

Bulletin n°15 du 16 au 29 février 2020

ISSN : 2680-1205

Bulletin de l'activité sismo-volcanique à Mayotte

Evolution au cours des derniers quinze jours :

Entre le 16 et le 29 février, 592 séismes Volcano-Tectoniques (VT ; séismes les plus hautes fréquences enregistrés entre 2 et 40 Hz), 288 séismes Longue Période (LP ; basse fréquence, entre 0,5 et 5 Hz) et 16 séismes Très Longue Période (VLP ; très basse fréquence, entre 5 et 100 secondes) ont été détectés par le REVOSIMA. Les signaux LP ont déjà été observés depuis le début de la crise mais ils n'étaient jusqu'alors pas classifiés. Cette nouvelle catégorie a été mise en place suite à l'amélioration graphique de la représentation des signaux sismiques. La majorité des séismes LP a lieu en essaim de quelques dizaines de minutes, et sont souvent associés à des signaux VLP. Les signaux VLP sont habituellement associés dans la littérature à des résonances et des mouvements de fluide (magmatique ou hydrothermal).

L'activité sismique principale est toujours concentrée à 5-15 km de Petite-Terre, à des profondeurs de 20-45 km. Un séisme a été reporté comme ressenti, le 23 février à 13h20 (heure TU ; MLv 3,2 ; 31 km de profondeur ; 16 km à l'est de Dzaoudzi). Une sismicité plus faible en nombre et en énergie (faible magnitude comprise entre 1 et 2,5), déjà visible sur les enregistrements fond de mer en février 2019, est également toujours enregistrée proche de Petite-Terre à environ 5 km à l'est (à des profondeurs de 25-40 km) voire sous Petite Terre.

A noter qu'avec le recrutement de nouveaux personnels dans le cadre de la pérennisation du REVOSIMA, des ressources humaines supplémentaires sont désormais dédiées au dépouillement sismique, ce qui a permis d'abaisser la magnitude minimale des séismes identifiés (magnitude de complétude). Il est désormais possible de mieux identifier les séismes de plus petites magnitudes < M1,5, ce qui explique l'augmentation du nombre total de séismes identifiés par rapport aux mois précédents.

Les déplacements de surface mesurés depuis le début de la crise par les stations GPS de Mayotte indiquent : a) un déplacement d'ensemble des stations GPS de Mayotte vers l'est d'env. 20 à 22 cm ; b) un affaissement (subsidence) d'env. 9 à 17 cm selon leur localisation sur l'île. Un ralentissement des déplacements est observé depuis avril-mai 2019.

Événement en cours : éruption sous-marine en cours en date du 20 août 2019, à 50-60 km à l'Est de Mayotte avec sismicité et déformations associées. En l'absence de campagne en mer depuis le 20 août 2019, il est à l'heure actuelle impossible d'avoir une idée de l'évolution de l'activité éruptive sur site.

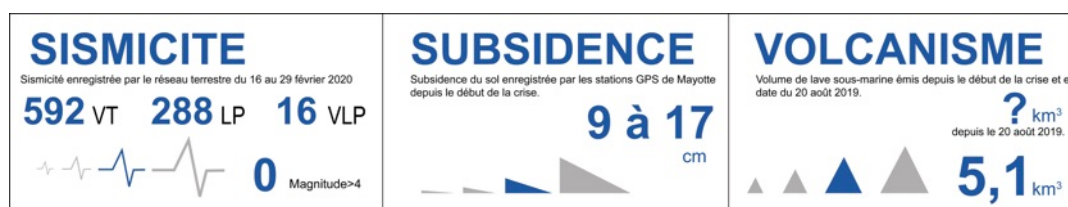
Nouveau site éruptif sous-marin à l'Est de Mayotte découvert lors des campagnes océanographiques (Mayobs-1-2-3-4) entre le 2 mai et le 31 juillet 2019.

Edifice principal : latitude : -12°54' ; longitude : 45°43' ; hauteur : au moins 800 m (en date du 31 juillet 2019) ; profondeur à la base du site éruptif : -3500 m

Global Volcanism Report Smithsonian Institution, catalogue des volcans du monde : Mayotte : numéro 233005 ; <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=233005>

Il est fondamental de reporter tout séisme ressenti au BCSF-RENASS sur le site : <http://www.franceseisme.fr/>

Veille scientifique renforcée.



Ce bulletin représente une synthèse des observations, mesures, et conclusions préliminaires sur l'activité sismo-volcanique enregistrée par le Réseau de surveillance Volcanologique et Sismologique de Mayotte (REVOSIMA) qui s'appuie sur les données des stations de mesures à terre.

Ce réseau est opéré par l'IPGP avec l'appui du BRGM Mayotte. Le REVOSIMA bénéficie du soutien de l'Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF-IPGP), de l'IFREMER, du CNRS-INSU et du BRGM. Les données de ce réseau sont produites par un large consortium de partenaires scientifiques (voir liste en fin de bulletin) financés par l'Etat.

Depuis le début de la crise en mai 2018, l'État adapte en continu, les mesures de surveillance et de prévention pour faire face à ce phénomène géologique exceptionnel qui impacte la population mahoraise et plus largement cette partie de l'océan indien.

Ce bulletin est publié 2 fois par mois et distribué publiquement. Les informations dans ce bulletin sont à usage d'information, de pédagogie et de surveillance. Elles ne peuvent pas être utilisées à des fins de publications de recherche sans y faire référence explicitement et sans autorisation du comité du REVOSIMA. Les données sismiques sont distribuées par l'IPGP (Centre de données : <http://centrededonnees.ipgp.fr/> et <http://volobsis.ipgp.fr/data.php>) et par les Services Nationaux d'Observations du CNRS-INSU. Les données GPS sont distribuées par l'Institut Géographique National (IGN : <http://mayotte.gnss.fr/donnees>). Les données acquises lors des campagnes océanographiques seront distribuées par l'IFREMER, les autres données géologiques et géochimiques seront diffusées par le REVOSIMA et ses partenaires.

Résumé détaillé

1. L'île volcanique de Mayotte est l'une des quatre îles de l'archipel volcanique des Comores, située dans le Canal du Mozambique entre Madagascar et l'Afrique. Depuis environ 20 millions d'années, le volcanisme sur Mayotte a produit une grande diversité de reliefs et de produits volcaniques. Les lithologies observées sont des empilements de coulées de basaltes, de néphéline et de téphrite, des dômes phonolitiques et des dépôts pyroclastiques (Nehlig et al., 2013). Les laves ont une composition chimique fortement alcaline pauvre en silice au sud (environ 10 Ma) et modérément sous-saturée en silice au nord (environ 4 Ma ; Debeuf, 2004, Pelleter et al, 2014). L'activité volcanique s'est poursuivie au Quaternaire récent ($\leq 12\ 000$ ans) comme le montrent les morphologies volcaniques peu érodées au nord-est de Mayotte et sur Petite-Terre. Des éruptions explosives au nord-est de Mayotte et sur Petite-Terre ont produit de nombreux cônes de scories présents autour de Mamoudzou (Grande-Terre) et de Dzaoudzi, Labattoir, Pamandzi (Petite-Terre), et les maars (formés lors de l'interaction explosive entre l'eau de mer et le magma) et tuff-cones de Kavani et de Kawéni (Grande-Terre) et de Moya, La Vigie et Ndziani (Petite-Terre). Les dépôts pyroclastiques à cendres et ponces d'origine phréatomagmatique recouvrent des basaltes vacuolaires datés à 150000 ans B.P. (Debeuf, 2004). La présence de niveaux de cendres volcaniques dans les sédiments datés du lagon, indiquerait que la dernière activité volcanique et explosive à terre aurait eu lieu il y a moins de 7000 ans (Zinke et al., 2003 ; 2005). De nombreux cônes sous-marins sont présents également sur la pente insulaire de Mayotte (Audru et al., 2006) et tout particulièrement le long d'une ride orientée NO-SE (Feuillet et al., en révision).

2. L'archipel des Comores se situe dans une région sismique considérée comme modérée. Depuis mai 2018, la situation volcano-tectonique a évolué. Une activité sismique affecte l'île de Mayotte depuis le début du mois de mai 2018 (Lemoine et al., en révision). Ces séismes forment deux essaims avec des épacentres regroupés en mer, entre 5 et 15 km à l'est de Petite-Terre pour l'essaim sismique principal, et à 25 km à l'est de Petite-Terre pour le secondaire, à des profondeurs comprises majoritairement entre 25 et 50 km dont les localisations ont pu être affinées grâce aux relocalisations effectuées lors des campagnes en mer (MD220-MAYOBS-1, MD221-MAYOBS-2, MD222-MAYOBS-3, MD223-MAYOBS-4). La majorité de ces séismes est de faible magnitude, mais plusieurs évènements de magnitude modérée (max. $M_w 5,9$ le 15 mai 2018) ont été fortement ressentis par la population et leur succession a endommagé certaines constructions (rapport BCSF-RéNaSS juillet 2018). Depuis juillet 2018 et la fin de la première phase intense

de l'éruption, le nombre de séismes a diminué mais une sismicité continue persiste, fluctuante mais qui a pu générer jusqu'à plusieurs séismes de magnitudes proches de M4 ressentis par mois. Du 16 au 29 février 2020, 592 séismes Volcano-Tectoniques (VT), 288 séismes Longue Période (LP) et 16 séismes Très Longue Période (VLP) ont été détectés par le REVOSIMA. La majorité des séismes LP a lieu en essaim de quelques dizaines de minutes, et sont souvent associés à des signaux VLP. Ces signaux VLP sont habituellement associés dans la littérature à des résonances et des mouvements de fluide (magmatique ou hydrothermal). Un séisme a été reporté comme ressenti, le 23 février à 13h20 (heure TU ; MLv 3,2 ; 31 km de profondeur ; 16 km à l'est de Dzaoudzi).

3. Les déplacements de surface mesurés depuis le début de la crise par les stations GPS de Mayotte indiquent : a) un déplacement d'ensemble des stations GPS de Mayotte vers l'est d'env. 20 à 22 cm vers l'est ; b) un affaissement (subsidence) d'env. 9 à 17 cm selon leur localisation sur l'île. Un ralentissement des déplacements est observé depuis avril-mai 2019. Les premières modélisations simples, utilisant une source unique isotrope localisée en un point, montrent que ces déplacements pourraient être induits par la déflation d'un réservoir magmatique profond à l'est de Mayotte (note *Briole et al., 2018 ; bulletins mensuels 2018 OVPF/IPGP*). Pour les 3 derniers mois, le meilleur modèle simple (modèle à une source, milieu isotrope et élastique) pouvant rendre compte de ces déplacements serait une source de pression en déflation localisée entre 62 et 84 km à l'est de Mayotte et à une profondeur comprise entre 54 et 67 km à 68,3% de probabilité. Toutefois, le ralentissement progressif des déplacements depuis avril-mai 2019 implique que diverses sources de bruit affectant le GPS, ainsi que les autres sources de déformation (notamment d'origine hydrologique et/ou atmosphérique) deviennent significatives. Par conséquent, les estimations de localisation de la source, et les flux associés, deviennent de moins en moins robustes. Il faut donc interpréter avec prudence les variations de ces paramètres dans la période récente. Des modèles plus complexes en cours d'évaluation suggèrent que plusieurs sources de pression, de géométrie et volume variable, localisées à différentes profondeurs, pourraient également expliquer les déformations observées sur les périodes d'observations. Quelques soient les modèles, ceci suggère que des transferts de fluides magmatiques en profondeur se poursuivent. Cependant, il n'est pas certain que ces transferts soient associés à une émission de lave sous-marine. Selon les dernières observations des campagnes océanographiques, l'émission de lave sous-marine à environ 50 km à l'est de Mayotte s'est poursuivie au moins jusqu'au 20 août 2019.

