cheval et de la Couronne, pour identifier des dépôts volcano-clastiques (avalanche de débris);
- Réalisation de quelques profils ~Est-Ouest de la boîte « VOLCAN » (SMF EM122, EK180, ADCP, Gravimètre et Magnétomètre) pour permettre le traitement bathymétrique du levé NS (élimination des artefacts) ;
- Réalisation des transits valorisés Aller -retour dans la ZEE de Glorieuses y compris la ZPR de la Réserve naturelle nationale de l'archipel des Glorieuses (autorisation obtenue par le Préfet des TAAF), de Tromelin et de La Réunion, qui ont permis d'apporter une connaissance des fonds marins sur des territoires non investigués jusqu'à présent, notamment sur la bordure du plateau du banc de Cordelière et au pied du banc de Geyser (ZPR Glorieuses).

5. Résumé des principales opérations et résultats préliminaires de la campagne MD248-MAYOBS33

Ce chapitre a été rédigé à partir de rapports d'opération que chaque équipe opérationnelle a établi. Ces rapports seront accessibles dans leur totalité dans le rapport de fin de mission final.

5.1. Sismologie : voir Figure 2, Figure 3

- 3 OBS « classiques » courte période SP-OBS (MOA*, MOD*, MOS*) et uniquement un BB-OBS (MOU*) ont été récupérés.
- La récupération du BB-OBS MOT* a échoué car il n'a pas été possible de communiquer avec le BB-OBS, l'ordre de larguage n'a pas été reçu. Un retour sur site a permis de diagnostiquer si le BB-OBS était défaillant ou manquant. Après un cycle de 2*5 releases pour les deux fusibles, la profondeur de l'OBS restant stable à ~1300 m, la procédure de récupération de l'instrument a été ajourné à une prochaine campagne. Le lendemain, un passage au-dessus a permis de vérifier sa présence toujours au fond à la profondeur nominale.
- Le déploiement des SP-OBS (MOD*, MOS*, MOA*) et du BB-OBS (MOU*) ont été réalisés.
- Tous les instruments ont enregistré jusqu'à leur récupération hormis MOS* qui s'est arrêté probablement à cause de batteries épuisées. Il n'a donc pas été possible de procéder à la resynchronisation de l'horloge entre l'instrument et l'heure TU à sa récupération.
- Le dépouillement et leur mise en relation avec les enregistrements du réseau à terre seront réalisés à l'issue de la campagne.

5.2. Géodésie fond de mer, déformation : voir Figure 4 et Figure 5

- Les deux capteurs PAROS de pression à dérive contrôlée A-0-A ont été récupéré. Les deux instruments ont enregistré de la donnée pendant un an, de septembre 2024 à septembre 2025.
- Le système de vanne permettant de quantifier la dérive *in-situ* a fonctionné sur toute la durée du déploiement pour l'instrument du site de la Couronne, mais la dernière rotation (début août 2025) n'a pas fonctionné pour l'instrument du site de référence.
- 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 3.5 du 20 juin 2025 n'est pas visible dans les données de pression brutes de l'instrument du site de référence.

- L'analyse préliminaire des différences de pressions mesurées sur le site de la Couronne (AOA SN 213112, PAROS 2 SN 159886) et sur le site de référence (AOA SN 208295, PAROS 2 SN 152123), suggère :
 - Qu'il n'y a pas eu de déformation lente significative entre les deux sites (résidu < ~0.25 cm/an sur **Figure 16 et 16.2**)
 - Qu'il n'y a pas eu de déformation transitoire pouvant correspondre à une activité de pulse magmatique ou de déformation tectonique, relative entre les deux sites.
 - Que si déformation il y a, celle-ci affecte les deux sites de la même façon.
- Un traitement approfondi sera nécessaire pour en dégager tout signal de déformation du sol.

5.3. Hydrophones : voir Figure 2 et Figure 6

- Première récupération d'une des trois navettes de la station HYDROBS (OCEAN) MAHY53m.
- La navette de la station HYDROBS MAHY54m est remontée à la surface mais a possiblement heurté la coque du bateau provoquant un flash lumineux, soupçonné être l'interaction des circuits et/ou des batteries avec l'eau de mer. La navette a été aperçue en surface à moins de 2 m de distance horizontale tribord. Elle n'est restée en flottaison que quelques minutes avant de couler.
- La navette de l'HYDROBS MAHY54m n'avait a priori pas enregistré de données (carte mémoire à 100%, ie., vierge). Les données sont cependant toujours stockées sur l'HYDROBS principal toujours immergé.

5.4. Bathymétrie : voir Figure 7, Figure 8 et Figure 9

- Les levés bathymétriques SMF coque (EM122, EK80) ont été réalisés (mode colonne d'eau) sur les boîtes VOLCAN, COTE, FER A CHEVAL et le long des « routes des panaches » (**Figure 7**). Du fait de la durée limitée de et des aléas rencontrés durant la campagne MAYOBS33, seuls les profils NS de la boîte VOLCAN ont été réalisés dans leur totalité. Pour aider à l'élimination des artefacts majeurs sur les reliefs du volcan Fani Maoré principalement, 6h au lieu de 12h de levés SMF ont dû être réalisés selon une orientation ~EO (profils EO différents de la boîte initial VOLCAN).
- Le calcul des différentiels réalisés à bord à partir des données prétraitées mais non finalisées de la campagne MAYOBS33 et des données traitées de la campagne MAYOBS30 n'a révélé aucun changement majeur dans la morphologie des fonds marins des boîtes VOLCAN, COTE, FER A CHEVAL.
- Une attention toute particulière a concerné la zone du Tiktak (NO du volcan Fani Maoré), secteur où lors de MAYOBS30 des échos sur l'EK80 avaient été détectés. Le calcul de différentiel n'a noté aucune variation (**Figure 8**).
- Des acquisitions par SMF (EM122 + EM710) avec le magnétomètre tracté ont été effectuées le long des transits aller et retour dans les ZEE de La Réunion, Tromelin et des Glorieuses y compris la ZPR de la Réserve naturelle nationale de l'archipel des Glorieuses (autorisation obtenue auprès du Préfet des TAAF) (**Figure 9**).

5.5. Identification des panaches acoustiques - émission de fluides magmatiques (CO₂ liquide) par SMF EM122 et EK80 : voir Tableau 1, Figure 10, Figure 11 et Figure 12

Sous réserve de l'analyse fine à posteriori à terre, les résultats préliminaires de l'analyse des données acoustiques SMF EM122 et EK80 acquises lors des boîtes CÔTE, FAC⁴ et des Routes des 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), sont les suivantes :

- Aucuns signaux significatifs pouvant être associés à la présence d'émission de fluides en fond de mer en dehors de la zone du FAC et son périmètre élargi.
- **Identification sans ambiguïté de la continuité de l'activité d'émission de fluides des 17 des 23 sites** déjà observés pendant les campagnes antérieures à savoir : A0, A1, A2, B0, B1, C0, C1, C2+C3, C5, D0, D1, E0 (+E1), G0, H0, I1, J0. Voir **Tableau 1** , **Figure 10**;
- Pas de changement pour les groupes A et B, stables et très bien identifiables. **Le panache B0 reste le plus intense (Figure 11), mesuré à 150 m sous la surface au lieu de 400 m habituellement (campagnes précédentes) : les panaches n'avaient jamais été observés aussi proche de la surface** et une telle hauteur dans la colonne d'eau (influence probable des marées VE/ME qui peuvent limiter la hauteur d'eau maximale atteinte) ;
- Les panaches C0, C1, C2, C3 (voire C4) se confondent en un seul grand site et continuent de s'étendre horizontalement sur le plancher océanique.
- Les sites D0 et D1 sont spatialement difficile à distinguer (racine délocalisée ?) ;
- **Le panache sur le site E0 prend de l'ampleur**, il est désormais constitué de **2 branches distinctes** de 200 m, ce qui pose la question d'une discrimination nominale en deux sites différents (E0 et E1) dans la même zone (**Figure 12**) ;
- La panache I1, de faible intensité, n'a pas toujours été détecté par notre sondeur malgré les passages à proximité.

Le post-traitement à terre doit permettre de lever les ambiguïtés suivantes :

- L'activité des émissions du site D2, D3, F0, I0 et K0 reste à déterminer à partir d'une analyse plus approfondie : le signal pouvant être trop faible pour être détecté ou inexistant ;
- La continuité et distinction des émissions du C4 qui est confondus par l'élargissement des sites C2+C3 ou C0 et limité par la résolution du sondeur multifaisceaux. Une analyse plus détaillée pourra éventuellement valider leur empreinte géographique et/ou leur intensité ;
- La distinction des racines des site D0 et D1 potentiellement délocalisée voire fusionnées.
- L'activité discontinue d'émission du site I1 : le signal pouvant être trop faible pour être détecté ou son activité est intermittente.
- Les observateurs en quart scientifique ont souligné que sous certaines conditions (courants faibles, marée à l'éta, mortes eaux et faibles coefficients de marée), les panaches acoustiques parmi les plus actifs atteignent des hauteurs importantes. Le sommet du panache acoustique du site actif B0 a pu être détecté entre 150m et 125m sous la surface de la mer à

⁴ FAC : complexe volcanique du Fer à Cheval à 10 km de l'île de Petite-Terre

partir de données du monofaisceau EK80-38 kHz pendant la route des panaches 4 (**Figure 11**). Les panaches, habituellement observés jusqu'à 400m lors des campagnes précédentes, n'avaient jamais été observés aussi si proche de la surface et avec une telle hauteur dans la colonne d'eau. Ces observations en temps réel restent toutefois à analyser plus finement et à confirmer.

- Les grandes variations des coefficients de marées et des forts courants de surface et profonds lors de cette campagne ont fortement influencés la morphologie des panaches (« tortueux ») sur l'ensemble de la colonne d'eau : La racine et le sommet du panache peuvent être visiblement séparés, apparaissant comme des "bulles" dans les données du SMF EM122 et du monofaisceau EK80.

Les premières constatations concernant le nombre de sites et leurs caractéristiques (hauteurs, intensité...) sont donc à considérer avec précaution jusqu'au post-traitement. Un total de 277 fichiers recouvre la zone élargie du FAC avec six routes des Panaches, des profils de la boîte CÔTE ainsi que des profils dits « opportunistes » acquis pendant l'acquisition d'autres opérations, ont permis de fournir des images des panaches à différentes temporalités et conditions océanographiques sur la zone élargie du FAC. Parmi ces fichiers, 103 restent encore à traiter.

En bref, on note une évolution des sites de sorties de fluides (CO₂ liquide) par rapport à la campagne précédente MAYOBS30, mais ils restent cependant dans le secteur du FAC élargi. Ces résultats sont à confirmer par le post-traitement à terre. Une analyse complète est nécessaire pour conclure sur le niveau d'activité des sites d'émission connus.

5.6. Physico-chimie de la colonne d'eau avec mesures par CTD-Rosette : voir Figure 13 à Figure 18.

La stratégie d'échantillonnage de la colonne d'eau sur la campagne MAYOBS33 repose sur des prélèvements et analyses de la colonne d'eau par CTD-Rosette (**Figure 13, Figure 14**) au droit :

- De sites d'émissions connus au niveau du Fer à Cheval ;
- De zones favorables, via la bathymétrie, à l'accumulation des gaz dissous issus des principaux sites d'émission au sein du Fer à Cheval ;
- D'éventuel(s) nouveau(x) panache(s) acoustique(s) identifié(s) lors des profils réalisés au sondeur mono et multi faisceaux (EK80 et SMF respectivement) pendant la campagne ;
- D'éventuelle(s) anomalie(s) détectée(s) par les capteurs et sondes du glider au cours des plongées de suivi menées toute l'année sur la zone du Fer à Cheval (ex : anomalie BI⁵) ;
- D'un point de référence en haute mer éloigné du Fer à Cheval, du volcan Fani Maoré et de toute influence magmatique sous-marine afin de définir le fond géochimique naturel et quantifier l'ampleur des anomalies observées ;
- De sites d'intérêt pour l'inter-comparaison glider/technique de référence.

La CTD-Rosette a été mise à disposition par le parc instrumental de la DT-INSU. L'équipement comprenait 24 bouteilles de prélèvement, un altimètre, deux capteurs de température, de

⁵ BI : back-scatter index

conductivité, et d'oxygène dissous, un capteur de turbidité, de transmission et de fluorescence. A cela, un capteur pH/Eh et un capteur mesurant le pCO_2 ont été mis à disposition par le REVOSIMA (BRGM).

Au total, **10 bathysondes** ont été réalisées au cours de la campagne, incluant une CTD-Rosette de test en début de campagne (HY00) visant à s'assurer du bon fonctionnement des capteurs et 9 bathysondes (HY01 à HY09) CTD-Rosette visant à acquérir des données géochimiques dans le cadre du suivi annuel de la zone. Les points d'opérations sont présentés sur la carte en **Figure 13** et synthétisés dans le **Tableau 2**.