4. Du 2 au 18 mai 2019, une campagne océanographique (MD220-MAYOBS-1) sur le Marion Dufresne a permis la découverte d'un nouveau site éruptif sous-marin à 50 km à l'est de Mayotte qui a formé un édifice d'environ 820 m de hauteur sur le plancher océanique situé à 3500m de profondeur d'eau. Les campagnes (MD221-MAYOBS-2 - 10-17 juin 2019 ; MD222-MAYOBS-3 - 13-14 juillet 2019 ; et MD223-MAYOBS-4 - 19-31 juillet 2019 ; mission SHOM 20-21 août 2019) ont mis en évidence de nouvelles coulées de lave, au sud, à l'ouest et au nord du nouveau site éruptif, laissant supposer la présence de plusieurs sorties de lave dans la région du nouveau site éruptif. Les comparaisons des données bathymétriques de la campagne réalisée par le SHOM au mois d'août (20/08/2019 - 21/08/2019) avec les données de la campagne MAYOBS-04 (19/07/2019 - 04/08/2019) montre la mise en place d'une nouvelle coulée au nord-ouest de l'édifice principal entre le 31 juillet et le 20 août. Cette nouvelle coulée couvre une surface de 3,25 km², pour un volume émis estimé à 0,08 km³. Ces valeurs seront affinées par la suite. Des panaches acoustiques (700 à 1000 m de haut ; dont la nature hydrothermale et/ou magmatique reste à préciser) ont été détectés dans la colonne d'eau au-dessus des coulées actives, ainsi qu'au-dessus de la structure volcanique ancienne dite du « Fer à cheval » située à l'aplomb de la zone de l'essaim sismique principal (5-15 km à l'est de Petite-Terre). Les sites HY04, HY07 et HY09, situés au niveau du nouveau volcan, présentent des anomalies fortes en méthane dissous et pH. Il en est de même pour le site HY01 situé plus proche de la côte dans la zone du Fer à cheval. En revanche, les sites HY05 et HY06 présentent des anomalies d'intensité moyenne en méthane dissous uniquement. Les sites HY02 (le plus côtier), HY08 (site intermédiaire entre la côte et le volcan) et HY10 présentent de faibles anomalies en méthane dissous avec une valeur de pH proche de celle de la référence. Ces résultats, associés aux données en cours de traitement, contribuent à la détermination de l'origine (dégazage du magma, interaction eau de mer et magma, eau de mer modifiée chimiquement par réactions thermiques) et de l'intensité du processus sous le plancher océanique générant les émissions de fluides dans la colonne d'eau.

5. En l'état actuel des connaissances, le nouveau site éruptif a produit au moins 5,1 km³ de lave depuis le début de son édification. Sur une période de 11 mois (de juillet 2018 - début des déformations de surface enregistrées à Mayotte - à juin 2019), le flux éruptif de lave est au minimum d'environ 150-200 m³/s. Depuis la découverte de l'édifice volcanique, trois nouveaux points de sorties distants ont été identifiés et ont produit 1) au sud environ 0,2 km³ de lave en 28 jours (18 mai-17 juin 2019) pour un flux minimum moyen de l'ordre de 80m³/s, 2) à l'ouest environ 0,3 km³ de lave en 44 jours (entre le 17 juin et le 30 juillet 2019) pour un flux minimum moyen de 80m³/s, 3), au nord environ 0,08 km³ de lave en 21 jours (entre le 31 juillet et le 20 août 2019) pour un flux minimum moyen de l'ordre de 44 m³/s. Ces volumes et flux éruptifs, notamment au début de la crise, sont exceptionnels et sont, malgré les incertitudes, parmi les plus élevés observés sur un volcan effusif depuis l'éruption du Laki (Islande) en 1783.

6. Des dégagements terrestres gazeux importants d'origine magmatique (majoritairement CO₂) et de faible température sont connus depuis de nombreuses années (au moins depuis 1998) sur la plage de l'aéroport (sud Petite-Terre). Une campagne de mesure des émissions de gaz par le sol et d'échantillonnage des fluides a eu lieu du 7 au 14 septembre 2019. Les analyses in-situ ont permis de vérifier la composition des émissions signalées par la population (pour plus de détails, voir le bulletin N° 4 du REVOSIMA : www.ipgp.fr/revosima).

7. Les réseaux de GPS (temps réel) et des sismomètres (à terre : temps réel ; et en mer : relevé mensuellement) ont été renforcés depuis début 2019. Les scientifiques restent mobilisés pour analyser et interpréter la multitude de données acquises au cours des derniers mois à terre et en mer. Compte tenu de l'absence d'observation de volcanisme historique et du peu de connaissance sur le fonctionnement de la ride NO-SE, de plus de 50 km de long, qui s'étend de Mayotte à la zone volcanique sous-marine active, une incertitude significative existe quant à l'évolution de cette éruption (migration de magma, durée et évolution de l'éruption en cours, nouveaux points de sortie de lave) et de l'activité associée (sismicité, déformation, dégazage).

8. Les analyses de l'ensemble des laves draguées lors des campagnes océanographiques MD220-MAYOBS-1, MD221-MAYOBS-2 et MD223-MAYOBS-4, sur le site de l'éruption en cours et sur d'autres sites volcaniques de la ride NO-SE qui s'étend de Mayotte à la zone volcanique sous-marine active, appartiennent à une série magmatique modérément à faiblement alcaline, caractéristique du volcanisme du nord de Mayotte. Elles montrent une variété compositionnelle, depuis les basanites (MAYOBS-4-DR09) jusqu'aux phonolites (MAYOBS-1-DR02, MAYOBS-2-DR07), déjà connue dans les échantillons subaériens de Petite-Terre. Les produits échantillonnés par dragages sur le site volcanique actif correspondent majoritairement à des laves basiques (45 < SiO₂ pds% < 47), légèrement évoluées (téphrites, 3,6 < MgO pds% < 5,3), avec des valeurs de porosité s'étalant de 14 à 50 %. Leur composition chimique (analyses en roche totale) varie peu, qu'il s'agisse des formations initialement cartographiées en mai 2019 (MAYOBS-1-DR01, MAYOBS-4-DR10 et DR12), ou des coulées émises entre mai et juin 2019 (MAYOBS-2-DR08) et entre juin et juillet 2019 (MAYOBS-4-DR11, à l'exception d'un échantillon plus primitif dont l'origine doit encore être précisée).

9. La province volcanique sous-marine proche de l'île de Mayotte représente un enjeu majeur dans la compréhension de l'aléa lié à la crise éruptive actuelle. L'analyse d'un échantillon de lave phonolitique très peu ou pas altérée et d'apparence très récente, qui provient de la drague DR07 prélevée dans la zone de l'essai sismique actif, à environ 15 km au sud-est de Petite-Terre (voir pour plus de détails le bulletin REVOSIMA N° 4) révèle les rapports de (dés)équilibres radioactifs suivants : (210Pb/226Ra) = 1.03 ± 0.04 (2 sigma) et (210Po/210Pb) = 1.21 ± 0.05 (2 sigma), tels que mesurés en septembre 2019 (voir pour plus de détails le bulletin REVOSIMA N° 5, www.ipgp.fr/revosima). La phonolite DR07 présente un déséquilibre 210Po-210Pb significatif, ce qui implique nécessairement que ce système isotopique était ouvert jusqu'il y a moins de 2,3 ans. De surcroît, l'absence de déficit en 210Pb par rapport à 226Ra démontre que le déséquilibre 210Po-210Pb n'est pas dû à une perte en 210Pb mais bien à un excès de 210Po. L'hypothèse retenue à ce jour est donc celle d'une fertilisation d'un magma de type phonolitique (DR07) par des gaz magmatiques issus d'un magma plus mafique (i.e. moins évolué chimiquement) injecté en profondeur, à l'instar de ce qui a été observé lors de l'éruption de l'Eyjafjallajökull en Islande en 2010 (Sigmarsson et al., 2015). Le processus ne peut pas, en l'état, être modélisé à partir d'une seule analyse sur un seul échantillon. Néanmoins, si le fractionnement est bien lié à un transfert de gaz entre réservoirs

magmatiques, cela implique que ce processus a eu lieu il y a moins de 2,3 ans et donc, qu'une éruption phonolitique a eu lieu dans la zone de l'essai sismique actif (Fer à cheval) depuis 2017. La mise en perspective de ces nouvelles données géochimiques et géochronologiques avec les relevés bathymétriques pose néanmoins questionnement puisque la morphologie et la topographie du fond marin dans cette zone ne semble pas avoir significativement changé depuis 2014. Ces données géochronologiques restent à confirmer. De nombreuses analyses restent à réaliser, à interpréter et à intégrer dans le corpus actuel de connaissance sur le volcanisme à Mayotte. Malgré les nombreuses questions scientifiques en suspens et des incertitudes intrinsèques à la compréhension des systèmes géologiques complexes, ces nouvelles données viennent combler petit à petit les lacunes de connaissances sur la nature, l'ampleur, la dynamique et la chronologie de l'activité de la province volcanique de Mayotte dont une très large partie a été mise en place en milieu sous-marin difficilement accessible.

10. L'analyse de toutes les données acquises récemment nécessite des travaux approfondis pour améliorer l'évaluation des aléas et des risques induits (sismique, volcanique, tsunami) pour Mayotte. Le programme d'étude sera alors actualisé et renforcé au vu des nouveaux éléments de connaissances apportés par ces analyses.

Sismicité

Depuis le 16 mai 2018, un point de situation sur l'activité sismique était publié par le BRGM (<https://www.brgm.fr/content/essai-seismes-mayotte-points-situation>) dans cadre du suivi de l'essai sismique de Mayotte qu'il a assuré depuis cette date. Désormais, le Réseau de Surveillance Volcanologique Sismologique de Mayotte (REVOSIMA) publiera un bulletin de l'activité 2 fois par mois.

L'analyse de la sismicité se base sur les données issues d'un réseau de stations à terre réparties dans la région de Mayotte dont les données sont analysées tous les jours et d'un parc de capteurs en mer (OBS : Ocean Bottom Seismometer) qui sont relevés après plusieurs semaines d'installation et dont les données sont accessibles en différé. Les données des stations à terre et des OBS sont fournies par l'ensemble des partenaires impliqués dans le suivi de la crise. Pour plus de précisions sur l'analyse de la sismicité, voir le bulletin n° 1 (http://www.ipgp.fr/sites/default/files/190823_1er_bulletin_info_sismo_volcanique_mayotte.pdf).

A noter qu'avec le recrutement de nouveaux personnels en février 2020 dans le cadre de la pérennisation du REVOSIMA, des ressources humaines supplémentaires sont désormais dédiées au dépouillement sismique, ce qui a permis d'abaisser la magnitude minimale des séismes identifiés (magnitude de complétude). Il est désormais possible de mieux identifier les séismes de plus petites magnitudes < M1,5, ce qui explique l'augmentation du nombre total de séismes identifiés par rapport aux mois précédents.

Entre le 16 et le 29 février 2020, le Réseau Volcanologique Sismologique de Mayotte (REVOSIMA) a détecté, avec le réseau de stations terrestres, un total de 592 séismes Volcano-Tectoniques (VT ; les plus hautes fréquences enregistrées entre 2 et 40 Hz), 288 séismes Longue Période (LP ; basse fréquence, entre 0,5 et 5 Hz) et 16 séismes Très Longue Période (VLP ; très basse fréquence, entre 5 et 100 secondes) localisés entre Mayotte et le nouveau site éruptif à 50 km au sud-est de Mayotte.

- Une nouvelle catégorie de séismes, les séismes Longue Période (LP) a été mise en place suite à l'amélioration graphique de la représentation des signaux sismiques. Ces signaux LP ont déjà été observés depuis le début de la crise mais ils n'étaient jusqu'alors pas classifiés. Sur les derniers quinze jours 288 séismes LP ont ainsi été enregistrés. La majorité des séismes LP a lieu en essaim de quelques dizaines de minutes, et sont souvent associés à des signaux VLP.
- Le REVOSIMA enregistre toujours des signaux sismiques de type très longue période VLP (très basse fréquence, entre 5 et 100 secondes) similaires notamment à l'évènement enregistré le 11 novembre 2018. Ainsi, sur les derniers 15 jours 16 VLP ont ainsi été enregistrés. Ce sont des signaux sismiques

habituellement associés dans la littérature à des résonances et des mouvements de fluide (magmatique ou hydrothermal). Ils restent difficiles à localiser et analyser et font l'objet d'une étude spécifique en cours (A. Laurent, IPGP). Les 84 séismes VLP similaires enregistrés entre février et avril 2019 avaient été localisés à une dizaine de kilomètres à l'Est de Petite Terre dans la zone de l'essaim sismique le plus actif (Feuillet et al., *Nature*, en révision).

Au total, 138 séismes ont pu être localisés manuellement (122 VT, 15 LP et 1 de nature inconnue ; **Figure 1a**) dont 43 de magnitude M2 à M3 et 5 de magnitude M3 à M4 entre 0 et 30 km à l'est de Petite-Terre à une profondeur comprise entre 20 et 45 km (**Figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6, Tableaux 1 et 2**).

Ramené à des valeurs moyennes quotidiennes on note, entre le 16 et le 29 février, une moyenne de 10 séismes localisables par jour, dont 3 séismes/jour de magnitude \geq M2 et moins d'1 séisme/jour de magnitude \geq M3. Aucun séisme de magnitude $M \geq 4$ n'a été enregistré.

- Sur les 138 séismes localisés manuellement (**Tableau 1**), 9 l'ont été dans l'essaim secondaire, essaim définissant un alignement de séismes à 25 km à l'est de Petite Terre, alors que la majorité a été localisée dans l'essaim principal entre 5 et 15 km à l'est de Petite-Terre (**Figures 1**). Les séismes LP qui ont pu être localisés sont dans l'essaim principal.
- Un séisme a été reporté comme ressenti, le 23 février à 13h20 (heure TU ; MLv 3,2 ; 31 km de profondeur ; 16 km à l'est de Dzaoudzi).

Comme indiqué en fin de bulletin, il est fondamental de reporter tout séisme ressenti au BCSF-RENASS sur le site : <http://www.franceseisme.fr/>

- De manière générale, malgré une contrainte sur les profondeurs et localisations qui sont moins bonnes à partir des seules données à terre, **les hypocentres des séismes volcano-tectoniques se situent entre 20 et 45 km de profondeur**. Cela est confirmé après les relevés réguliers des OBS, notamment lors du relevé effectué lors de la campagne MD222-Mayobs3.

Période du : 16 au 29 février 2020	
Sismicité volcano-tectonique (VT) enregistrée par le réseau terrestre et validée et localisée, excluant les détections automatiques	
(en gris les chiffres pour la période du 1 au 15 février 2020 détectés selon le même protocole)	
Classe de magnitude	Nombre de Séismes VT
M < 1,0	0(0)
M1,0 à M2,0	81(63)
M2,0 à M3,0	36(50)
M3,0 à M4,0	5(5)
M4,0 à M5,0	0(0)
M5,0 à M6,0	0(0)
M1,0-M6,0	122(118)
M \geq 2,0	41(55)

Tableau 1 : Répartition des séismes volcano-tectoniques (VT) enregistrés, validés et localisés par le réseau terrestre par classe de magnitude du 16 au 29 février 2020.

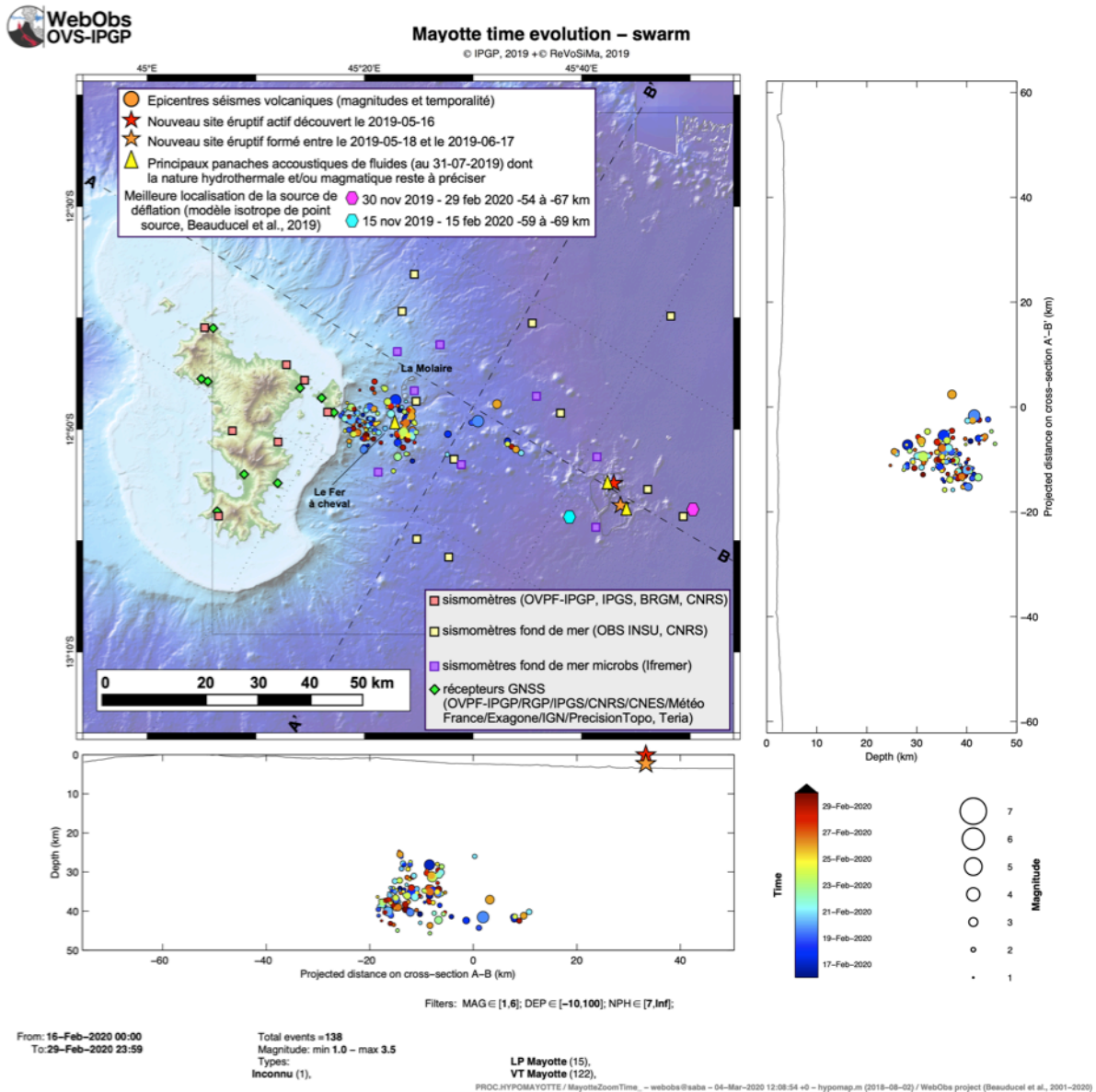
Total séismes \geq M3,5	Dont M \geq 4,0	Dont M \geq 4,5	Dont M \geq 5,0	Dont M \geq 5,5
2029	559	151	34	2

Tableau 2 : Comptage des séismes volcano-tectoniques (VT) localisés de magnitude $M > 3,5$ du 10 mai 2018 au 29 février 2020 par classe de magnitude (base de données BRGM et REVOSIMA).

- Si l'activité sismique est plus faible (**Figures 1, 2**) que celle enregistrée au début de la crise, elle reste néanmoins importante. A noter que pour de nombreuses éruptions une diminution de l'énergie sismique dissipée est observée malgré la poursuite de la propagation du magma à faible profondeur et son émission en surface. Ceci témoigne d'un milieu déjà fragilisé et fracturé moins sismogénique. L'activité sismique fluctue pendant une éruption et une recrudescence de l'activité sismique est toujours possible. Ainsi des magnitudes proches de 5,0, voire plus, sont toujours possibles comme le montre les deux séismes des 1 et 2 janvier 2020.
- A noter que plusieurs séismes « proches » de très faible à faible magnitude (1-2,5) sont toujours enregistrés entre l'essai sismique principal et Petite-Terre, voire même sous Petite Terre (**Figure 3**). Le traitement des données OBS montre que ces séismes de faible magnitude sont présents depuis le début des enregistrements OBS.

Localisation

Il n’y a pas eu d’évolution spatiale notable de la localisation de la sismicité entre le 16 et 29 février 2020 par rapport au bulletin précédent (voir Figures 1 et 2).