Parmi ces 9 bathysondes, trois étaient principalement ou en partie dédiées à l'intercomparaison glider/ méthode de référence afin de procéder à la calibration des sondes (HY03, HY05 et HY06). Pour cela les deux gliders 1250m ont été installés avec la CTD sur le châssis Rosette (**Figure 14**).

5.6.1. Physico-chimie de la colonne d'eau par CTD-Rosette

Ces opérations étaient sous la supervision de l'équipe BRGM en collaboration avec la DT-INSU (resp. de la CTD Rosette).

Des mesures de paramètres physico-chimiques, incluant la température, la conductivité, le pH, l'Eh et l'oxygène dissous, ont été réalisées à la remontée de la rosette sur l'eau des bouteilles prélevées pour analyses par le BRGM. Les mesures d'alcalinité, de DIC et de pH ont été réalisées en laboratoire dans les heures qui ont suivi les prélèvements. Les concentrations en gaz dissous ont été analysées par micro-chromatographie en phase gazeuse (μGC). En raison des limites de quantification plus élevées qu'une GC classique, seules les concentrations en CO_2 ont fait l'objet d'une quantification à bord.

Les analyses qui seront effectuées à terre sont les suivantes :

- La quantification des concentrations en gaz dissous (CO_2 , CH_4 , H_2) par le BRGM ;
- La quantification des concentrations en méthane des échantillons prélevés par l'Ifremer.
- Les analyses de l'He ($^4He/^3He$) par spectrométrie de masse à l'université de Brème et à l'IPGP ;
- Les concentrations en éléments dissous (cations, anions et métaux trace) par ICP-AES, chromatographie ionique et ICP-MS, au BRGM ;
- L'analyse des silicates, au BRGM ;
- Les isotopes du ^{13}C , soit l'analyse du rapport $^{13}C/^{12}C$ du carbone minéral dissous dans l'eau, par le laboratoire Isolab, situé au Pays-Bas ;
- Les isotopes du Li ($^7Li/^6Li$) au BRGM.

Les résultats des analyses de gaz réalisées à bord et d'alcalinité seront retraités à terre avant leur diffusion au format quantitatif et validé sous un délai de 2 mois à l'arrivée des échantillons à terre.

A partir des 9 bathysondes réalisées au cours de la campagne MD248-MAYOBS33, un jeu d'échantillons caractéristiques de 7 profils verticaux a été obtenu avec :

- 135 mesures de paramètres physico-chimiques (température, pH, salinité),
- 135 analyses d'alcalinité et de carbone inorganique dissous,
- 107 analyses de concentrations en CO_2 dissous.

L'ensemble des prélèvements complémentaires permettent de couvrir l'analyse des concentrations en gaz dissous (CO_2 , CH_4 et H_2) de 84 points de prélèvements, en anions et cations majeurs au droit de 71 points de prélèvements, et en métaux traces au droit de 36 points de prélèvements.

Selon les résultats des concentrations de l'ensemble des gaz d'intérêt (CO_2 , CH_4 , H_2) pour caractériser l'anomalie géochimique et son ampleur, les analyses des isotopes de l'He, du Li et du ^{13}C seront menées pour les échantillons jugés pertinents. Le nombre de prélèvements acquis pour l'analyse théorique des isotopes du Li et du ^{13}C permet de couvrir respectivement un total de 20 et 63 échantillons. Les 29 échantillons pour analyses des isotopes de l'He permettront de couvrir 23 points de prélèvement, 6 échantillons ayant été dupliqués pour mener une comparaison inter-laboratoires entre l'université de Bremen et la ligne d'analyse développée à l'IPGP (G. Avice).

Bien que préliminaires, les analyses menées à bord (pH, alcalinité, carbone inorganique dissous, concentration en CO_2 dissous) mettent en évidence que les profils CTD-Rosette ont captés, à diverses amplitudes, l'influence des émissions de CO_2 liquide dans la colonne d'eau. Des exemples de profils de mesures sont montrés en **Figure 15**, **Figure 16** et **Figure 17**.

Les principales observations préliminaires sont :

- L'influence des émissions de CO_2 liquide a été caractérisée au niveau du site connu B0 et de la nouvelle racine E02. Les concentrations en CO_2 dissous dans les fluides prélevés atteignent jusqu'à $52 \mu\text{mol L}^{-1}$ et $529,3 \mu\text{mol L}^{-1}$ respectivement dans la colonne d'eau des sites E02 et B0.
- Au niveau des sites connus C2 et C3, une faible anomalie a été détectée avec une concentration en CO_2 plus importante ($43.2 \mu\text{mol L}^{-1}$) à 1160.6 m en comparaison du reste du profil vertical. Cette anomalie demeure à confirmer ou affiner lors des mesures de CH_4 dissous à partir des échantillons analysés à terre.
- Les zones du centre du FAC et du chenal présentent des concentrations relativement élevées en CO_2 dissous dans les tranches d'eau profondes, jusqu'à 54.0 et $61.1 \mu\text{mol L}^{-1}$ respectivement.
- Les résultats d'alcalinité, pH et concentrations en CO_2 dans la colonne d'eau traversée pendant l'opération de bathysonde ne permettent pas d'associer les anomalies de *B1* détectées ces derniers mois par le glider à l'émergence d'un nouveau site d'émission en l'état. Seule une anomalie dans les concentrations en CH_4 dissous pourrait corroborer cette hypothèse sur la base des données acquises dans le cadre la mission MAYOBS33.

Les concentrations préliminaires en CO_2 dissous, mesurées à bord du bateau pendant la campagne MAYOBS33, sont à mettre en relation avec les courants marins de fond et leur influence sur l'orientation des panaches au moment des prélèvements. Les concentrations relativement faibles déterminées au niveau des sites C2 et C3 ne reflètent pas une baisse des émissions par rapport aux années précédentes, mais la difficulté rencontrée à positionner la CTD-Rosette en raison des forts courants de direction changeante au cours des 5 heures d'opérations. A l'inverse, les fortes concentrations mesurées au droit du site B0 demeurent dans l'ordre de grandeur des analyses de la campagne de 2024 et d'un positionnement optimal au droit des émissions.

Les concentrations en CO_2 dissous mentionnées confirment uniquement le succès des opérations CTD-Rosette, dans leur ensemble, au cours de la campagne en vue de caractériser et compléter les

connaissances sur les anomalies géochimiques dans la zone du FAC. **L'évolution des émissions dans la zone au cours du temps fera l'objet d'une analyse plus fine sur la base de concentrations de l'ensemble des gaz dissous d'intérêt (CO₂, CH₄, H₂).**

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

Ces opérations étaient sous la supervision de l'équipe Ifremer en collaboration avec Alseamar (resp. Glider) et DT-INSU (resp. de la CTD Rosette). Les opérations CTD/rosette/Glider (**Figure 14**) réalisées à bord du N/O Marion Dufresne lors de la campagne MD248-MAYOBS33 sont listées **Tableau 3** et localisées **Figure 13**.

Les principales observations préliminaires sont :

- Les données de l'ADCP équipant l'un des deux planeurs ont permis de confirmer que l'ensemble CTD-Rosette /gliders a bien traversé les panaches de gouttelettes émis par les sites actifs du Fer à Cheval lors des profils MAY33-HY05 et MAY33-HY06. Le profil MAY33-HY03 a été acquis volontairement, éloigné des émissions de CO₂ liquide pour ne prendre en considération que la phase dissoute du panache.
- Les deux charges utiles nominales des gliders ont été substituées pour des charges utiles permettant de monter 3 capteurs de CO₂ et 4 capteurs de CH₄ à la fois afin d'intercomparer une batterie de capteurs sur l'ensemble des 3 Rosettes conjointes. Un des gliders était équipé également d'un ADCP et d'une CTD-DO. Les deux gliders ont ensuite été reconfigurés en configuration nominale pour redéploiement.
- Les profils MAY33-HY03 (centre du Fer à Cheval) et MAY33-HY05 (site C) puis le yoyo MAY33-HY06 (profil vertical suivant un transect horizontal traversant le Fer à Cheval du NE au SO) montrent de façon préliminaire des profils de concentrations de CO₂ cohérents avec les sites traversés.
- Concernant les mesures *in situ* du CO₂ par les planeurs, les trois capteurs déployés montrent des réponses très semblables. Un des capteurs présentent toutefois une dérive temporelle connue qui sera aisément corrigée. Les trois capteurs sont qualifiés pour des utilisations futures.
- Concernant les mesures *in situ* du CH₄ par les planeurs, cinq capteurs ont été déployés. Un capteur qui présente des réponses incorrectes sera retourné au fabricant. Trois présentent des réponses très satisfaisantes et sont donc qualifiés pour des utilisations futures. Le cinquième capteur donne des réponses partiellement satisfaisantes et sera donc employé en dernier recours si nécessaire en remplacement des trois capteurs qualifiés. Ceci confirme l'importance de réaliser ces mesures de calibrations des capteurs des planeurs avant leur utilisation.
- Le profil MAY33-HY03 et le yoyo MAY33-HY06 ont permis d'échantillonner le centre du Fer à Cheval, zone géographique exempte de panache de gouttelettes de CO₂ permettant d'étalonner les capteurs de gaz dissous des planeurs sur des valeurs de concentration faibles à moyennes. Le profil MAY33-HY05 et le yoyo MAY33-HY06 ont permis d'échantillonner des panaches situés sur le site C et B respectivement permettant d'étalonner les capteurs de gaz dissous des planeurs sur des valeurs élevées de concentration. Ces étalonnages seront réalisés à l'issue de la réception puis de l'analyse des échantillons par l'Ifremer à l'aide de techniques de référence.
- En complément de l'atteinte de l'intégralité des objectifs pour les opérations CTD-Rosette et

gliders, des opérations complémentaires ont été menées en lien avec les données fournies par les gliders. En effet, depuis août 2025, la zone géographique formée par le triangle des sites D-E-F révèle des anomalies de détection de backscatter index (BI) et de gaz dissous compatibles avec la présence de fluides émis dans cette zone. L'analyse détaillée du catalogue des données depuis 2021 dans ce secteur démontre que 37 détections ont eu lieu dont 10 uniquement en août 2025. L'hypothèse d'un nouveau site d'émission de fluide est donc soulevée. Des compléments d'investigation ont ainsi été ajoutés : acquisitions acoustiques navire (SMF et monofaisceau) en profil et en dérive puis un profil de CTD-Rosette (MAY33-HY07). L'analyse préliminaire réalisée à bord ne permet pas d'infirmer ou confirmer l'hypothèse.

- Enfin, la présence à bord de la CTD de la DT INSU qui est étalonnée régulièrement permettra également de vérifier voire recalibrer les données de conductivité, température et oxygène dissous fournies par les gliders (deux CTD et deux capteurs d'oxygène dissous gliders seront directement intercomparés aux mesures de référence de la CTD DT-INSU). Cela permettra d'améliorer la contribution au réseau Coriolis sur ces paramètres par l'apport de données qualifiées.

Au total, les trois profils CTD-Rosette en couplage avec les gliders ont permis le prélèvement d'échantillons pour des analyses de gaz dissous dans l'eau (CH_4 , CO_2 et H_2). Les prélèvements ont été envoyés dans l'hexagone afin de réaliser ces analyses. L'analyse des gaz dissous CH_4 et CO_2 dans les prélèvements permettra d'intercomparer avec les données glider dans le but de valider les mesures réalisées par ce dernier depuis la dernière campagne et de mettre à jour les coefficients d'étalonnage le cas échéant. Les silicates seront également analysés et utilisés comme traceurs de la profondeur des prélèvements afin de valider les immersions.

Les prélèvements ont permis d'obtenir :

- 92 ampoules pour des analyses de CH_4 ,
- 98 flacons pour des analyses de CH_4 , CO_2 et H_2 ,
- 88 mesures de pH,
- 88 mesures d'alcalinité totale et carbone inorganique total dissous,
- 79 flacons pour des analyses de silicates.

Ces données préliminaires du glider montrent que :

- Les données ADCP ont permis de détecter avec acuité la présence des panaches de gouttelettes émis par les sites actifs du FAC. La comparaison avec les données SMF des profils MAY33-HY05 et MAY33-HY06 sera possible une fois les coordonnées de ceux-ci affinées mais semble bien concorder ;
- On se satisfait que l'ensemble des capteurs ait pu être confronté à des concentrations faibles comme importantes et que les deux couples CTD-DO pourront être intercomparés avec la CTD-Rosette lors de ces trois profils. Les concentrations de gaz dissous détectées par le planeur sont en accord avec les concentrations attendues dans le milieu. Le travail plus poussé d'inter-comparaison des valeurs sera réalisé une fois que les données de concentrations de CH_4 et CO_2 seront disponibles grâce aux analyses géochimiques réalisées à terre. Les données de CTD DO intercomparées permettront non seulement d'améliorer la série temporelle mais également de partager en temps quasi réel avec le réseau CORIOLIS des données de meilleure qualité ;

- Cette manœuvre conjointe, ayant déjà été réalisée lors de la campagne MAYOBS30, a encore une fois permis de mettre en lumière la synergie entre les différentes méthodes de mesures sur la zone active de Mayotte.