Mayotte time evolution – swarm

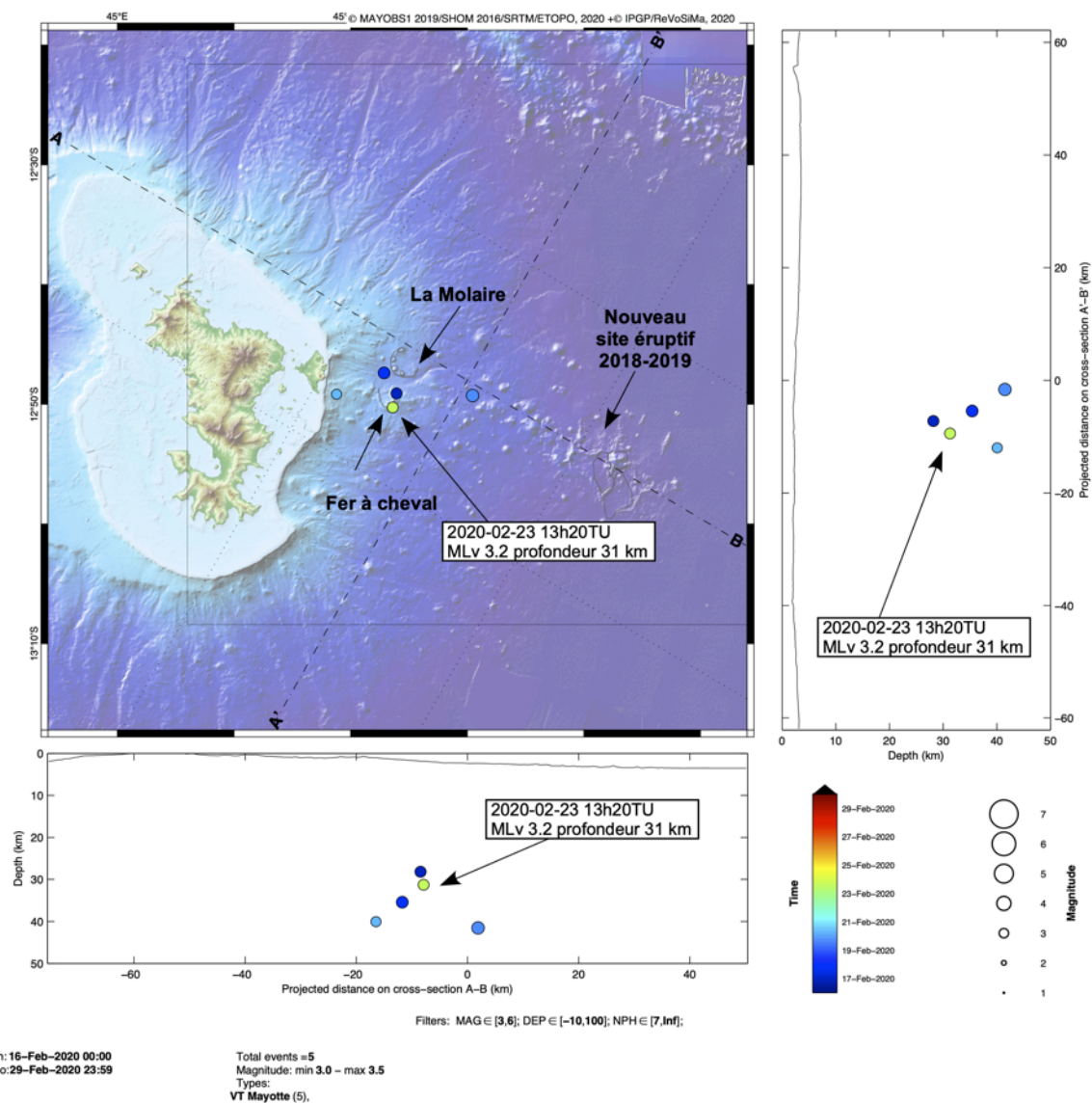
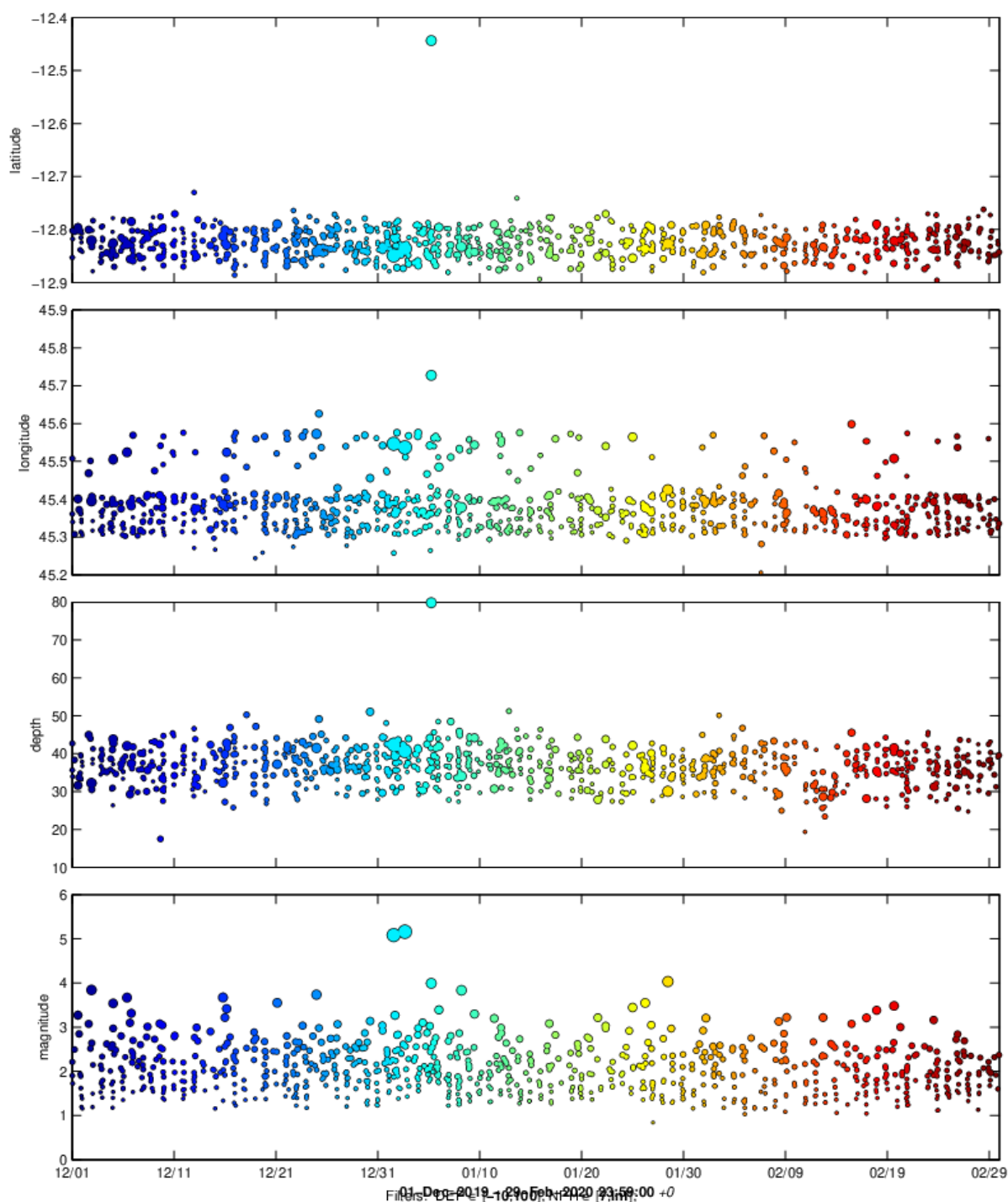


Figure 1b : Carte de localisation des épicentres (± 5 km) des séismes volcano-tectoniques (VT) de magnitude $M \geq 3$ entre le 16 et le 29 février 2020 enregistrés avec les réseaux sismiques à terre (IPGP-IFREMER-CNRS-BRGM-BCSF-RéNaSS, IPGS). Sont aussi représentées une projection des hypocentres des séismes le long de coupes transverses et axiales le long de la ride montrant la localisation estimée en profondeur (la précision varie entre $+5$ km et $+15$ km) des séismes en fonction de la magnitude (taille des symboles) et de la date (échelle temporelle de couleur). Les structures volcaniques de la zone dite de « La Molaire », du « Fer à cheval » sont indiquées en grisé tout comme les coulées de lave du site éruptif actuel. De nombreux points de sortie de panaches de fluides dans la colonne d'eau ont été identifiés dans la structure du Fer à cheval avec une signature géochimique magmatique (voire section Géochimie des fluides). MNT d'après Feuillet 2019 et Shom 2016. (© OVPF-IPGP, BRGM, IFREMER, CNRS, BCSF-RéNaSS, IPGS / REVOSIMA).



Mayotte time evolution – all area

© MAYOBS1 2019/SHOM 2016/SRTM/ETOPO, 2020 +© IPGP/ReVoSiMa, 2020



From: 01-Dec-2019 00:00
To: 29-Feb-2020 23:59

Total events =888
Magnitude: min 0.8 – max 5.2
Types:
(887),

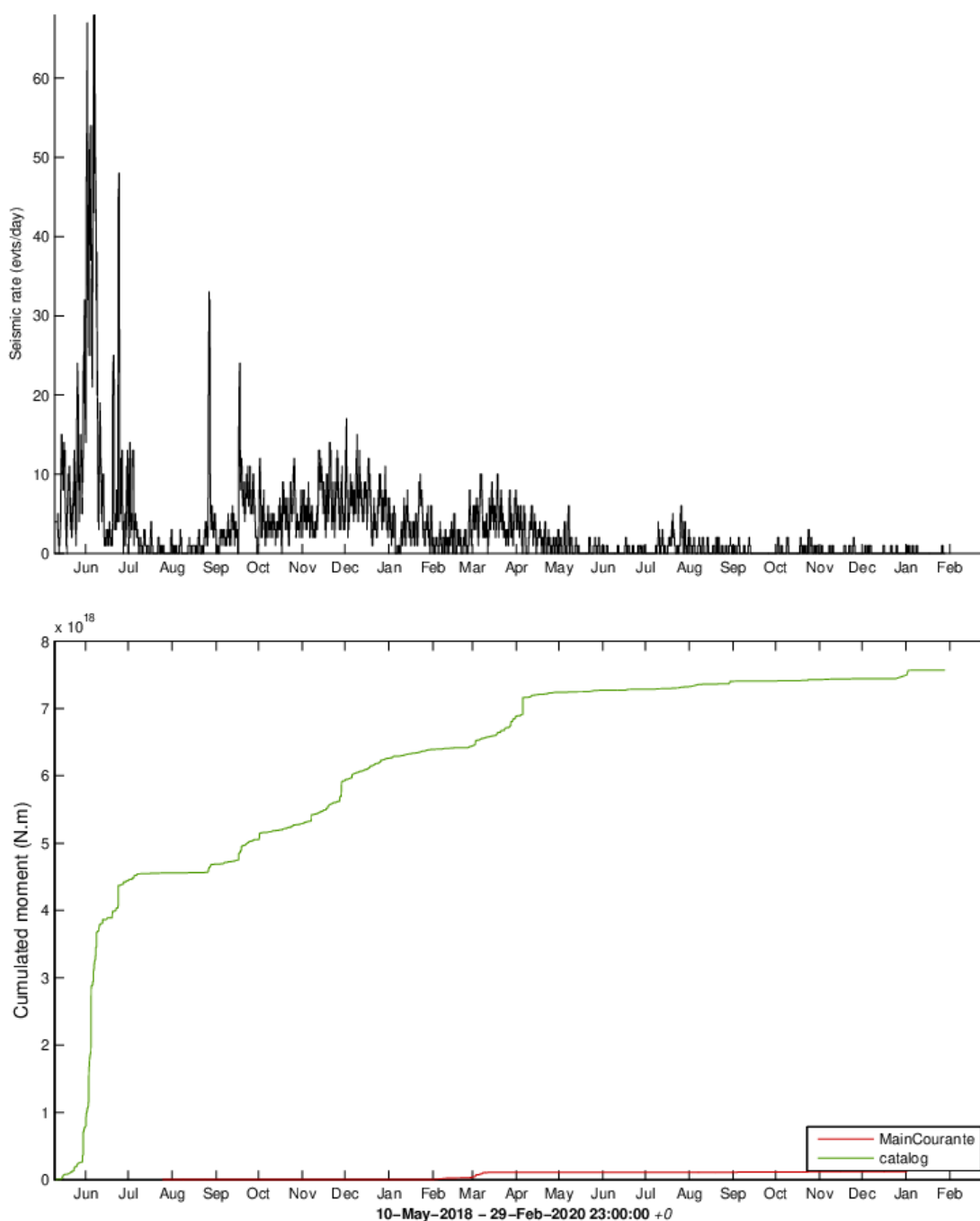
earthquake (1),

PROC.HYPOMAYOTTE / MayotteTime_time - webobs@saba - 05-Mar-2020 04:23:07 +0 - hypomap.m (2018-08-02) / WebObs project (Beauducel et al., 2001-2020)

Figure 2 : Variation temporelle (échelle de couleur) des principaux paramètres (latitude, longitude, profondeur et magnitude) de la sismicité enregistrée et localisée par le REVOSIMA avec les réseaux sismiques à terre (IPGP-IFREMER-CNRS-BRGM-BCSF-RéNaSS, IPGS) entre le 1 décembre 2019 et le 29 février 2020 (3 mois). Se référer à la figure 1 pour l'échelle des magnitudes (taille des symboles). (© OVPF- IPGP, BRGM, IFREMER, CNRS, BCSF-RéNaSS, IPGS / REVOSIMA).

Mayotte statistiques sismicité – M>3.5 – Seismic rate and swarms

© IPGP, 2020 + © ReVoSiMa, 2020



Instantaneous seismic rate (144.0/day samples) calculated on a moving, 24h fixed-size, time window

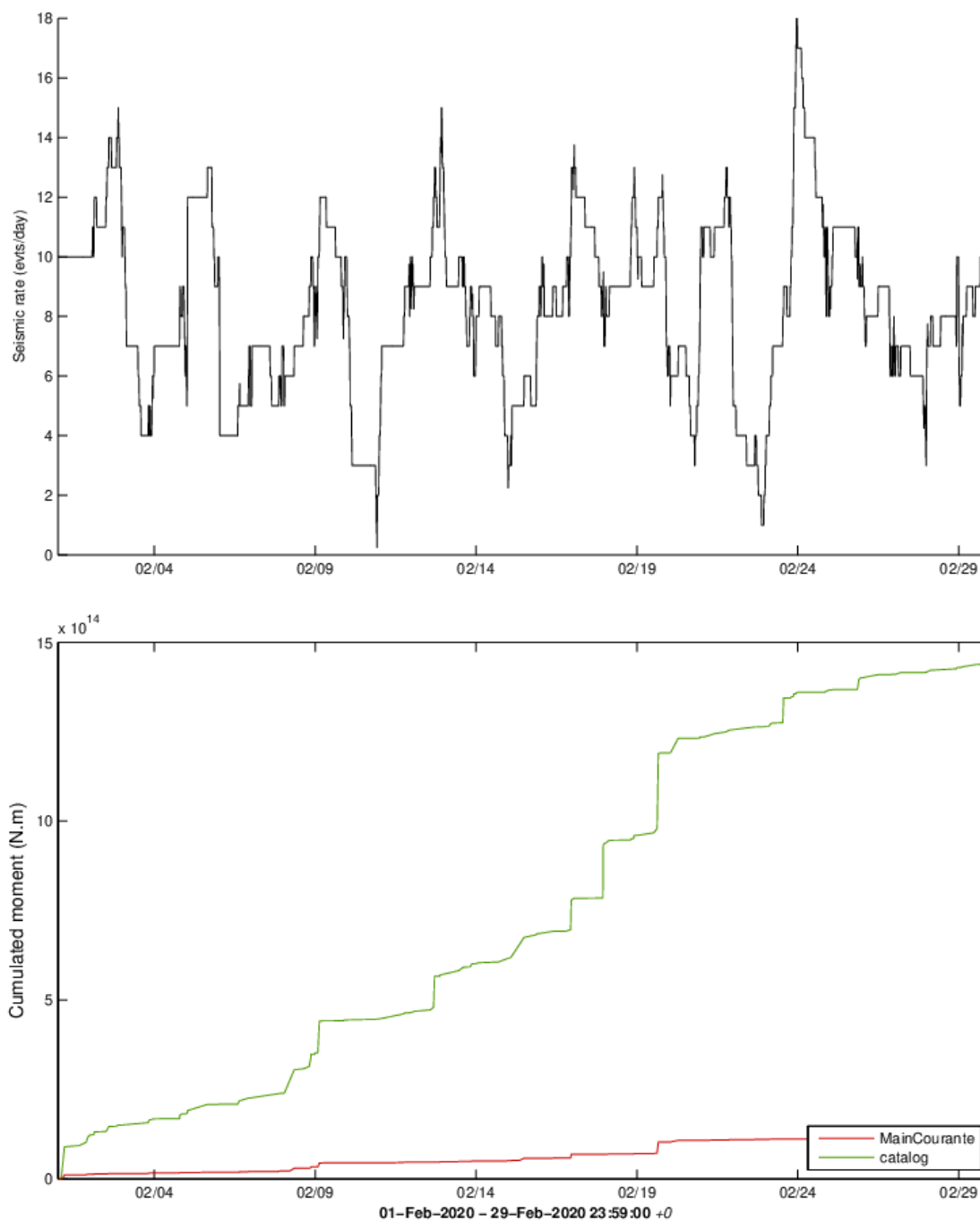
Last event: 03-Mar-2020 01:07:31 +0

PROC.MCSTATSMAYOTTE_BIGMAG / mc3mayotte_ - webobs@saba - 03-Mar-2020 07:18:26 +0 - mc3stats.m (2019-04-22) / WebObs project (Beauducel et al., 2001-2020)

Figure 3 : En haut : Evolution temporelle du taux instantané de la sismicité volcano-tectonique (VT ; M > 3,5) calculé sur une fenêtre de 24h glissante toutes les 10 minutes depuis le 10 mai 2018. En bas : Evolution temporelle du moment sismique cumulé, en N.m (représentant le cumul de l'énergie dissipée par l'ensemble des séismes) depuis le début de l'activité sismique en cours le 10 mai 2018. Sur la courbe verte, le moment sismique est calculé suivant la formule de Hanks et Kanamori (1978) à partir de la magnitude locale calculée pour les séismes localisés par le Renass. Sur la courbe rouge, le moment sismique est calculé suivant la formule de Dorel et Feuillard (1980) à partir de la magnitude de durée estimée à partir des saisies des opérateurs de l'astreinte REVOSIMA (© OVPF-IPGP et REVOSIMA).

Mayotte statistiques sismicité – M>0 – Seismic rate and swarms

© IPGP, 2020 + © ReVoSiMa, 2020



Instantaneous seismic rate (144.0/day samples) calculated on a moving, 24h fixed-size, time window

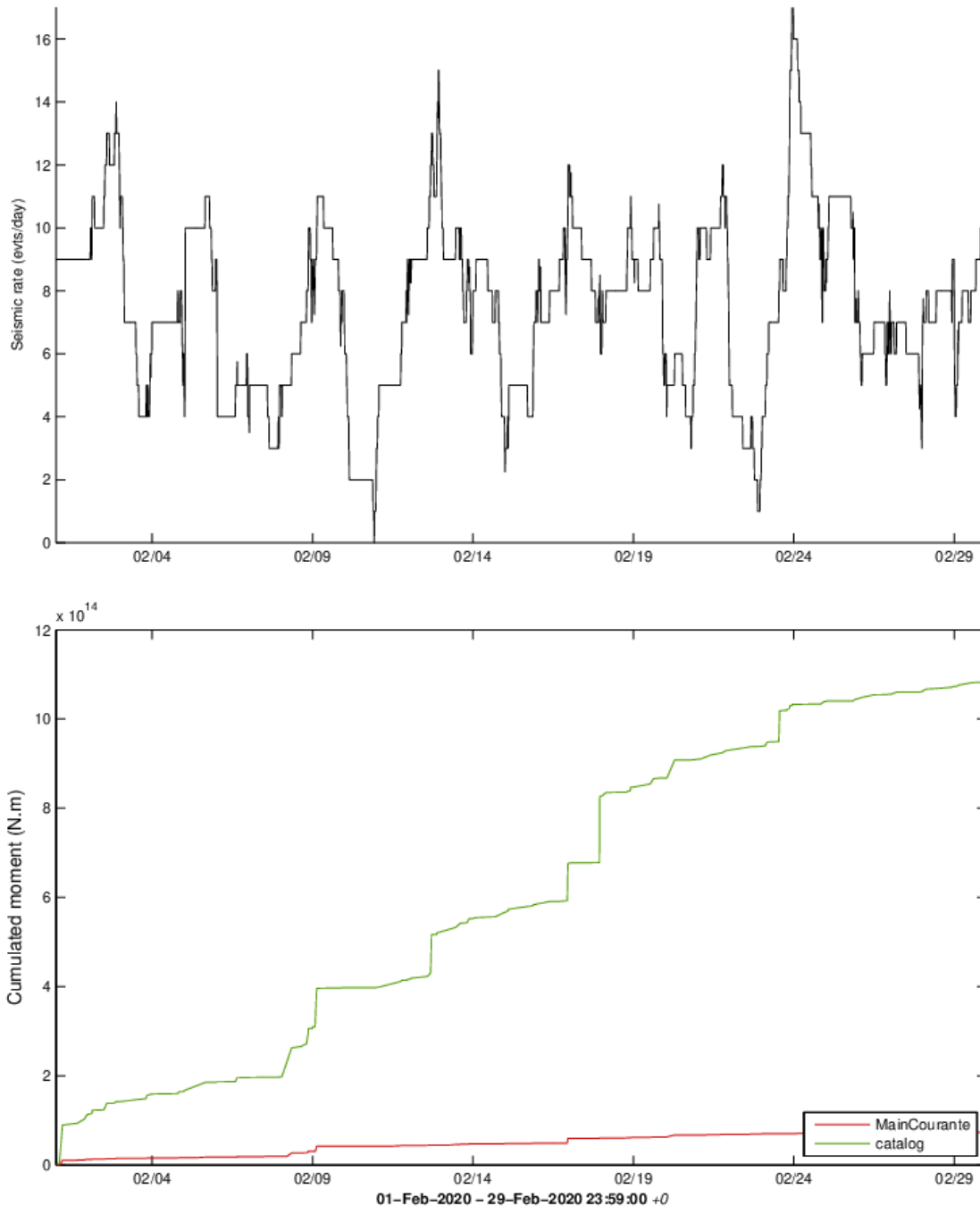
Last event: **29-Feb-2020 23:59:18 +0**

PROC.MCSTATSMAYOTTE / mc3mayotte_ - webobs@saba - 05-Mar-2020 04:16:42 +0 - mc3stats.m (2019-04-22) / WebObs project (Beauducel et al., 2001-2020)

Figure 4 : En haut : Evolution temporelle du taux instantané la sismicité volcano-tectonique (VT ; M > 0) calculé sur une fenêtre de 24h glissante toutes les 10 minutes au cours du mois de février 2020. Sur ce graphique ne sont pris en compte que les séismes localisés. En bas : Evolution temporelle du moment sismique cumulé, en N.m (représentant le cumul de l'énergie dissipée par l'ensemble des séismes) au cours des derniers 30 jours. Sur la courbe verte, le moment sismique est calculé suivant la formule de Hanks et Kanamori (1978) à partir de la magnitude locale calculée pour les séismes localisés par le Renass. Sur la courbe rouge, le moment sismique est calculé suivant la formule de Dorel et Feuillard (1980) à partir de la magnitude de durée estimée à partir des saisies des opérateurs de l'astreinte ReVoSiMa (© OVPF-IPGP et REVOSIMA).

Mayotte statistiques sismicité – essaim principal – Seismic rate and swarms

© IPGP, 2020 + © ReVoSiMa, 2020



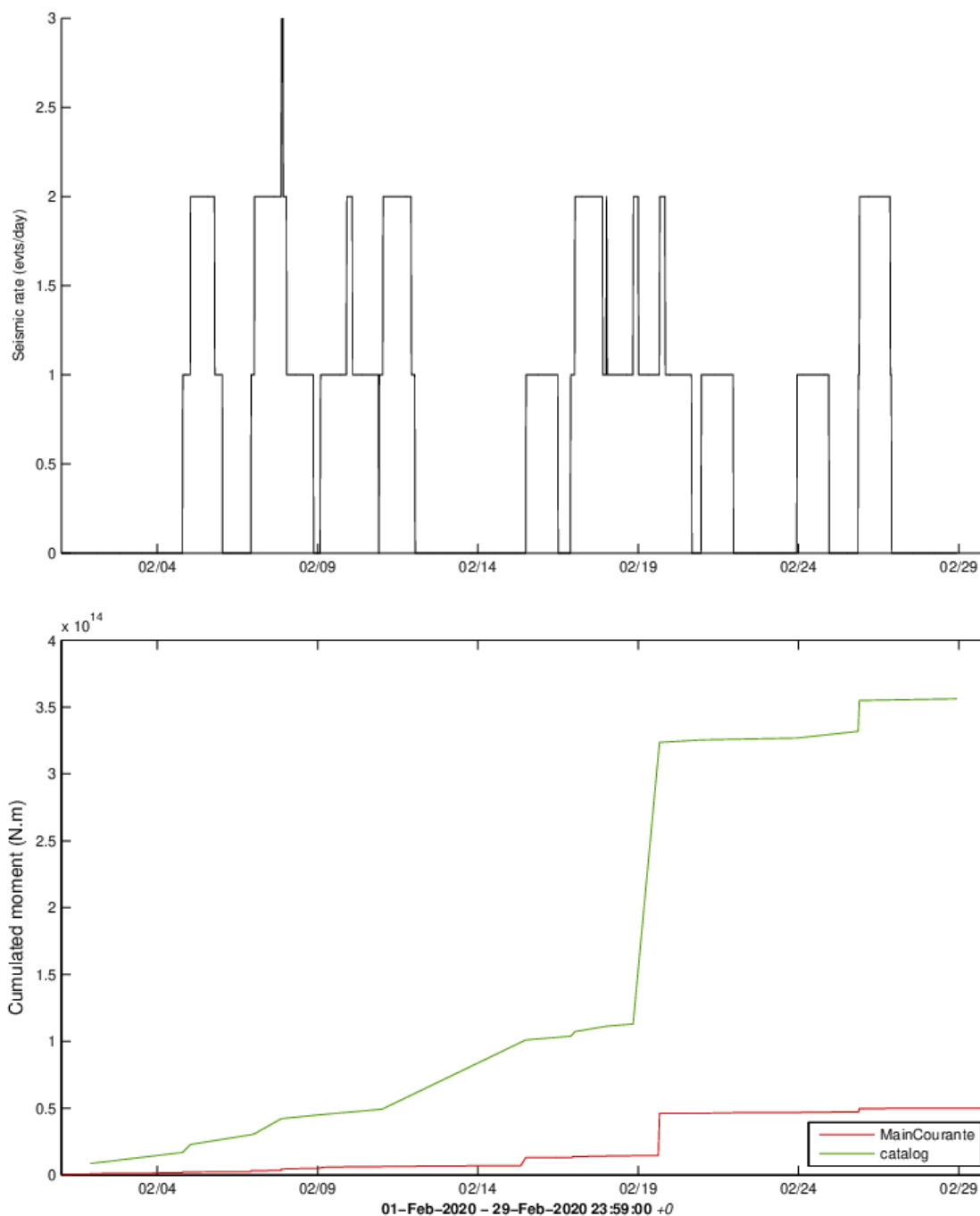
Instantaneous seismic rate (144.0/day samples) calculated on a moving, 24h fixed-size, time window
Last event: **29-Feb-2020 23:59:18 +0**