5.7. Courantométrie de fond : voir Figure 2 et Figure 21

Des mesures de courantologie au cours de la campagne via les ADCP coque ont été réalisées et le CIAM déployé lors de MAYOBS30 (sept. 2024) été récupéré :

Les observations préliminaires bords sont :

- Sur les 3 fréquences disponibles (OS-38, 75, 150 KHz) de l'ADCP coque du Marion Dufresne, la bande à 38 kHz est en panne.
- Une amplitude maximale de courant Sud atteignant 2 nœuds a été mesuré dans la colonne d'eau au cours de la campagne MAYOBS33, parfois avec des impacts sur les opérations et observations réalisées.
- Un mouillage CIAM contenant un ADCP de 150 kHz, présentant une portée d'environ 250 mètres, a été déployé au centre du FAC à proximité des panaches lors de la campagne MD246-MAYOBS30. Lors de la récupération le 1^{er} octobre 2025, ADCP a fonctionné correctement toute l'année de son déploiement.
- Un premier examen rapide des données permettra aussi d'identifier la présence de sorties de fluides. Le traitement des données sera effectué à terre.

5.8. Dragage de roches - dynamique éruptive, voir Figure 19 et Figure 20,

La zone du FAC est caractérisée par une structure en forme de fer à cheval liée à une déstabilisation de flanc. Cette zone est composée de plusieurs larges coulées phonolitiques au sud (dragues DR07, DR13, DR36, DR37, DR38 réalisées lors de MAYOBS2, MAYOBS15, MAYOBS25) et de nombreux cônes volcaniques (de type lavique ou pyroclastique, ex : DR41, DR40, respectivement, réalisée lors de MAYOBS30).

Les 3 opérations de dragage effectuées lors de la campagne MD248-MAYOBS33 ont permis d'échantillonner avec succès deux zones du FAC ainsi qu'un édifice volcanique localisé au nord-est de Petite-Terre. Tous ces édifices ont probablement été formés par une activité volcanique de type effusif et explosif. Ces 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.

Les opérations de dragues à roche avaient pour objectif d'explorer et de prélever des roches sur la partie supérieure de la chaîne volcanique sous-marine active sur le flanc Est de Mayotte.

Les choix se sont concentrés sur cette zone à cause de l'installation future du réseau MARMOR et de potentiels DCP qui empêcheront tout prélèvement ultérieurement :

- La **drague DR47 (priorité P1)** 3 octobre 2025 sur le flanc externe sud du cône pyroclastique (dynamisme explosif) du FAC (priorité 1). Cette drague a permis de remonter 800 kg de phonolites denses, sombres et d'aspect frais. Quelques fragments se distinguent par leur texture.

- (1) Des fragments centimétriques à pluri-centimétriques présentant une texture fibreuse, de type « churros », ont été identifiées. Ils ont une couleur variant de noir à vert claire qui pourrait découler d'une altération hydrothermale variable.
- (2) Des blocs sont fragiles à friables (se désagrègent au toucher) et sont constitués de fragments agrégés. Une altération hydrothermale variable est également observée.

La présence de ces échantillons pyroclastiques résulterait d'un volcanisme explosif.

- La **drague DR48 (priorité P2)** a été réalisée le 06 octobre 2025 sur un cône dans l'alignement nord-est de Petite-Terre (Priorité 2). Ce cône est situé à 700 mètres de profondeur, entre Petite Terre et la drague DR34 réalisée lors de MAYOBS23. Les roches remontées en surface (200 kg) sont des brèches carbonatées constituées de fragments scoriacés oxydés et des bombes vésiculées présentant une bordure ocre/marron. L'absence encroûtement de manganèse recouvrant les brèches et les bombes, contrairement à ceux observés sur les dragues MAY23-DR34 et MAY23-DR35, indique que ce cône est probablement plus récent que celles collectées par les dragues MAY23-DR34 et MAY23-DR35.
- La drague **DR49 (priorité P3)** a été réalisée le 07 octobre 2025 sur un bloc d'avalanche de débris identifié lors de la campagne GéoFlamme (Rinnert et., 2021⁶) localisé au nord de la ride est du FAC. Cette drague a remonté 200 kg de fragments d'agrégat volcanique sombres, friables et mal triés.

5.9. Connaissance des premiers mètres de sédiments sous la surface du fond marin : voir Figure 9 et Figure 19

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 FAC, du chenal au Nord du Fer à Cheval dans la zone de mise en place des dépôts d'avalanche de débris (drague DR49). Ces profils permettent de visualiser la présence ou pas de sédiments sous le fond marin dans les premières dizaines de mètres. Ces données seront analysées à terre.

5.10. Cartographie SIG, géomatique

La cartographie SIG pour les profils d'acquisition, les opérations de mouillages et de prélèvements ont été réalisées 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. Ces données seront intégrées au REVOSIMASIG à terre.

5.11. Projets pédagogiques des Universités embarquées :

Associés aux neuf objectifs REVOSIMA, la campagne MAYOBS33 a accueilli des étudiants de l'Université de Mayotte (4 + 1 encadrant) et de l'Université Flottante (11 + 1 encadrant) avec des projets pédagogiques (Vidéo, blogs, interviews). Pour aider les équipes de quart scientifiques, deux

⁶ RINNERT Emmanuel, CATHALOT Cécile, FEUILLET Nathalie (2021) GEOFLAMME croise, RV Pourquoi pas ?, <https://doi.org/10.17600/18001297>

étudiantes MASTER II de l'Université de La Réunion ont embarqué. Tous ont été intégrés aux équipes scientifiques et suivis les différentes opérations.

5.11.1. Projet pédagogique de l'Université de Mayotte :

Des étudiants de l'Université de Mayotte destinés aux métiers de l'enseignement des filières Histoire-Géographie Sciences de la Vie et de la Terre, encadré par un enseignant de l'Université de Mayotte, Marin Auger, ont embarqué à bord du Marion Dufresne pour participer à la campagne MAYOBS33. Les 4 étudiants ont :

- Suivi des séminaires scientifiques ainsi que des manipulations pratiques simples auxquelles ils ont pu parfois participer en fonction de leur spécialité. Ils ont effectué des présentations sur la culture et l'histoire de Mayotte à destination des scientifiques et de l'équipage.
- Présenté à l'oral leur expérience en immersion dans la campagne MAYOBS33 et leur projet pédagogique lors de la journée nationale de la résilience le 5 octobre à Mamoudzou (voir plus bas).
- Réalisé, comme projet pédagogique, un court-métrage (15 min) à destination des établissements scolaires de l'académie et plus largement.

NOM	Prénom	Niveau/Spécialité/Affiliation	Fonction à bord
AUGER	Marin	Enseignant, Univ de Mayotte	Encadrant
ABEINE	Aboubacar	L3 Géographie, Univ de Mayotte	Projet (prise d'image, réalisation et montage)
FACCHIN	Tristan	Master I MEF Hist-Géo, Univ de Mayotte	Projet + médiation & communication
LAGARDE	Philippe	Master I MEF SVT, Univ de Mayotte	Projet (court métrage)
MOUHOSSOUNI	Faymida	L3 SVT, Univ de Mayotte	Quart

5.11.2. Projet pédagogique de l'Université Flottante :

Dans le cadre du programme Université Flottante, 10 étudiants des universités partenaires (Brest, Perpignan, Montpellier), encadré par Jacques Deverchère, professeur émérite, ont participé à la campagne MD248-MAYOBS33. Les étudiants ont :

- Été impliqués pleinement dans la mission de surveillance en intégrant à tour de rôle en binôme les équipes de quart et les équipes des opérations dans la mesure du possible.
- Tenu à jour un blog (<https://isblue.fr/le-blog-de-la-campagne-mayobs-33/>) suivant le format d'un journal de bord rendant compte des opérations, permettant l'organisation et le recensement des séminaires, etc.

En complément, des ateliers ont constitué en la collecte d'information concernant : 1) les métiers de la mer ; 2) la navigation maritime ; 3) les géosciences marines dans l'océan Indien ; 4) les opérations techniques sur le Marion Dufresne ; 5) les opérations scientifiques de surveillance sur MAYOBS33 ; et 6) le REVOSIMA et les relations entre science, autorités en charge de la sécurité civile, et société.

NOM	Prénom	Niveau/Spécialité/Affiliation	Fonction à bord
DEVERCHERE	Jacques	Encadrant, Émérite de l'UBO	Encadrant
HOUDRY	Judith	Master II, Géosciences, UBO	Quart 2h – 4h / 14h – 16h
CARTIER	Laëtitia	Master II, Chimie (UBO)	Quart 0h – 2h / 12h – 14h

RAGOT-GOIMARD	Lucie	Master II Chimie (UBO)	Quart 04-06h/20-22h
BESSIERE	Melvil	Master II, Physique de la mer (UBO-SML)	Quart 06-08h/22-00h + MMO 12-13h30 + projet (blog, orga séminaire, interviews)
PERRIN	Marie-Ève	Doctorante anthropo, (IRD, Montpellier Paul Valérie III)	Quart 8-11h/Observations pour documenter la thèse
JALAMA	Léa	Master II, Géosciences Marines, IUEM-UBO	Quart 08-11/19-20h + MMO 12-13h30 + projet
FANTI	Jules	Master II, Géosciences, Univ de Perpignan (UPVD)	Quart 2-4/12-14h
LALLEMAND	Jade	Master II, Géosciences, Univ de Perpignan (UPVD)	Quart 6-8h/20-00h
JUDDE DE LARIVIERE	Raphaëlle	Master II, Géosciences (UBO)	Quart 00-2h/12-14h
CARLUER	Taran	Master II, Physique de la mer, (UBO-SML)	Quart 4-6h/20-22h

5.11.3. Commentaires additionnels

Les actions de l'Université Flottante (10 étudiants + 1 encadrant) et le groupe de l'Université de Mayotte (4 étudiants, 1 encadrant) sont particulièrement pertinentes et enrichissantes et se sont déroulées de manière très positive. Cette immersion au contact des scientifiques du REVOSIMA a permis aux étudiants de penser et créer une mallette pédagogique constituée de leurs travaux (fiches techniques vulgarisée, court-métrage, blog, interviews) sur les thèmes liés à la campagne de surveillance en mettant en œuvre un travail collaboratif et pluridisciplinaire sur la question du volcanisme au large de Mayotte.

5.12. 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 1 individu non-identifié et 7 dauphins bleus-et-blancs dont un jeune le 26/09/2025 dans la ZEE de Mayotte. Hors périmètre
- Observation de 1 individu non-identifié, puis d'un second probablement un dauphin tacheté pantropical le 28/09/2025 dans la ZEE de Mayotte. Hors périmètre
- Observation de 3 individus de type grand dauphin commun le 8/10/2025 dans la ZEE de Mayotte. Hors périmètre.
- Observation de 3 dauphins tacheté pan tropicaux le 9/10/2025 dans la ZEE de Mayotte. Hors périmètre.

5.13. Séminaires scientifiques

Les séminaires intitulés **MAYOBS33 en scène** ont eu lieu sur **18 séances** à bord et ont impliqué 26 scientifiques qui ont été sollicités par les étudiants, avec l'accord des chefs de mission, afin de présenter une grande diversité de sujets :

- 1) 26-09-2025 : Présentation de la campagne océanographique MAYOBS33, Jean-Christophe Komorowski (IPGP), Isabelle Thinon (BRGM) ;

- 2) 27-09-2025 : Karibou Maore, présentation de l'île au Parfum, Université de Mayotte ;
- 3) 28-09-2024 : Volcanisme du rift de la terreur (Océan Austral), Carole Berthod (OVSG-IPGP) ;
- 4) 29-09-2025 : Présentations par les étudiants de l'Université Flottante (partie 1) ;
- 5) 30-09-2025 : L'éruption du volcan sous-marin le Fani Maoré, Fabien Paquet (BRGM) ;
- 6) 01-10-2025 : Présentations par les étudiants de l'Université Flottante (partie 2) ;
- 7) 01-10-2025 : Présentation de la campagne océanographique MAYOBS33, Jean-Christophe Komorowski (IPGP), Isabelle Thinon (BRGM) pour l'équipage ;
- 8) 02-10-2025 : Comprendre la relation magma mush et la variabilité des dynamismes éruptifs, Chloé et Lisa (UCA) ;
- 9) 03-10-2025 : Analyse sismo-tectonique de l'éruption de Fani Maoré, Éric Jacques (IPGP)
- 10) 04-10-2025 : Surveillance Hydroacoustique des océans, Hugo Fauvel ;
- 11) 06/10/2025 : Venez découvrir les gliders, Margaux Dufosse (Alseamar) et Félix Margirier (Alseamar) ;
- 12) 07/10/2025 : L'influence de l'activité convective sur les aérosols dans l'UTLS, Emma Escabasse (Université de La Réunion) et Noan Kervoern (Université de La Réunion) ;
- 13) 08/10/2025 : Le Lac Dziani Dzaha : impacts de la crise volcanique, Jonas Frère (IPGP) ;
- 14) 09/10/2025 : La campagne OceanX, Manon Mastin (IFREMER) ;
- 15) 11/10/2025 : Le réseau câblé télécom et le projet MARMOR, Tristan Facchin (université de Mayotte) et Hélène Leau (IFREMER) ;
- 16) 12/10/2025 : Image et dynamique du système magmatique alimentant l'éruption sous-marine de Mayotte par Carole Berthod et Karolina Brückel;
- 17) 13/10/2025 : (10h) Présentation des résultats de l'ANR COYOTE par Isabelle Thinon (BRGM) ;
- 18) partie a: 13/10/2025 : (16h) Le bestiaire sismique des prémices de Fani Maoré, présentation à deux voix Anne Lemoine (BRGM) et Angèle Laurent (IPGP) ; partie b: 13/10/2025 : (17h30) Projection du court-métrage final issu du projet pédagogique des étudiants de l'Université de Mayotte (A. Abeine, F. Mouhoussouni, T. Facchin, P. Lagarde).