PROC.MCSTATSMAYOTTE_MAIN / mc3mayotte_ - webobs@saba - 05-Mar-2020 04:17:11 +0 - mc3stats.m (2019-04-22) / WebObs project (Beauducel et al., 2001-2020)

Figure 5 : En haut : Evolution temporelle du taux instantané la sismicité volcano-tectonique (VT ; $M > 0$) calculé sur une fenêtre de 24h glissante toutes les 10 minutes au cours du mois de février 2020 et pour la zone de l'essai principal uniquement. Sur ce graphique ne sont pris en compte que les séismes localisés. En bas : Evolution temporelle du moment sismique cumulé, en N.m (représentant le cumul de l'énergie dissipée par l'ensemble des séismes) au cours des 30 derniers jours et pour la zone de l'essai principal uniquement. Sur la courbe verte, le moment sismique est calculé suivant la formule de Hanks et Kanamori (1978) à partir de la magnitude locale calculée pour les séismes localisés par le Renass. Sur la courbe rouge, le moment sismique est calculé suivant la formule de Dorel et Feuillard (1980) à partir de la magnitude de durée estimée à partir des saisies des opérateurs de l'astreinte ReVoSiMa (© OVPF-IPGP et REVOSIMA).

Mayotte statistiques sismicité – essaim second volcan – Seismic rate and swarms

© IGP, 2020 + © ReVoSiMa, 2020



Instantaneous seismic rate (144.0/day samples) calculated on a moving, 24h fixed-size, time window

Last event: 29-Feb-2020 23:59:18 +0

PROC.MCSTATSMAYOTTE_SECONDARY / mc3mayotte_ - webobs@saba - 05-Mar-2020 04:17:50 +0 - mc3stats.m (2019-04-22) / WebObs project (Beauducel et al., 2001-2020)

Figure 6 : En haut : Evolution temporelle du taux instantané la sismicité volcano-tectonique (VT ; $M > 0$) calculé sur une fenêtre de 24h glissante toutes les 10 minutes au cours du mois de février 2020 et pour la zone de l'essai secondaire uniquement. Sur ce graphique ne sont pris en compte que les séismes localisés. En bas : Evolution temporelle du moment sismique cumulé, en N.m (représentant le cumul de l'énergie dissipée par l'ensemble des séismes) au cours des 30 derniers jours et pour la zone de l'essai principal uniquement. Sur la courbe verte, le moment sismique est calculé suivant la formule de Hanks et Kanamori (1978) à partir de la magnitude locale calculée pour les séismes localisés par le Renass. Sur la courbe rouge, le moment sismique est calculé suivant la formule de Dorel et Feuillard (1980) à partir de la magnitude de durée estimée à partir des saisies des opérateurs de l'astreinte ReVoSiMa (© OVPF-IGP et REVOSIMA).

Déformation

Sont considérés dans ce bulletin :

- les données des stations GPS du Centre National d'Etudes Spatiales (station MAYG), EXAGONE via le réseau TERIA (stations BDRL et GAMO) et de Precision Topo via le réseau Lel@ (station KAWE, PORO et MTSA) installées sur l'île de Mayotte, et distribuées par le RGP de l'Institut Géographique National (IGN),
- les nouvelles stations installées à Mayotte et à Grande Glorieuse dans le cadre du nouveau réseau de surveillance financé par l'Etat,
- la station DSUA (Madagascar) installée par le LACy (Université de La Réunion) dans le cadre du projet INTERREG-5 Océan Indien 2014-2020 « ReNovRisk Cyclones et Changement Climatique », financé par l'Europe, la Région Réunion et l'Etat.

Les mesures de déformation indiquent depuis le mois de juillet 2018 (*Lemoine et al., en révision ; Feuillet et al., en révision*) un déplacement d'ensemble de l'île vers l'est et un affaissement (**Figures 7 et 8**). En cumulé depuis le début de la crise ces déplacements horizontaux sont d'environ 20 à 22 cm vers l'est, et l'affaissement (subsidence) d'environ 9 à 17 cm suivant les sites (**Figure 8**). A noter que depuis les mois d'avril-mai 2019 un ralentissement des déplacements est observé.

Compte tenu des faibles déplacements actuels, les données peuvent être influencées par des effets de charges de surface induites par l'hydrologie et la dynamique atmosphérique à grande échelle. La modélisation des déformations horizontales et verticales sur la période 2002-2018, basée sur les données mensuelles issues de la mission gravimétrique GRACE (calcul IGN ; Chanard et al., 2018) montrent des fluctuations de l'ordre de 2 mm en horizontal et de l'ordre de 1 cm en vertical pic à pic sur des périodes de 12, 6 et 3 mois). Par conséquent, les fluctuations des déplacements actuels sur ces échelles de temps doivent donc être interprétées avec prudence.

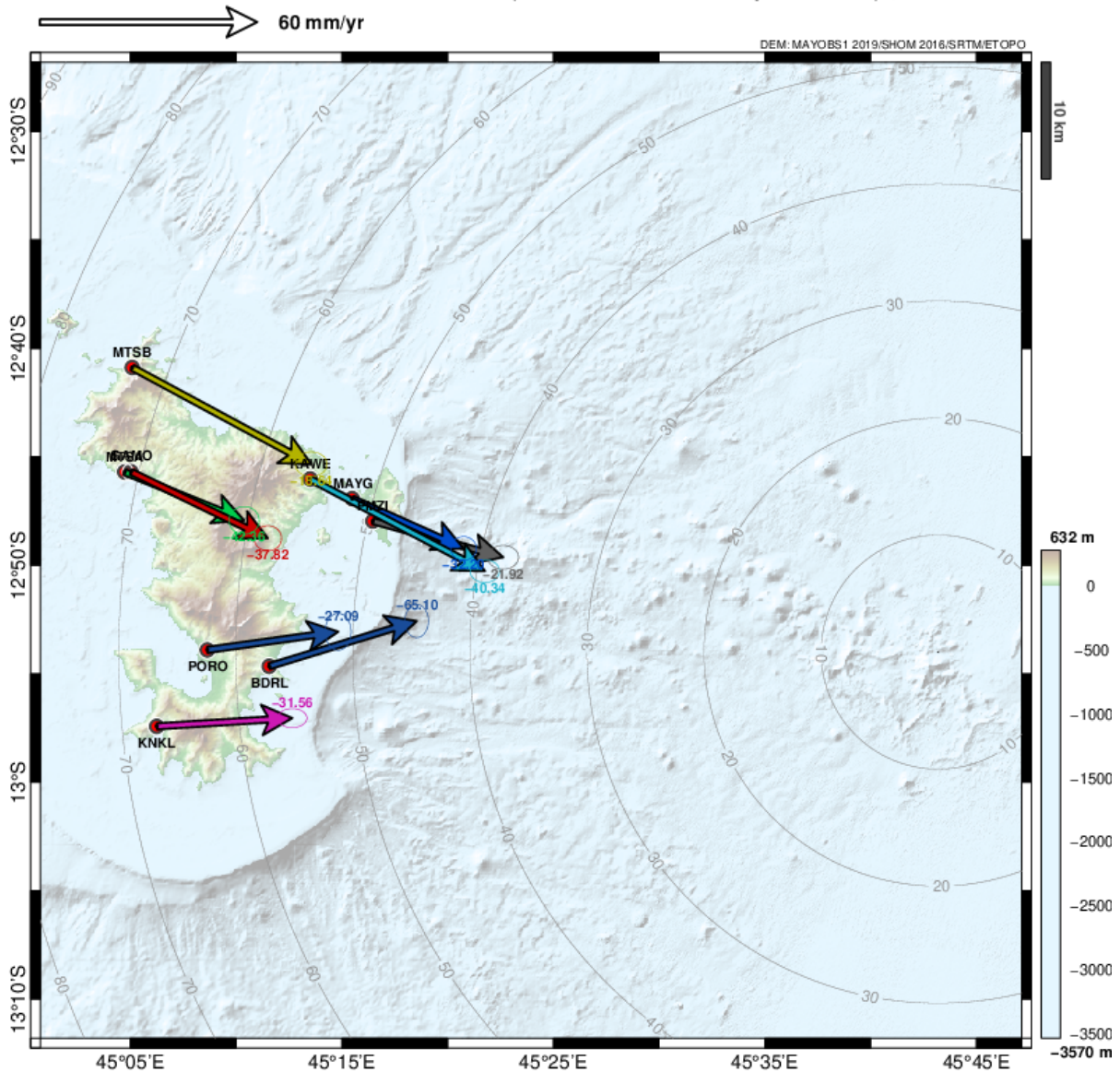
Des calculs automatiques et journaliers ont été mis en place à l'IPGP (via les logiciels GipsyX et Webobs ; *Beauducel et al., 2010 ; 2020*) afin de suivre ces déplacements, et modéliser une source de déformation en temps-réel (*Beauducel et al., 2014 ; 2020*). Les caractéristiques de la source (localisation, profondeur et variation de volume), ajustant au mieux les observations sur une période de temps considérée, sont modélisées par un point source de pression isotrope en profondeur (modèle simple à mettre en œuvre). Les couleurs correspondent à la probabilité d'existence de la source dans l'espace (vue de dessus et en profils ; **Figure 9**).

Ainsi, pour les trois derniers mois, le meilleur modèle simple (modèle à une source, milieu isotrope et élastique) pouvant rendre compte de ces déplacements serait une source en déflation localisée entre 62 et 84 km à l'est de Mayotte et à une profondeur comprise entre 54 et 67 km à 68,3% de probabilité (**Figure 9**). Sur les derniers trois mois les débits associés aux meilleurs modèles seraient compris entre -110 à +10 m³/s (**Figure 10**). Les estimations de localisation et de flux sur les derniers 15 jours doivent toutefois être interprétées avec prudence, car elles sont affectées par plusieurs perturbations (orbites non définitives, déformations d'origine hydrologique et/ou atmosphérique).

Des modèles plus complexes, en cours d'évaluation, suggèrent que plusieurs sources de pression (en déflation et en inflation), de géométrie et de volume variable, localisées à différentes profondeurs, pourraient également expliquer les déformations observées sur différentes périodes de temps. Néanmoins la source dominante reste une source en déflation. Quelques soient les modèles, ces déformations confirment que des transferts de fluides magmatiques se poursuivent toujours en profondeur, et qu'en l'état de l'art actuel, ces fluides semblent circuler entre 20 et 60 km de profondeur sans que l'on puisse élaborer de scénarios plus affinés sur l'évolution à terme de cette activité. Cependant, il n'est pas certain que ces transferts soient associés à une émission de lave sous-marine. Selon les dernières observations des campagnes océanographiques, l'émission de lave sous-marine à environ 50 km à l'est de Mayotte s'est poursuivie au moins jusqu'au 20 août 2019.

GNSS Mayotte GipsyX – Velocity vectors

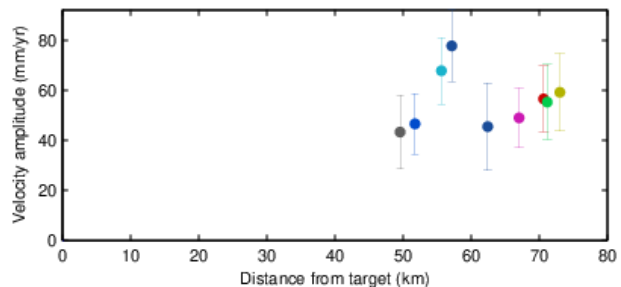
© ReVoSiMa/IPGP/RGP/IPGS/INSU/CNES/LACy/Univ. Réunion/Météo France/Exagone/Precision Topo, 2020



Referential: ITRF08
E +0 mm/yr
N +0 mm/yr
U +0 mm/yr

Mean velocity (ITRF08):
East = +59.89 mm/yr
North = +3.72 mm/yr
Up = -35.52 mm/yr

Velocity ref. vector (fixed):
East = +21.20 mm/yr
North = +14.40 mm/yr
Up = +0.00 mm/yr

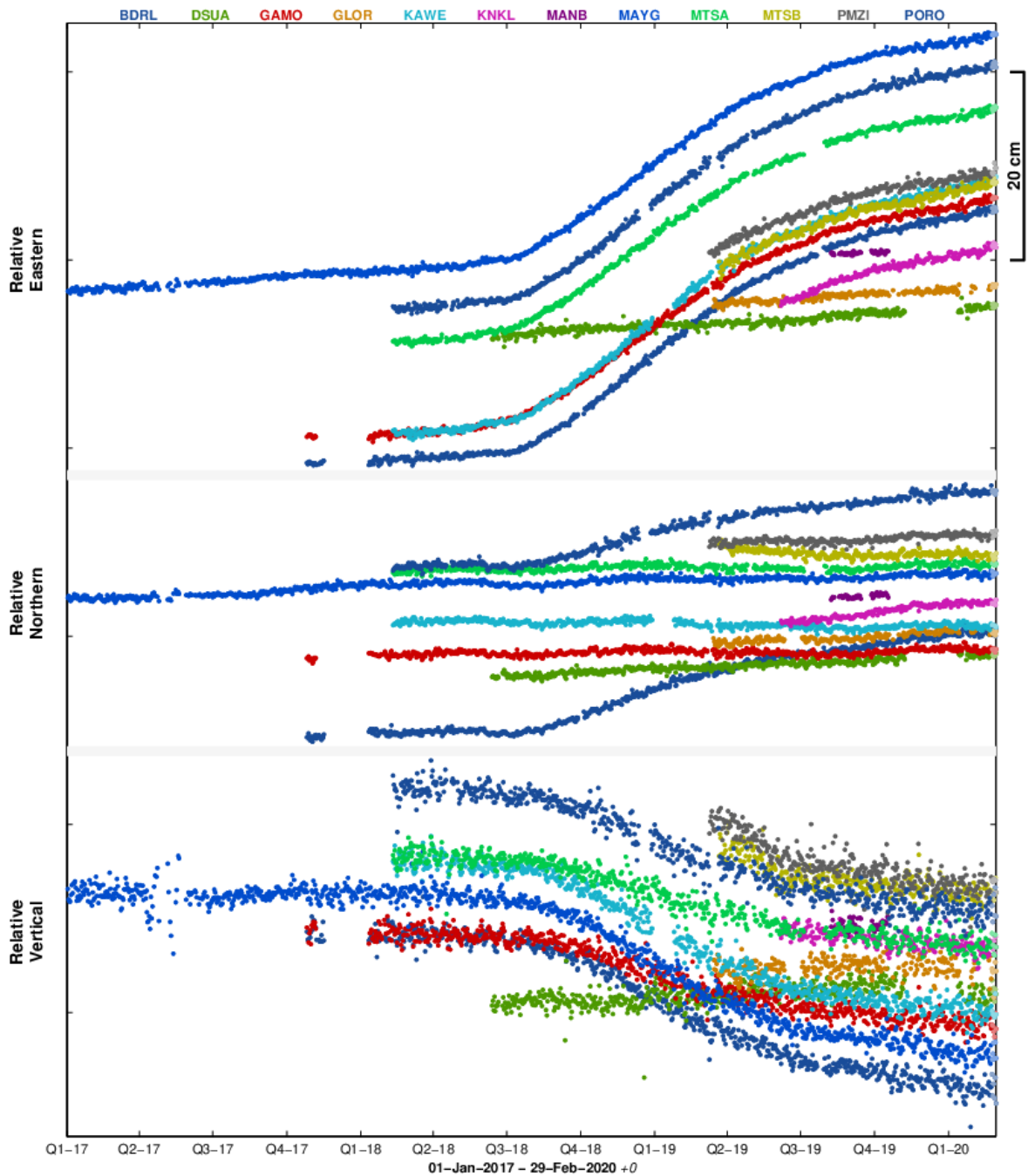


PROC.GIPSYMAYOTTE / VECTORS_ - webobs@saba - 03-Mar-2020 06:16:10 +0 - gnss.m (2020-01-07) / WebObs project (Beaudoucel et al., 2001-2020)

Figure 7 : Déplacements du sol enregistrés sur les stations GPS de Mayotte au cours des 3 derniers mois du 1-12-2019 au 29-02-2020. Les déplacements horizontaux sont représentés sous forme vectorielle et les déplacements verticaux sont indiqués par les valeurs chiffrées en couleur. Post-traitement de ces données réalisé par l'IPGP (©OVPF-IPGP / REVOSIMA).

GNSS Mayotte GipsyX – ITRF08

© ReVoSiMa/IPGP/RGP/IPGS/INSU/CNES/LACY/Univ. Réunion/Météo France/Exagone/Precision Topo, 2020



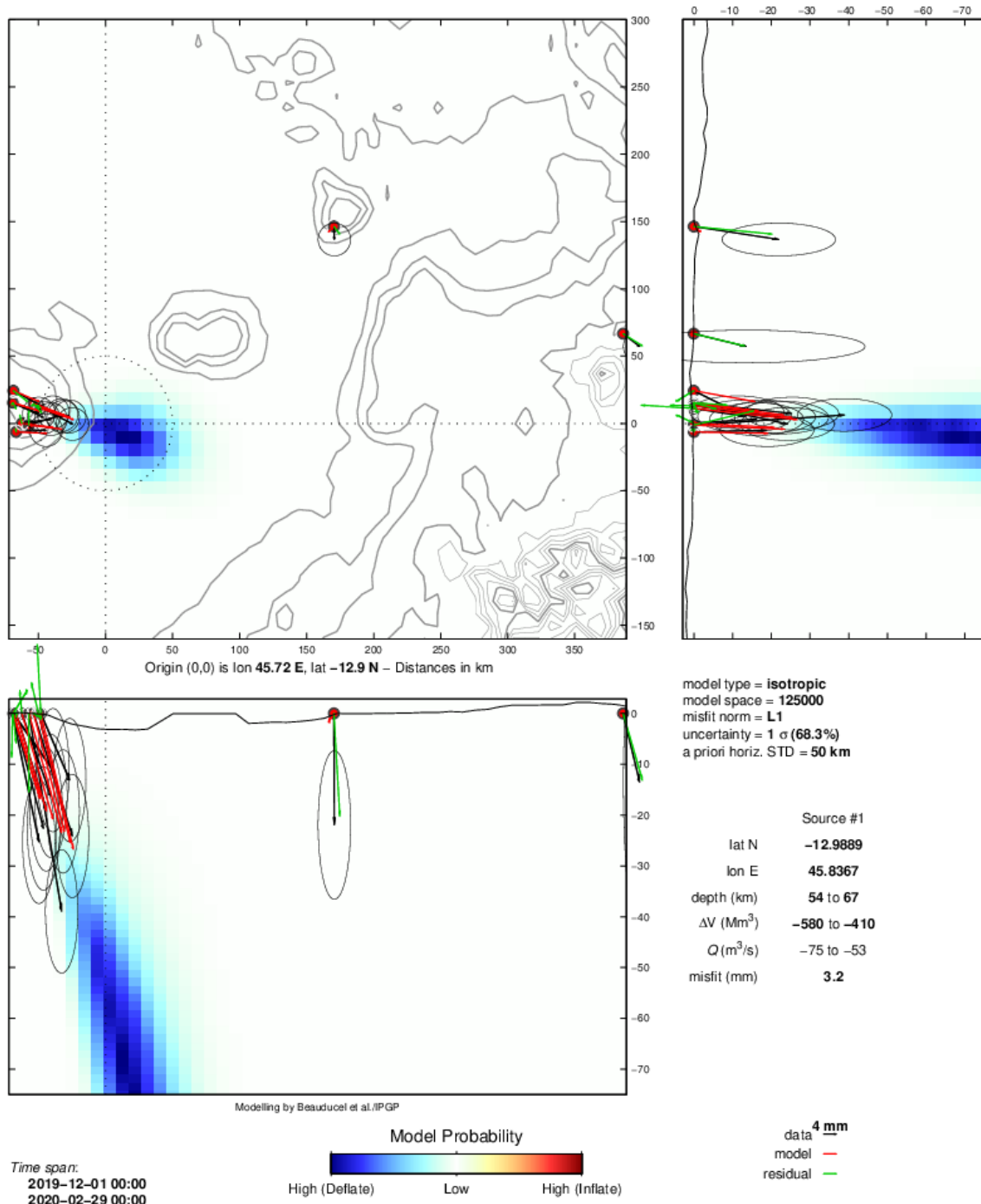
Referential: ITRF08
E +0 mm/yr
N +0 mm/yr
U +0 mm/yr

PROC.GIPSYXMAYOTTE / ... - webobs@saba - 03-Mar-2020 06:32:17 +0 - gnss.m (2020-01-07) / Web Obs project (Beauducel et al., 2001-2020)

Figure 8: Déplacements (en cm) enregistrés sur 9 stations GPS localisés à Mayotte (BDRL, GAMO, KAWK, KNKL, MAYG, MTSB, MTSB, PMZI, PORO), 1 station à Grande Glorieuse (GLOB) et 1 station au nord de Madagascar à Diego Suarez (DSUA) sur les composantes est (en haut), nord (au milieu) et vertical (en bas) entre le 1^{er} janvier 2017 et le 29 février 2020 pour visualiser une longue série temporelle anté-crise. Post-traitement de ces données réalisé par l’IPGP (©OVPF-IPGP / REVOSIMA).

GNSS Mayotte GipsyX – Source modelling

© ReVoSiMa/IPGP/RGP/IPGS/INSU/CNES/LACy/Univ. Réunion/Météo France/Exagone/Precision Topo, 2020



PROC.GIPSYXMAYOTTE / MODELLING - webobs@saba - 03-Mar-2020 06:16:10 +0 - gnss.m (2020-01-07) / WebObs project (Beauducel et al., 2001-2020)

Figure 9 : Localisation de la source modélisée (meilleur modèle issu d'une modélisation de type isotrope point source) potentiellement à l'origine des déplacements enregistrés, au cours de la période : 1 décembre 2019– 29 février 2020, sur les stations GPS de Mayotte, Grande Glorieuse et DSUA (Madagascar). Les vecteurs en noirs représentent les données observées, les vecteurs en rouge représentent les données modélisées, et les vecteurs en vert représentent les résidus du signal qui n'ont pas pu être modélisés. L'échelle de couleur donne la probabilité en % de la localisation d'une source en déflation (dégradé de couleurs froides, bleus) ou en inflation (dégradé de couleurs chaudes, jaune-rouge) en latitude-longitude et en profondeur selon une représentation cartographique et en coupes verticales orientées est-ouest et nord-sud. Le modèle permet d'estimer la variation de volume de la source, en millions de m³ (Mm³) et son incertitude, qui explique au mieux les signaux enregistrés. En faisant l'hypothèse que cette variation de volume traduit des transferts de magma dans la lithosphère, le modèle permet d'avoir une estimation préliminaire du flux en m³/s de magma associé à la déflation. Modélisations réalisées par F. Beauducel (IPGP/IRD) et OVFP-IPGP (©REVOSIMA).