L'ensemble des étudiant.es en Master II et en thèse ont présenté leurs travaux de recherches (stage de M1, travaux de thèses) lors de séminaire de présentation destiné aux scientifiques.

6. Escale, journée nationale de la résilience, à Mamoudzou (Mayotte)

À l'initiative de la préfecture, des échanges entre les scientifiques du REVOSIMA de la campagne MAYOBS33 avec la population de Mayotte a été organisé le 5 octobre dans le cadre de la journée nationale de la résilience aux risques naturels et anthropiques. Pour cet évènement, le Marion Dufresne est resté au mouillage entre 7h00 du matin (pilote vers 5h à l'entrée du lagon) et 17h le soir (entrée et sortie du Lagon : 5h, 19h). Un groupe de 22 personnes de la campagne MAYOBS33, dont Charles Perier, second capitaine du Marion Dufresne et 3 élèves officiers (LDA), les chef.fes de mission, des responsables d'opérations et des étudiants (4 de l'université de Mayotte, 3 de l'Université Flottante), ont débarqué entre 8h et 16h à Mamoudzou pour participer à la journée d'échanges avec la population sur la thématique des risques naturels, les aléas telluriques et plus particulièrement du volcanisme au large de Mayotte.

Au préalable, des réunions ont eu lieu avec la préfecture, la MAPPPROM et les chef.fes de mission de MAYOBS33 pour préparer cette escale. Lors de cette journée, très bien organisée par la DEALM, nous avons réalisé deux types d'activité, des conférences et des activités dans des stands. Les principales actions sont :

- Les scientifiques de MAYOBS33 ont présenté (10 présentations orales) les opérations de surveillance et le réseau instrumental présent, passé et futur du REVOSIMA, les campagnes océanographiques MAYOBS, et les éléments majeurs de connaissance sur la zone volcanique et sismique de Mayotte acquis principalement lors des campagnes MAYOBS.
- Une présentation par Louis Dreyfus Armateurs du navire Marion Dufresne et des métiers de la mer
- Les présentations remarquables des étudiants de l'Université de Mayotte et de l'Université Flottante ont été particulièrement appréciées du public.
- Ces présentations ont été précédées par la projection du court métrage de 7 min co-réalisé par la DEALM et le BRGM (9h le matin et 14h l'après-midi)
- Plusieurs stands, dont celui de la DEALM, du BRGM, du MUMA et de l'Université de Mayotte, étaient présents pour échanger de manière plus informelle et directe (en mode Fête de la science), et pour multiplier les voies de communication, comme par exemple via des démonstrations, exposition d'échantillons de roche des campagne MYOBS dont certains récemment collectées lors de la première partie de la campagne MAYOBS33, de maquettes, poster, de capteurs, et de descriptions des opérations ;
- Interview des chef.fes de mission, mais aussi des élèves mahorais par les médias locaux (Journal de Mayotte).

7. Auteurs de la note :

Chefs de mission à bord :

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

Isabelle Thinon (BRGM), co-cheffe de mission ;

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

Logistique d'embarquement et de débarquement du matériel scientifique : Pierre Sakic (IPGP) ;

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

- Anne Lemoine (BRGM)/responsable équipe Quart, CASINO et du Quart 8-12 ; Eric Jacques (IPGP)
- Jonas Frère (IPGP)/responsable Quart 4-8, assisté de Noan Kervoern (Master II de l'université de La Réunion ;
- Fabien Paquet (BRGM)/responsable Quart 0-4, assisté de Emma Escabasse (Master II de l'université de La Réunion ;

Les étudiant.es des universités embarquées (voir tableaux section 4.12) ont aussi apporté leur aide au suivi des acquisitions lors des quarts scientifiques.

Acoustique de la colonne d'eau : Anne-Solenne Leygnac (IPGP-OVSM) (Responsable d'opération),

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), sismologie :** Pierre Sakic (IPGP)/responsable opération, Kevin Canjamalé (IPGP-OVPPF), Cyprien Griot (IPGP-OVPPF) ;
- **Hydrophones (opérations et analyses préliminaires des données), sismologie :** Jonathan Tanrin (IUEM-UBO)/responsable opération ; Hugo Fauvel (IUEM-UBO)
- **Capteur A-0-A (opérations et analyses préliminaires des données) - géodésie fond de mer :** Denis Dausse (CNRS, LIENSs, U Rochelle)/responsable opération et Angèle Laurent (IPGP-OVPPF)
- **Châssis CIAM (opérations et analyses préliminaires des données), océanographie physique :** Hélène Leau RDT/Ifremer (**Projet MARMOR**).

Référents des opérations de prélèvements :

- **Bathysonde CTD-Rosette (prélèvements et analyses géochimiques), géochimie de la colonne d'eau :** Frédéric Mathurin (BRGM), responsable opération ; Laura Fablet (BRGM) Mohamed Djemil (BRGM); Emmanuel De Saint-Léger (DT INSU) ; Pierre McCavana (DT INSU);
- **Planeurs sous-marin (Glider), physico-chimie de la colonne d'eau :** Emmanuel Rinnert (IFREMER), responsable opération ; Manon Mastin (IFREMER) ; Margaux Dufosse (Alseamar); Félix Margirier (Alseamar) ;
- **Dragages (opérations et descriptions préliminaires), géologie et volcanologie physique :** Carole Berthod (IPGP-OVSG), responsable opération ; Karolina Brückel (post-doctorante Université de Clermont-Ferrand) ; Cloé Falc'Hun (doctorante, Université de Lorraine) ; Lisa Corrotti (doctorante, Université de Clermont-Ferrand);

Observateurs des mammifères marins (MMO) :

- Emmanuel Bachelet (Globice La Réunion), responsable opération ; Jennifer Carles (Globice La Réunion) ; Luise Klimera (Globice La Réunion) ;

Université de Mayotte

Marin Auger (Encadrant) et les élèves : Aboubacar Abeine, Faymida Mouhoussouni, Philippe Lagarde et Tristan Facchin.

Université Flottante

Jacques Deverchère (Encadrant) et les étudiants : Jade Lallemand, Judith Houdry, Jules Fanti, Laetitia Cartier, Lea Jalama, Lucie Ragot-Goimard, Raphaëlle Judde De Larivière, Melvil Bessière, Taran Carluier et Marie-Eve Perrin (PhD).

Citation pour cette note :

Komorowski, J-C, Thinon, I., Laurent, A., Bernachot, I., Sakic, P., Lemoine, A., Jacques, E., Frère, J., Kervoern, N., Paquet, F., Escabasse, E., Leygnac, A-S., Ragu, O., Canjamalé, K., Griot, C., Tanrin, J., Fauvel, H., Dausse, D., Leau, H., Mathurin, F., Fablet, L., Djemil, M., De Saint-Léger, E., McCavana, P., Rinnert, E., Mastin, M., Dufosse, M., Margirier, F., Berthod, C., Brückel, K., Falc'Hun, C., Corrotti, L., Auger, M., Abeine, A., Mouhoussouni, F., Lagarde, P., Facchin, T., Deverchère, J., Lallemand, J., Houdry, J., Fanti, J., Cartier, L., Jalama, L., Ragot-Goimard, L., Judde De Larivière, R., Bessière, M., Carluier, T., Perrin, M-E., Bachelet, E., Carles J., Klimera, L., Gabriel, V., Gest, L., Morvan, L., Jaouen, A., Fouchard, S., Le Viavant, N., 2025, Campagne MD248-MAYOBS33 : note finale, 25 septembre 2025 au Mardi 14 octobre, 42 pp. avec figures, REVOSIMA, <https://doi.org/10.17600/18004000>

8. Remerciements

Commandant du Marion Dufresne : Sébastien PLOUZOT (Louis Dreyfus Armateurs) et **son équipage**

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

Officier électronicienne responsable : Léa Gest (Genavir) ;

Responsable personnels Génavir embarqués : Laurence Morvan (Genavir)

Opérateurs quart sondeur multifaisceau GENAVIR : Alain Jaouen, Sacha Fouchard, Nicolas Le Viavant;

Le médecin du bord : Olivier Beauflis (prestation payée par le REVOSIMA, médecin placé sous la responsabilité de Louis Dreyfus Armateurs)

Collaborations à terre :

- **Sismologie OBS** : Lise Retailleau, Jean-Marie Saurel, Wayne Crawford, Romuald Daniel (IPGP)
- **Capteur A-0-A - géodésie fond de mer** : Valérie Ballu, La Rochelle Université, LIENSs
- **Hydrophones** : Sara Bazin (IUEM, UBO)

- **Acoustique colonne d'eau et panaches** : Carla Scalabrin (IFREMER)
- **Projet observatoire sous-marin câblé de Mayotte Axe 5 MARMOR** : Louis Géli et Corentin Humeau (Ifremer)
- **Châssis CIAM**: Olivier Peden (LOPS, Ifremer)
- **Traitement des données de courantométrie (ADCP)** : Pascale Lherminier (LOPS, Ifremer)
- **Analyses géochimiques des roches** : Pascale Besson (IPGP), Samia Hidalgo (IPGP)
- **Analyses isotopiques gaz rares** : G. Avice (IPGP)
- **Surveillance opérationnelle du REVOSIMA - Binôme de coordination locale du REVOSIMA** : Aline Peltier (IPGP/OVPF) et Anne Lemoine (BRGM, interim)
- **Binôme de coordination du REVOSIMA** : Jean-Marie Saurel (IPGP) et Nicolas Zornette (Interim, BRGM)
- Les **gestionnaires administratives** des organismes de l'IPGP, du BRGM, de l'Ifremer et des laboratoires CNRS-INSU

La Flotte océanographique française par l'Ifremer`

L'Etat français pour le financement du REVOSIMA et de la campagne MAYOBS33 sous la coordination de la **Mission d'appui aux politiques publiques de prévention des risques naturels majeurs outre-mer (MAPPPROM)**

La préfecture de Mayotte pour l'organisation de la participation des équipes de la campagne MAYOBS33 à la Journée de la résilience, le 5 octobre à Mamoudzou, Mayotte.

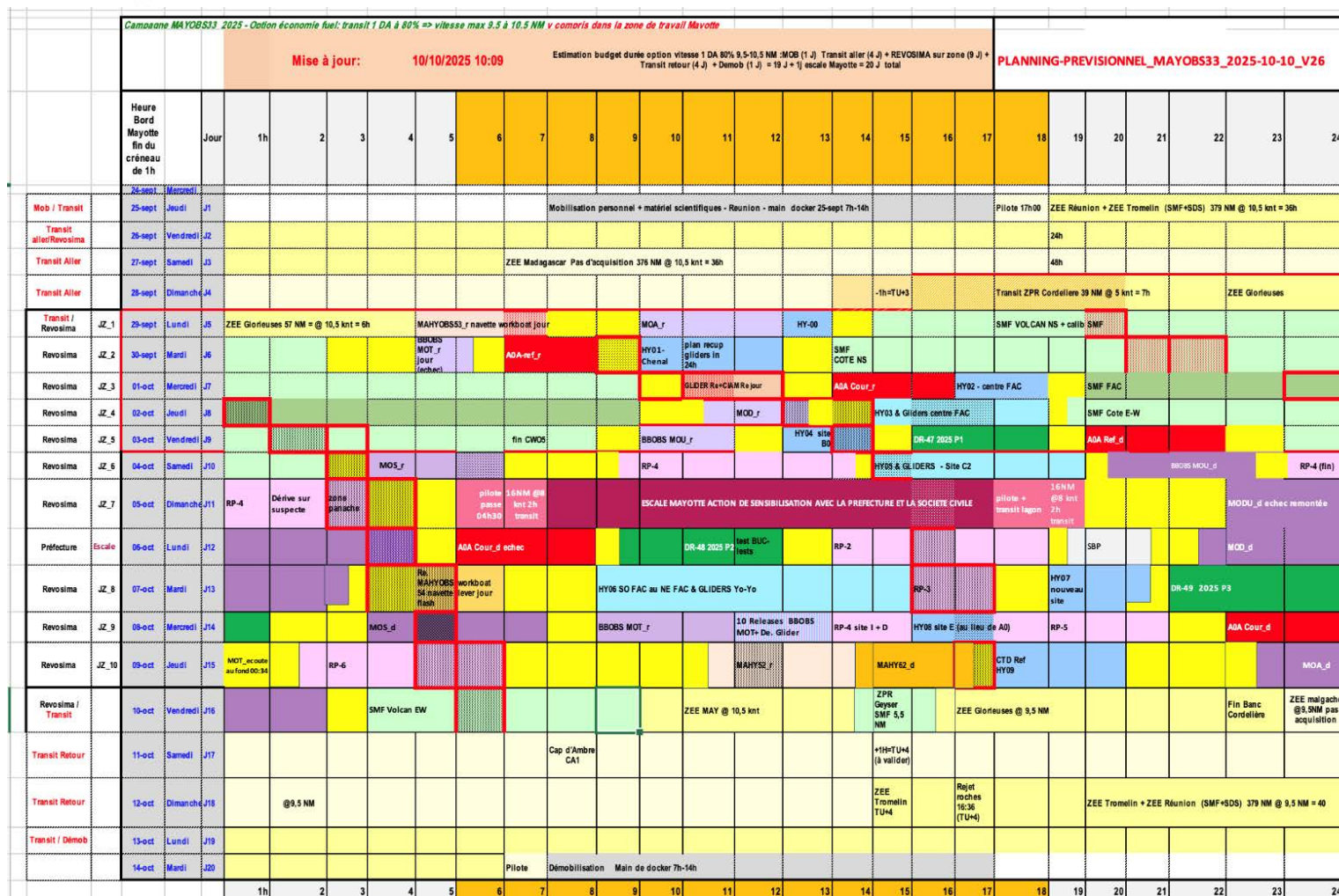


Figure 1: Planning final (version 26) des actions réalisées pendant MD248-MAYOBS33 du 25 septembre au 14 octobre 2025.

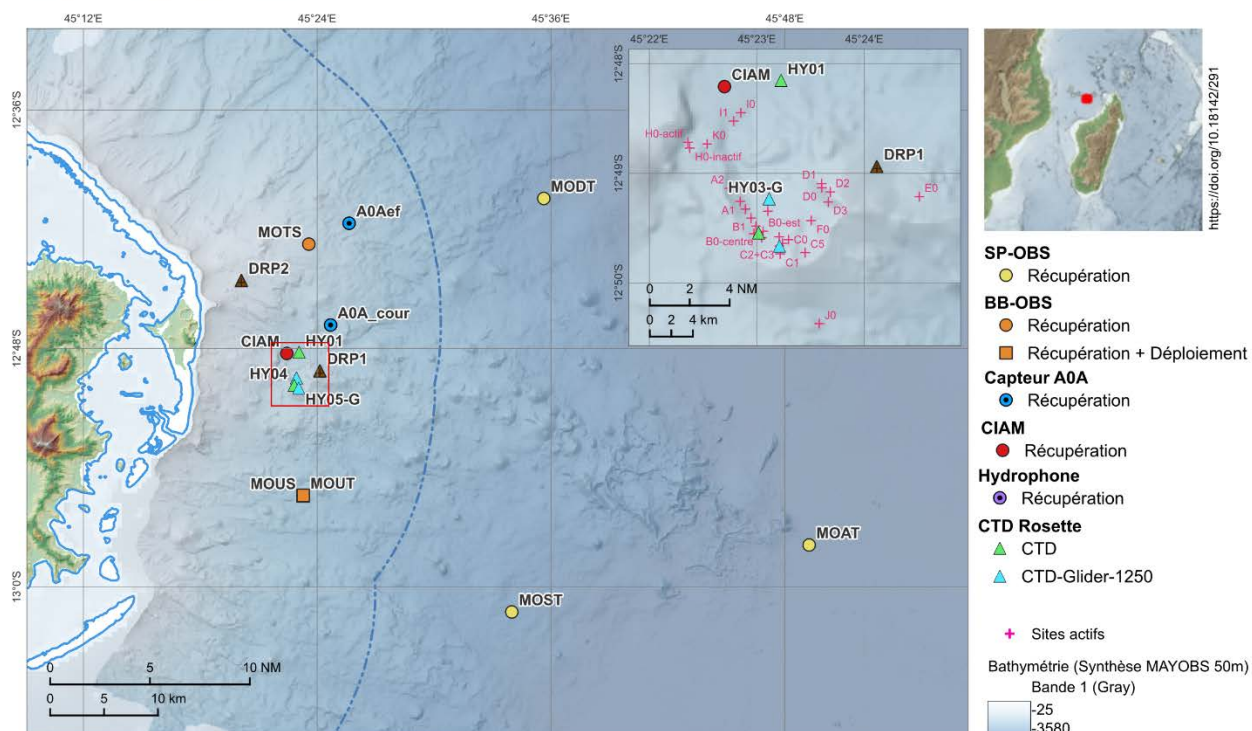


Figure 2: Localisation des opérations de mouillages et de prélèvements réalisées lors de la campagne MD248-MAYOBS33.



Figure 3 : Photo d'un BB OBS récupéré

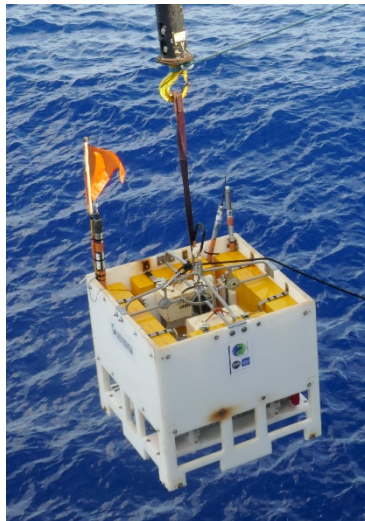


Figure 4 : Photo d'un capteur de pression AOA

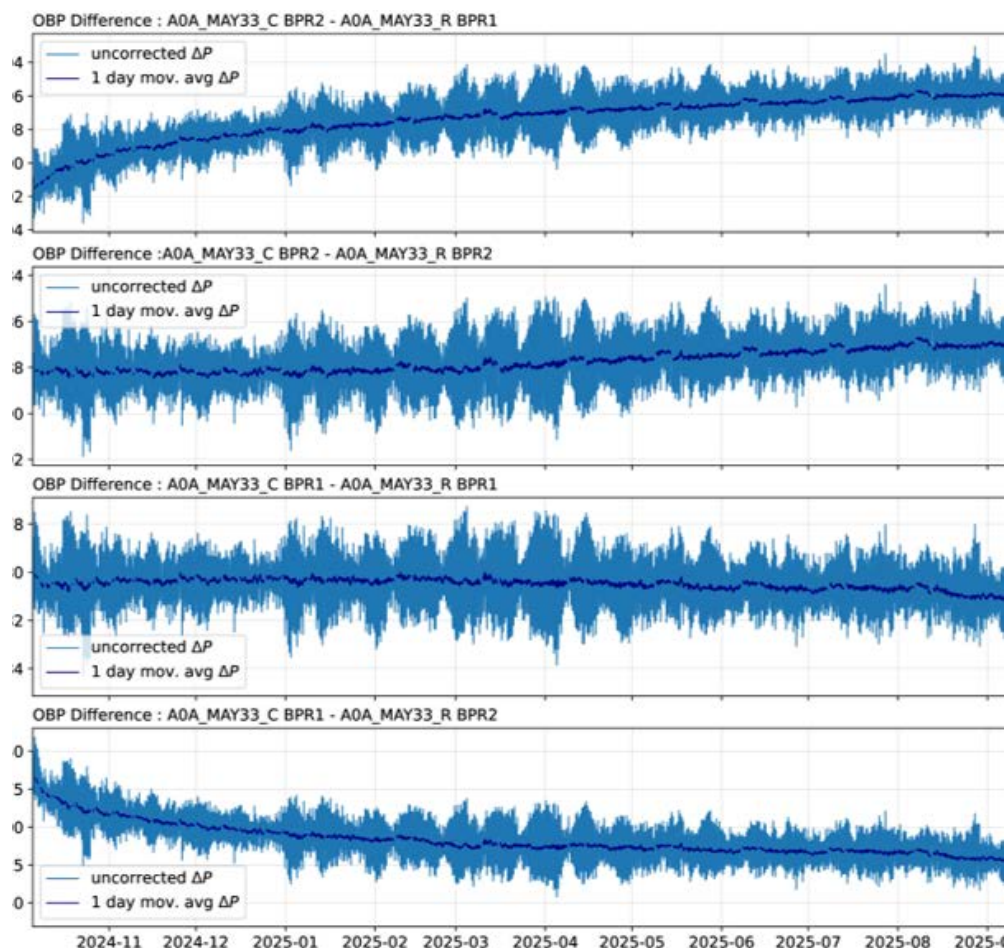


Figure 5 : Différence de pression non corrigée de la dérive entre les capteurs PAROS 1 et 2 des deux instruments AOA déployés entre septembre 2024 (MD-246 MAYOBS30) et septembre 2025 (MD-248 MAYOBS33) sur le site de la Couronne (SN 213112) et le site de référence (SN 208295). La moyenne glissante journalière (bleu foncé) montre la tendance moyenne.



Figure 6 : Photo de la première navette récupérée de l'hydrobs MAHY53m.

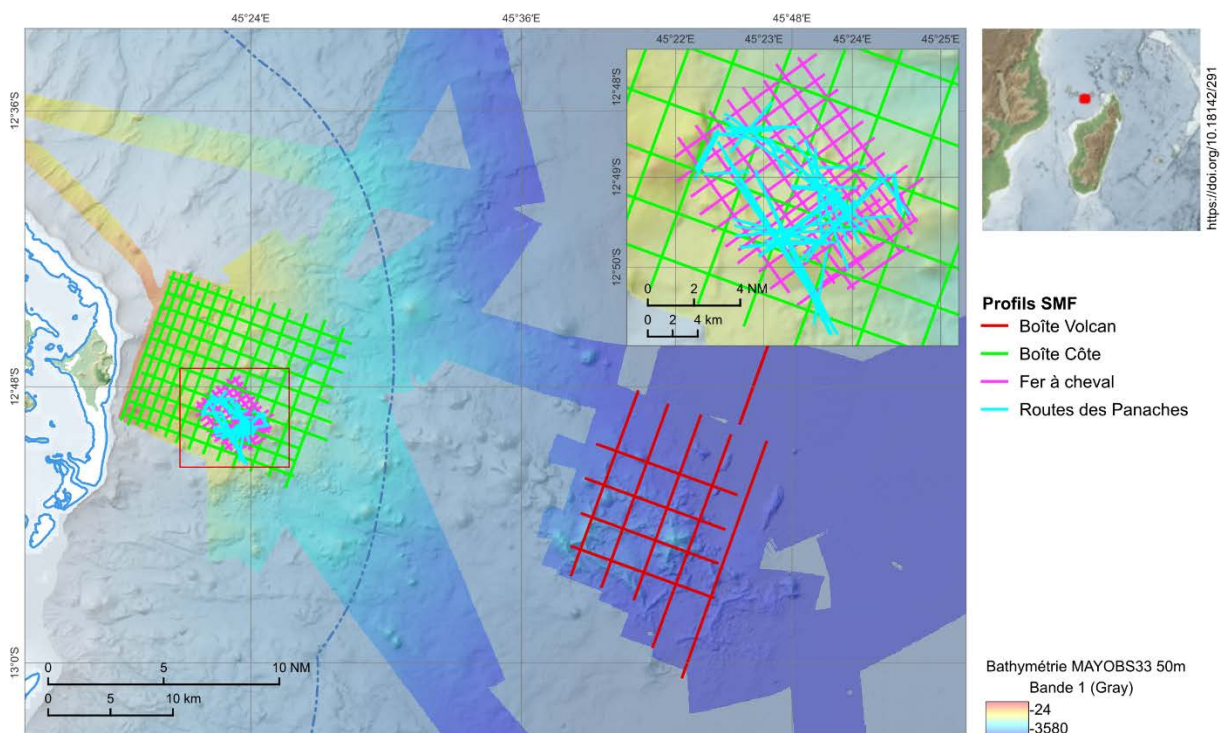


Figure 7: Localisation des profils d'acquisition de bathymétrie et analyse de la colonne d'eau par SMF coque (EM122 et EK80) sur les boîtes VOLCAN, COTE, FER A CHEVAL, ainsi que les six « routes des panaches ».

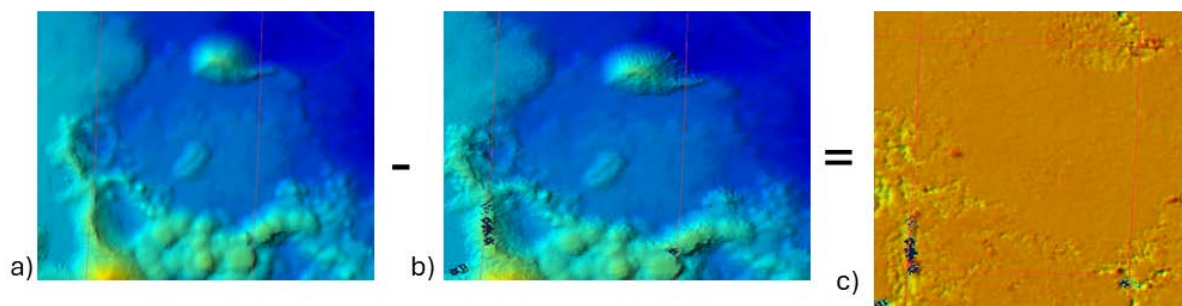


Figure 8: Différentiel bathymétrique de la zone Tiktak (Nord-ouest de Fani Maoré) à partir des MNT du SMF EM122 de (a) la campagne MAYOBS33 (2025) et de (b) MAYOBS30 (2024). Aucune différence notable n'a été identifiée.

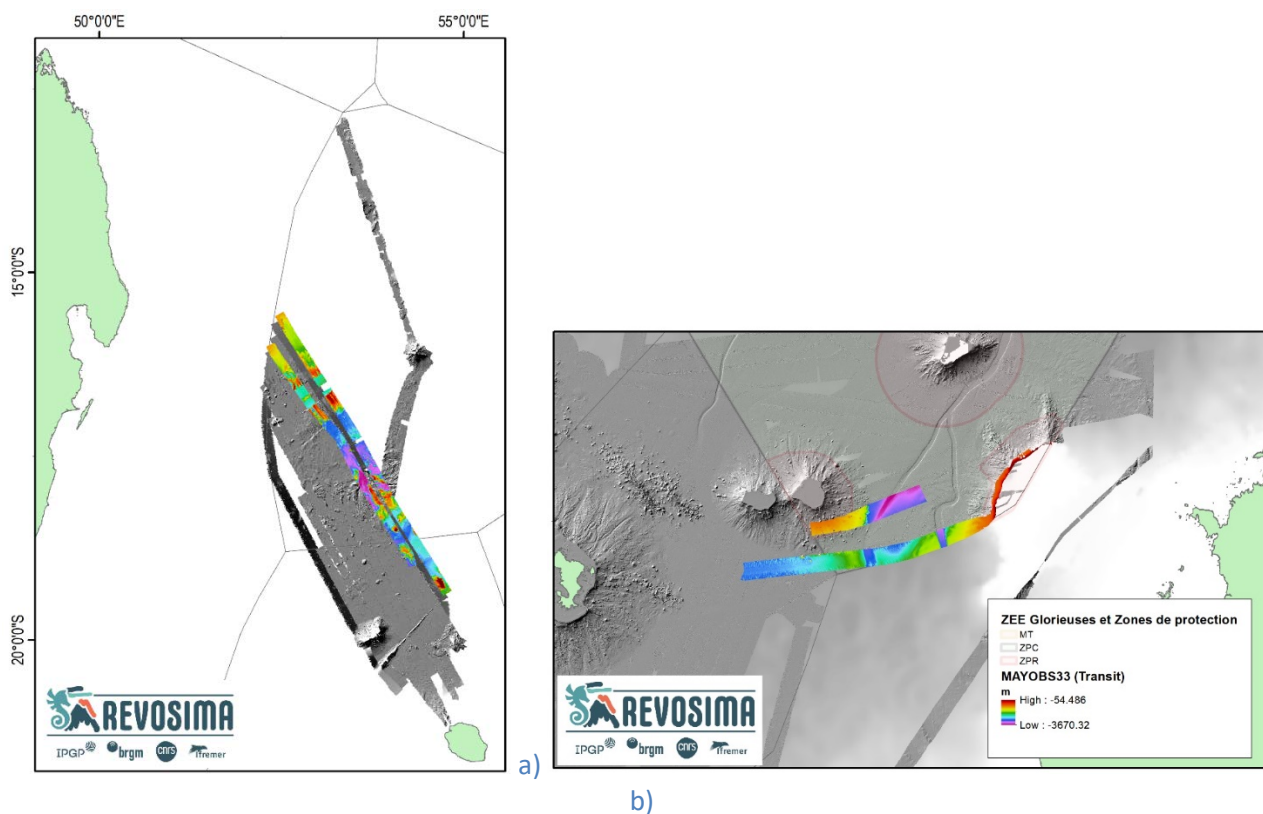


Figure 9: Localisation des profils d'acquisition de bathymétrie et analyse de la colonne d'eau par SMF coque sur le transit valorisé aller et retour dans les ZEE (a) de La Réunion et Tromelin et (b) des Glorieuses y compris la ZPR de la Réserve naturelle nationale des Glorieuses. Aucune acquisition n'a été faite dans la ZEE de Madagascar.

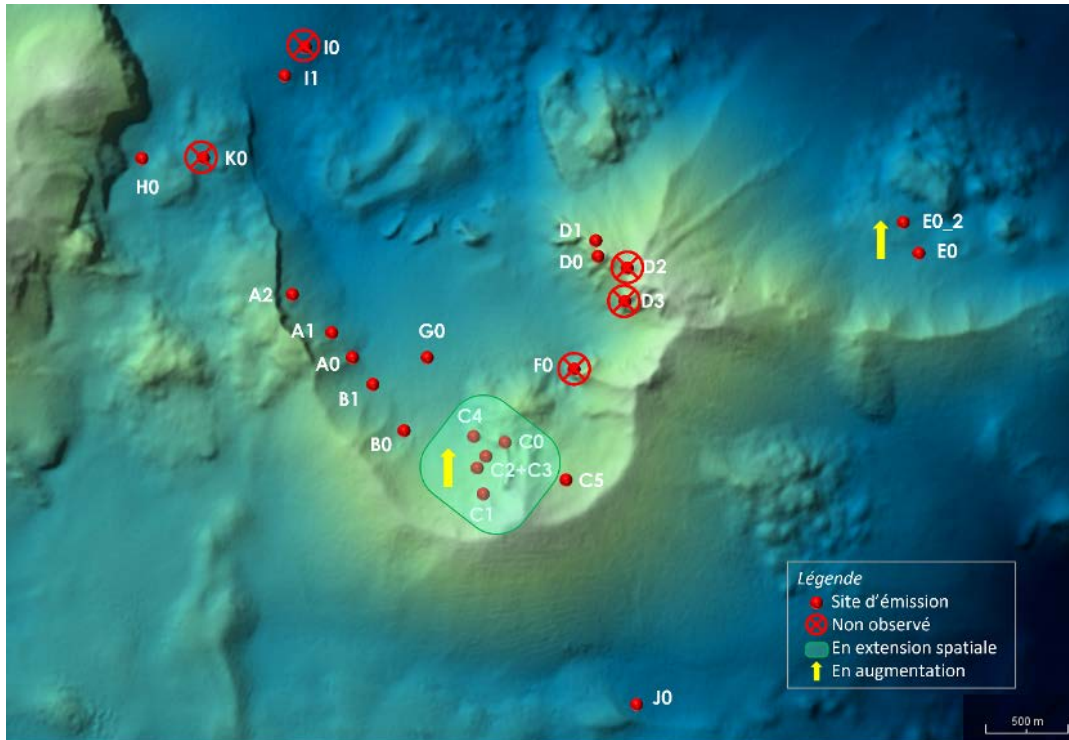


Figure 10: Résultats préliminaires sur l'observation des panaches acoustiques du Fer à Cheval des sites d'émissions de fluides (CO₂ liquide) lors de la campagne MD248-MAYOBS33 en date du 14-10-2025 : les cercles rouges indiquent les panaches non observés, les flèches jaunes les sites actifs dont l'activité est en augmentation, le cercle vert illustre la zone C où l'activité d'émission de fluides de sites actifs est probablement en augmentation et extension spatiale. A noter aussi (voir Figure 11) la profondeur record de - 150 m sous la surface de l'océan atteinte par le panache B0 en date du 06-10-2025 lors de la campagne MD248-MAYOBS33. Une analyse plus fine est en cours.

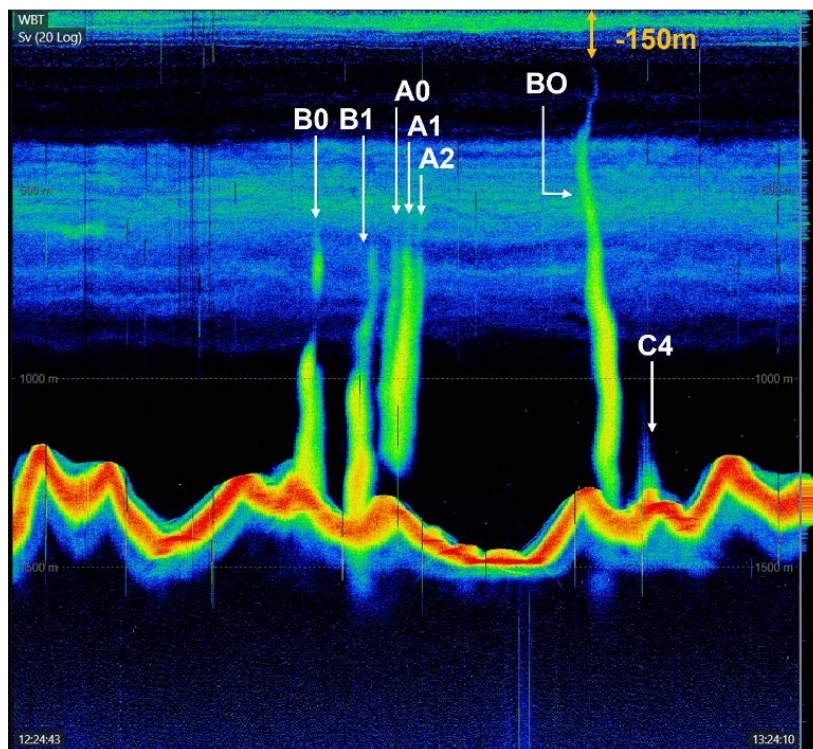


Figure 11: Capture d'écran du sondeur monofaisceau EK180 (données brutes) montrant la profondeur record de -150 m sous la surface de l'océan atteinte par le panache B0 des panaches acoustiques en date du 06-10-2025 lors de la campagne MD248-MAYOBS33. Le long de ce profil « Route des Panaches » au niveau du Fer à Cheval sont visibles aussi les panaches B0, B1, A0, A1, A2 et C4. L'influence des mortes-eaux sur l'activité des panaches reste à être quantifier.

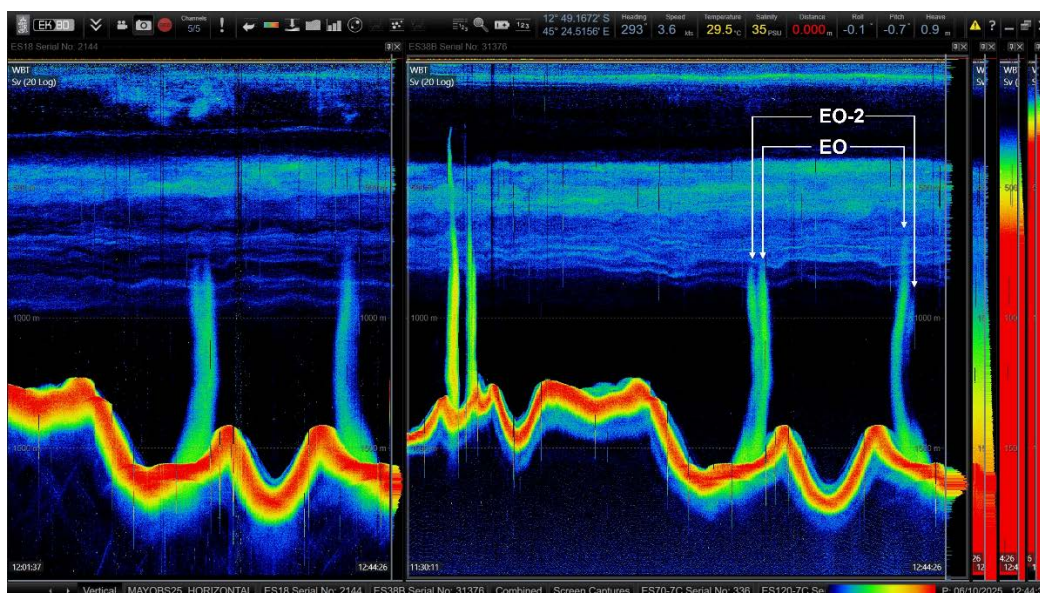


Figure 12: Capture d'écran du sondeur monofaisceau EK180 (données brutes) de deux panaches discriminés E0 et E0-2 dès sa base en date du 06-10-2025, le long d'une « Route des Panaches » au niveau du Fer à Cheval lors de la campagne MD248-MAYOBS33. L'influence des mortes-eaux sur l'activité des panaches reste à être quantifié.

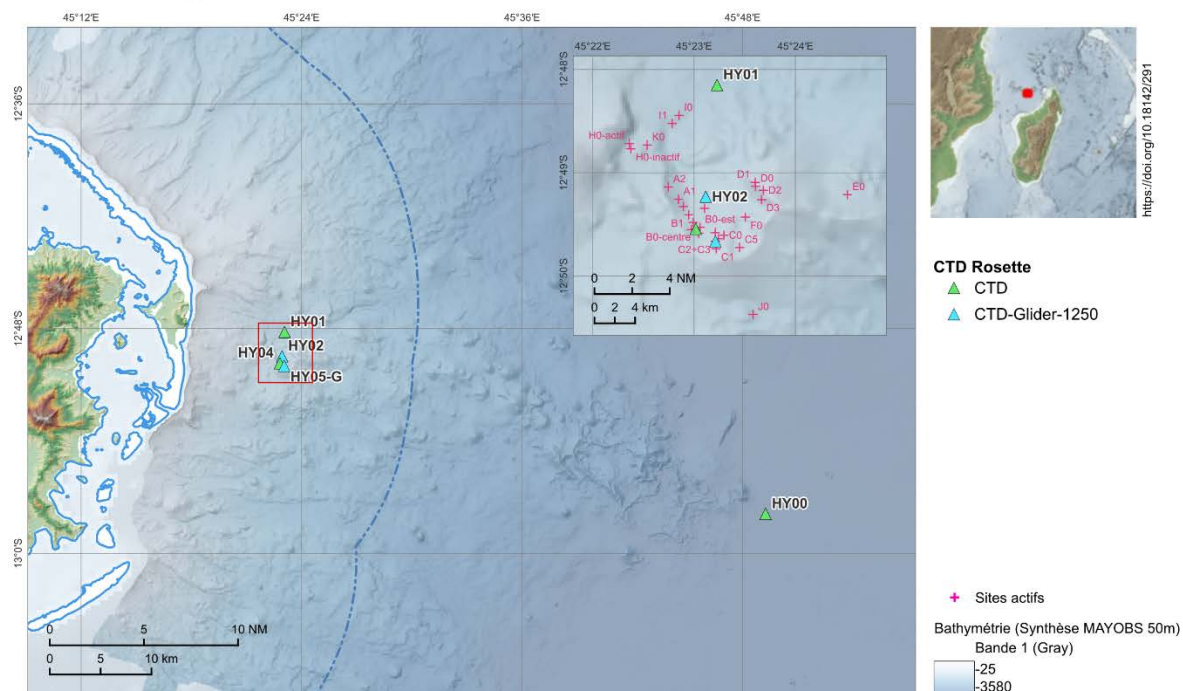


Figure 13 : Localisation des prélèvements de la colonne d'eau par bathysonde lors de la campagne MD248-MAYOBS33.

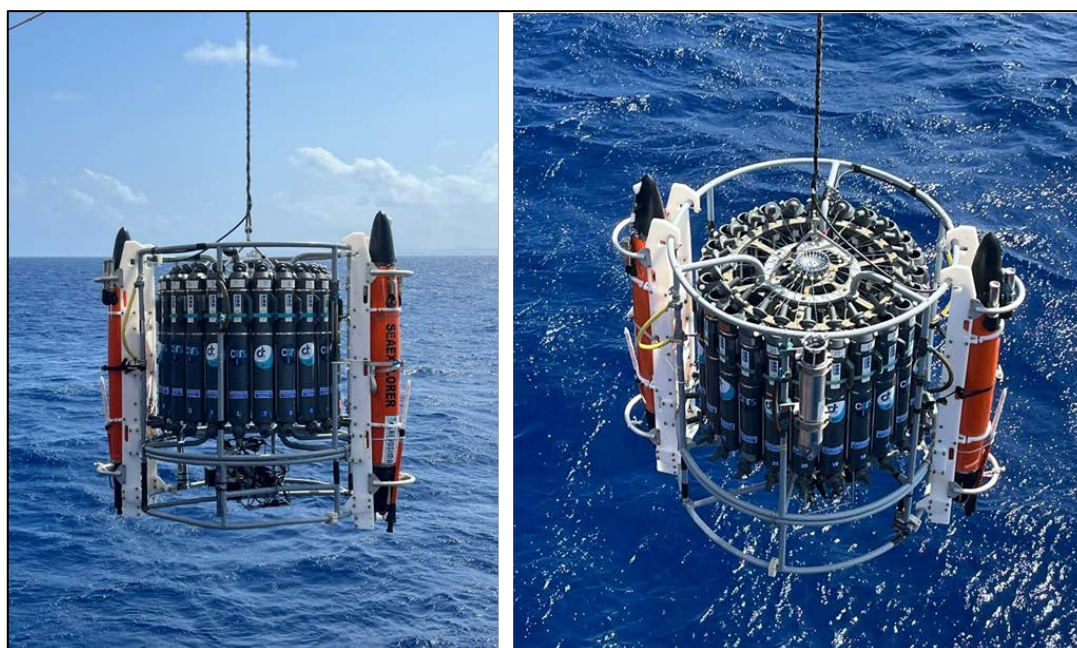


Figure 14 : Photos de la CTD (bouteilles niskins) avec les deux gliders installés sur le châssis Rosette.

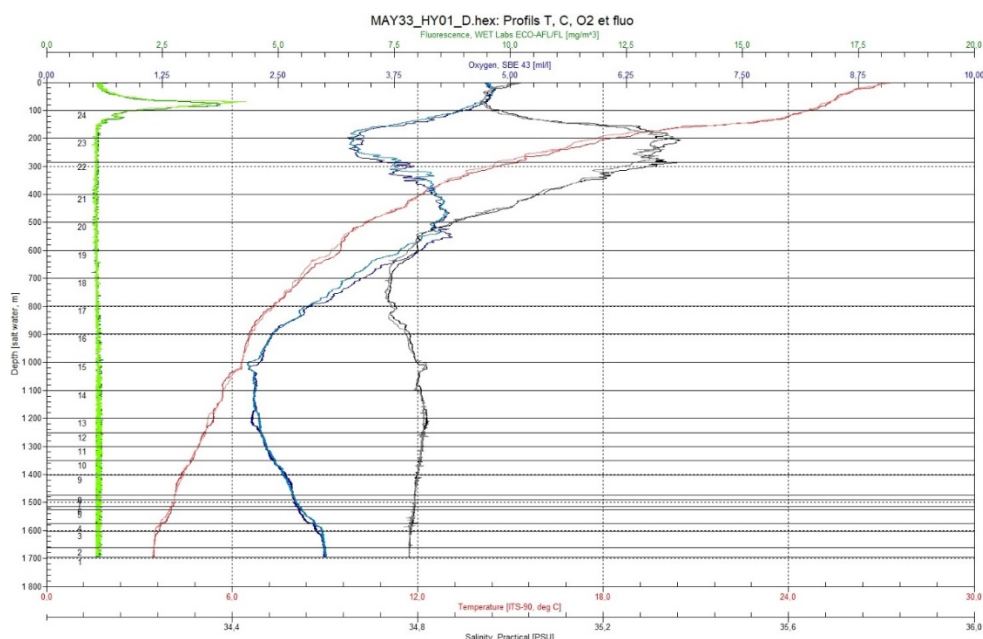


Figure 15 : Exemple de profils de température, salinité, fluorescence et oxygène dissous (opération MAY33-HY01).

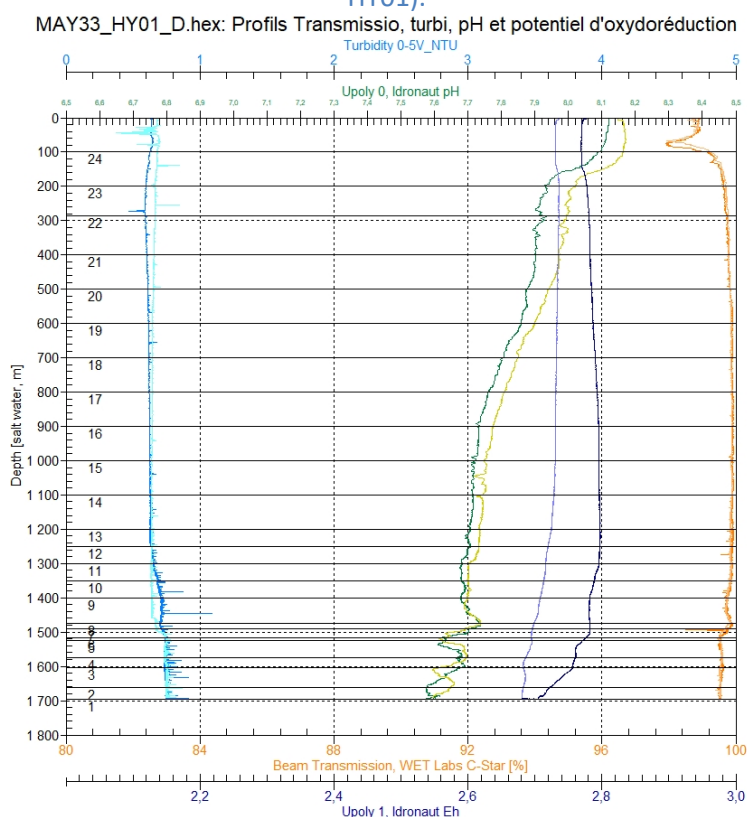


Figure 16 : Exemple de profils de transmission, turbidité, pH et Eh (opération MAY33-HY01).

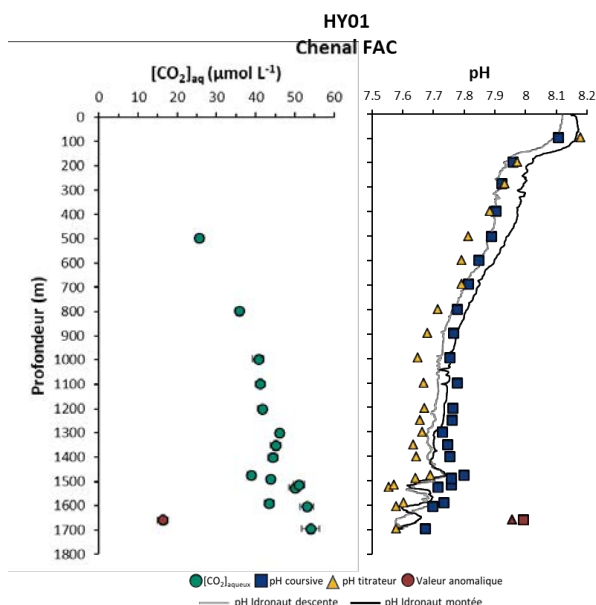


Figure 17 : Exemple de profils de concentration en CO_2 dissous (données préliminaires non validées) et de pH mesurés dans la colonne d'eau et les fluides prélevés par la CTD-Rosette de la bathysonde HY01 (Chenal en sortie du Fer à Cheval).

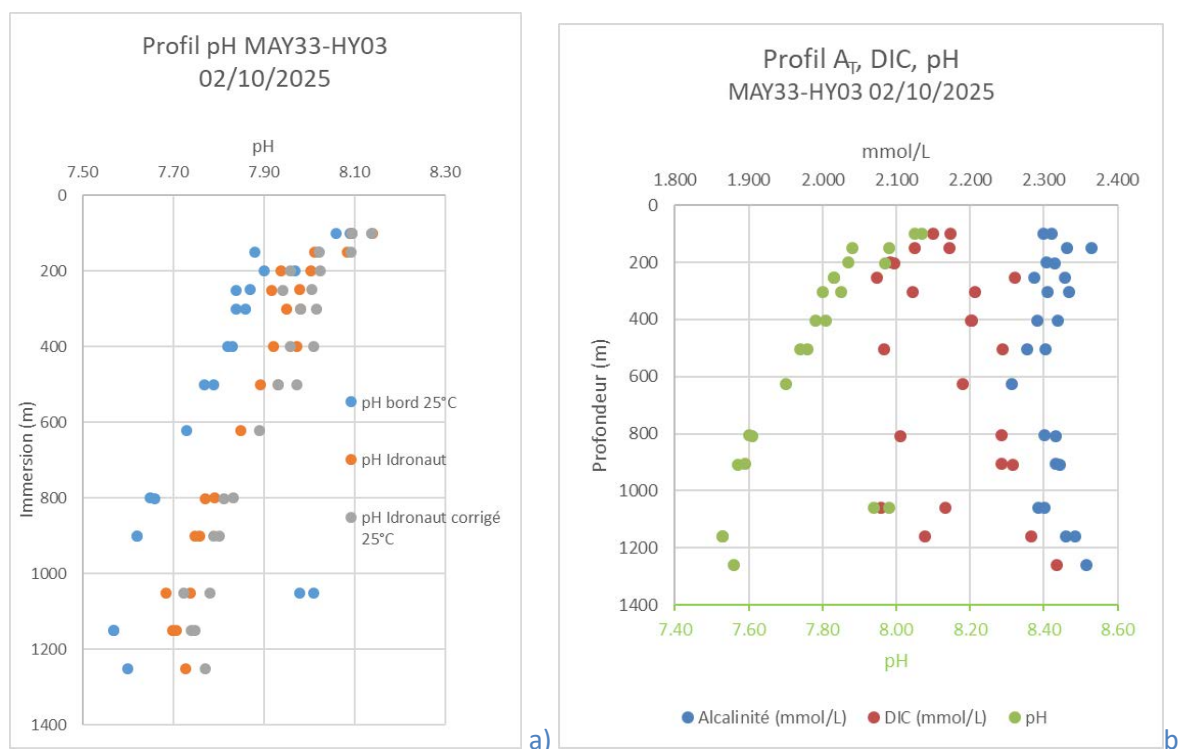


Figure 18 : Exemple de: a) profils de pH mesuré sur les prélèvements CTD-Rosette-Glider et b) de profils de pH, d'alcalinité totale et de DIC mesurés par titrimétrie sur les prélèvements CTD-Rosette-Glider (opération MAY30-HY03).

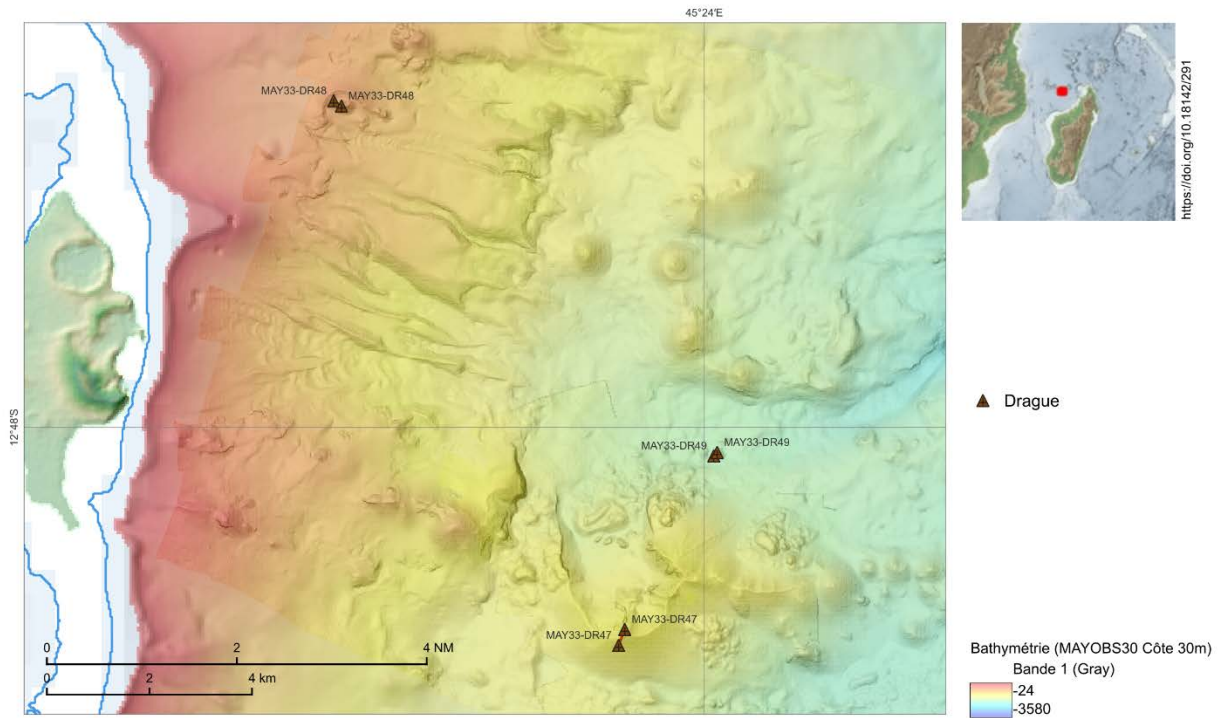


Figure 19: Dragage de roche réalisés lors de la campagne MD248-MAYOBS33.

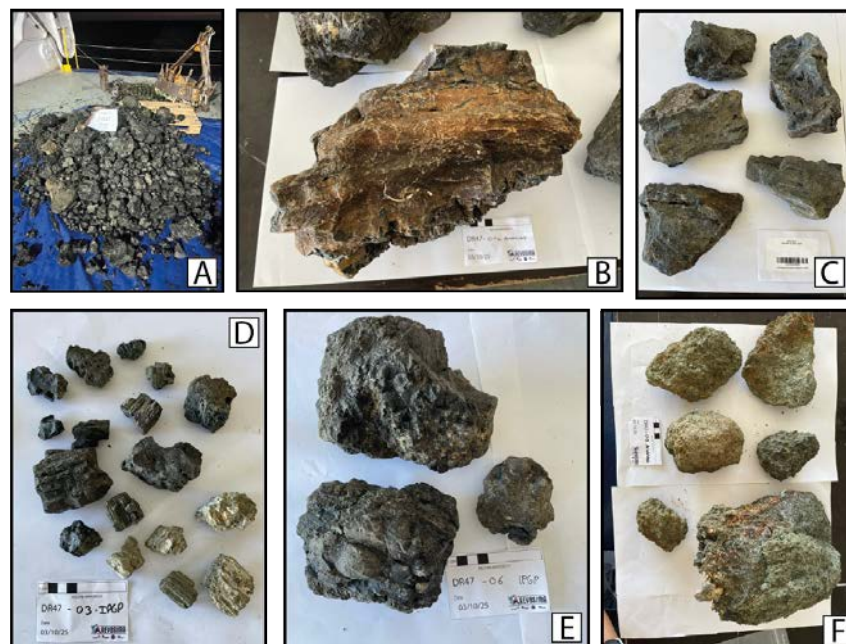


Figure 20: DR47, matériel collecté a) par la drague. b-c) fragments de coulées de lave. d, e, et f) pyroclastes, bombes et agrégats de pyroclastes également collectés par la drague DR47.



Figure 21 : Photo du CIAM ADCP 75 Hz récupéré.

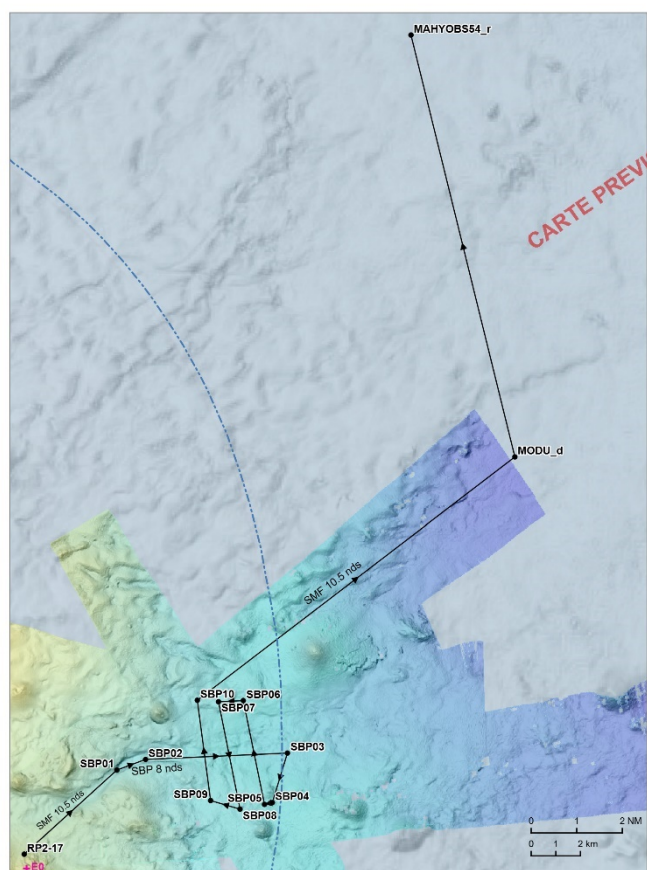


Figure 19 : Carte prévisionnelle de localisation des profils de sondeur de sédiment (SBP).



Figure 20 : Photo de l'équipe scientifique (57 personnes), campagne MD248-MAYOBS33.

TABLES

Sites actifs d'émission de fluides	Date de la première observation	Date de la dernière observation (site potentiellement inactif en 2025)
A0	Mai 2019 – MAYOBS1	
B0		
C0		
D0	Août 2019 – MAYOBS5-SHOM	
E0		
A1	Mai 2020 – MAYOBS13-2	
A2		
B1		
C1		
D1		
F0		F0 Juillet 2022 – MAYOBS23
C2	Janvier 2021 – MAYOBS17	
C3		
C4		C4 Septembre 2023 – MAYOBS25
G0	Avril 2021 – MAYOBS18	
H0	Juillet 2021 - SCRATCH	
C5	Septembre 2021 – MAYOBS21	
D2		D2, I0 et D3 Septembre 2023 – MAYOBS25
I0		
D3	Juillet 2022 – MAYOBS23	
I1		
J0		
K0	Septembre 2023 – MAYOBS25	K0 Septembre 2023 - MAYOBS25
E0_2	Septembre 2025 – MAYOBS33	

Tableau 1: Ordre chronologique de la première observation acoustique des sites actifs du Fer à Cheval. En rouge les sites non observés pendant l'analyse préliminaire des données de la campagne MD248-MAYOBS33.

Tableau 2 : Liste des opérations CTD-Rosette réalisées à bord du N/O Marion Dufresne lors de la campagne MD248-MAYOBS33. Date et heure de mise à l'eau et position du navire lorsque la CTD-Rosette est au fond, à l'exception de l'opération HY06 correspondant au Yo-Yo dans les positions sont données en surface en début et fin d'opération.

CTD	Date	Heure	Latitude	Longitude	Immersion maximale atteinte (m)	Site
MAY33-HY00	29/09/2025	08:40	S 12° 55,758'	E 45° 49,180'	1200	Test
MAY33-HY01	30/09/2025	06:27	S 12° 48,202'	E 45° 23,053'	1696	Chenal
MAY33-HY02	01/10/2025	13:40	S 12° 49,476'	E 45° 22,942'	1482	Centre FAC
MAY33-HY03	02/10/2025	11:18	S 12° 49,480'	E 45° 22,934'	1250	Centre FAC
MAY33-HY04	03/10/2025	09:17	S 12° 49,876'	E 45° 22,828'	1347	Site B0
MAY33-HY05	04/10/2025	11:20	S 12° 49,913'	E 45° 23,064'	1250	Site C2+C3
MAY33-HY06	07/10/2025	05:08	S 12° 49,282'	E 45° 23,677'	1250	Yo-yo
MAY33-HY07	07/10/2025	16:02	S 12° 49,783'	E 45° 23,852'	1253	Anomalie glider
MAY33-HY08	08/10/2025	12:25	S 12° 49,342'	E 45° 24,589'	1515	Site E02
MAY33-HY09	09/10/2025	14:04	S 13° 20,620'	E 45° 51,300'	3253.5	Référence

Tableau 3 : Listing des opérations CTD/rosette/Glider réalisées à bord du N/O Marion Dufresne lors de la campagne MD248-MAYOBS33. Heure de mise à l'eau et positions du navire lorsque la CTD/Rosette est à 1250m d'immersion excepté pour le Yo-Yo dont les positions sont données CTD/rosette/Glider en surface en début et fin d'opération. Les sites échantillonnés et les objectifs sont indiqués.

Opération	Date	Heure	Latitude	Longitude	Immersion maximale atteinte (m)	Zone	Objectifs
MAY33-HY03	02/10/2025	11:13	S 12°49,478	E 45°22,936	1250	FAC, site C	Intercalibration sur concentrations fortes
MAY33-HY05	04/10/2025	10:50	S 12°50,018	E 45°23,068	1250	FAC, centre	Intercalibration sur concentrations faibles à moyennes et focus sur la zone <500m
MAY33-HY06	07/10/2025	05:06	S 12°49,006	E 45°24,062	1250	FAC	Intercalibration glider en mode Yo-Yo
Yo-Yo glider	07/10/2025	11:37	S 12°50,161	E 45°22,466			