GNSS Mayotte: Source best model timeline

© ReVoSiMa/IPGP/RGP/IPGS/INSU/CNES/LACy/Univ. Réunion/Météo France/Exagone/Precision Topo, 2020

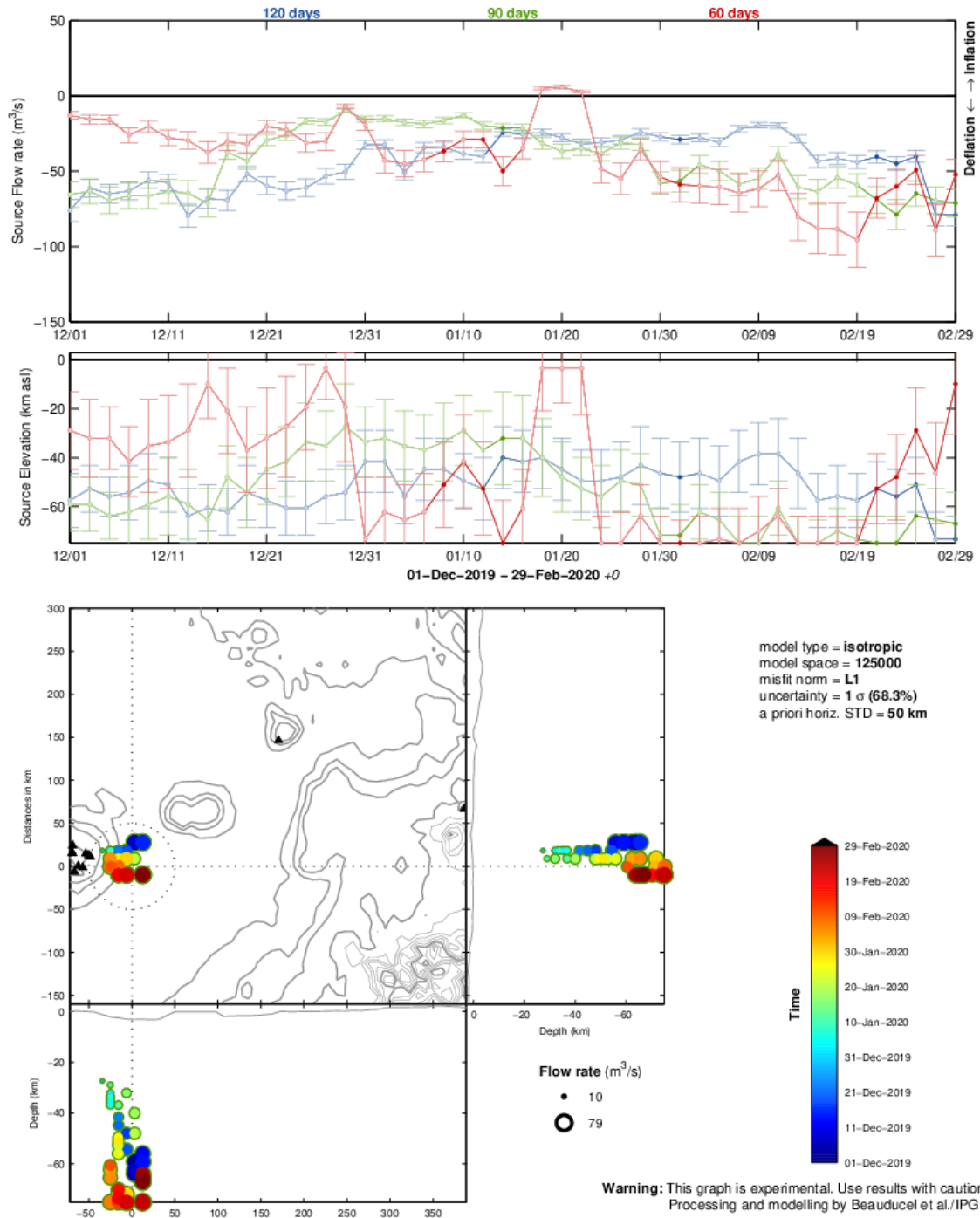


Figure 10 : Évolution spatio-temporelle du meilleur modèle de la source des déformations sur les trois derniers mois. Attention ce graphique ne prend pas en considération les incertitudes du modèle. Chaque point du graphe correspond au résultat d'une modélisation de la source prédominante calculée à partir des données GPS sur une période intégrée de 60 jours (rouge), 90 jours (vert) ou 120 jours (bleu). Le graphe supérieur indique le débit magmatique estimé (en mètres cube par seconde). Le graphe intermédiaire indique la profondeur de la source (en km sous le niveau de la mer). Les barres d'erreur indiquent l'écart de l'incertitude sur les paramètres à 68% de probabilité. Le graphe inférieur représente les projections horizontale (vue du dessus) et verticale (vues du sud et de l'est) des sources, la taille de chaque marqueur correspondant au débit magmatique ("Flow rate"), et la couleur à la date la plus récente des données utilisées pour chaque modèle (bleu foncé = 1 décembre 2019, rouge foncé = 29 février 2020). Ne sont représentés que les sources considérant une période intégrée de 90 jours. A noter que les positions de source et les valeurs de flux sur les derniers quinze jours sont à interpréter avec précaution car issues de calculs ne prenant pas en considération les orbites finales des satellites. Modélisations réalisées par F. Beauducel (IPGP/IRD) et OVPF-IPGP (©REVOSIMA).

Géochimie des fluides

- **A Terre :**

Une campagne de mesure des émissions de gaz par le sol et d'échantillonnage des fluides a eu lieu du 7 au 14 septembre 2019. Le secteur principal d'émissions de gaz riches en CO₂ est celui dit de « La plage de l'aéroport » au nord-est de l'aéroport et proche de l'usine de désalinisation. Ces points vont être rééchantillonnés régulièrement lors des prochaines missions pour un suivi régulier de leur évolution temporelle. Pour plus de détails, voir les bulletins N° 1 et N° 4 du REVOSIMA (www.ipgp.fr/revosima). Un site a été établi pour l'installation d'une station de mesure en continue du flux de CO₂ dans le sol sur le site de l'usine de désalinisation à Petite-Terre. Elle sera installée dès que possible.

Le CO₂ est un gaz incolore et inodore. Ces émissions pourraient avoir des flux conduisant à des concentrations élevées localement, en fonction du flux et des forçages météorologiques locaux (hygrométrie, température, vitesse et direction du vent) et de la topographie qui occasionne à terre l'accumulation du CO₂ et du Rn par exemple dans les points bas et les zones non ventilées.

- **En mer :**

Lors de la campagne Mayobs-4, des mesures in situ et des prélèvements d'eau de mer ont été effectués le long de la colonne d'eau afin de réaliser des analyses à bord et à terre par l'équipe du laboratoire Cycles Géochimiques et Ressources de l'Ifremer (cf compte rendu dans le bulletin n°9).

Phénoménologie

- **A Terre :**

Plusieurs campagnes de mesures, d'échantillonnages et d'observations ont été réalisées fin 2018 et en 2019 sur le terrain à Mayotte, à Grande-Terre et à Petite-Terre, dans le cadre des projets financés par l'AO de l'INSU Tellus Mayotte. Les résultats de ces missions sont en cours d'analyse. Ils permettront de mieux comprendre le contexte et la dynamique de la tectonique, ainsi que la mise en place et le dynamisme du volcanisme de Mayotte et leurs interactions. Ces données permettront de mieux analyser et suivre l'éruption en cours à Mayotte et son activité sismique en les intégrant dans leur contexte géologique. Ces connaissances sont fondamentales afin d'élaborer des scénarios plausibles d'évolution de cette éruption et de ces conséquences potentielles.

- **En mer :**

La dernière campagne océanographique, réalisée grâce au soutien du SHOM qui a déployé sur zone à titre gracieux le navire Beautemps-Beaupré du 20 au 21 août 2019, a permis d'acquérir de nouvelles données de sondeur multifaisceaux sur le site du volcan actif, sur la zone de l'essaim sismique actif proche de Petite-Terre ainsi que sur une bande entre ces deux zones. La comparaison de ces nouvelles données de bathymétrie et de réflectivité du fond avec celles de la campagne précédente (MD223-MAYOBS4 19-31 juillet 2019) a permis de mettre en évidence une nouvelle coulée au nord-ouest du volcan. Cette nouvelle coulée s'est mise en place entre le 31 juillet et le 20 août 2019 et atteint environ 100 m d'épaisseur dans sa partie proximale. Elle couvre une surface d'environ 3,25 km², pour un volume émis estimé de manière préliminaire à 0,08 km³. Ces valeurs seront affinées par la suite. Par ailleurs, aucun écho de panache éruptif n'a été observé au sommet du volcan.

En l'état actuel des connaissances, le nouveau site éruptif a produit au moins 5,1 km³ de lave depuis le début de son édification. Sur une période de 11 mois (de juillet 2018 - début des déformations de surface enregistrées à Mayotte - à juin 2019), le flux éruptif de lave est d'environ 150-200 m³/s. Depuis la découverte de l'édifice volcanique, trois nouveaux points de sortie distants ont été identifiés et ont produit : 1) au sud environ 0,2 km³ de lave en 28 jours (18 mai-17 juin 2019) pour un flux minimum moyen de l'ordre de 83 m³/s ; 2) à l'ouest environ 0,3 km³ de lave en 44 jours (entre le 17 juin et le 30 juillet 2019) pour un flux minimum moyen de 79 m³/s ; 3) au nord environ 0,08 km³ de lave en 20 jours (entre le 31 juillet et le 20 août 2019) pour un flux minimum moyen de l'ordre de 44 m³/s. Ces flux éruptifs restent élevés. Ces volumes et flux éruptifs, notamment au début de la crise, sont exceptionnels et sont, compte tenu des incertitudes, globalement les plus élevés observés sur un volcan effusif depuis

l'éruption du Laki (Islande) en 1783 dont le flux moyen éruptif avait été estimé à 694 m³/s sur 245 jours d'éruption (Thordarson et Self, 1993). Les flux éruptifs seront mis à jour en fonction des nouvelles données de campagnes et seront intégrés au modèle conceptuel de l'éruption et comparés aux flux de transfert de magma issus des modélisations du champ de déformation et aux autres données de surveillance.

Pour en savoir plus sur l'activité sismo-volcanique à Mayotte, retrouvez les dernières informations sur :

- Le site de l'IPGP dédié : <http://www.ipgp.fr/fr/decouverte-de-naissance-dun-nouveau-volcan-marin-a-lest-de-mayotte>
<http://www.ipgp.fr/fr/essai-simique-a-lest-de-mayotte-mai-juin-2018> Contacter le BRGM : <http://www.brgm.fr/content/contact>
- Direction Risques et Prévention / Unité Risques sismique et volcanique
Direction des Actions Territoriales / Direction régionale de Mayotte
Contacter le BRGM : <http://www.brgm.fr/content/contact>
- Le site du BRGM : http://www.brgm.fr/content/essai-seismes-mayotte-faq-scientifique?pk_campaign=twitter&pk_kwd=2018-06-seismes-mayotte-faq
- Le site de l'IFREMER : <https://wwz.ifremer.fr/Espace-Presse/Communiqués-de-presse/Seismes-a-Mayotte-conclusions-de-la-seconde-campagne-oceanographique>
- Le site de l'ENS : <http://volcano.iterre.fr/mayotte-seismo-volcanic-crisis>
- Le site du bureau central sismologique français (BCSF-RéNaSS) : <http://www.franceseisme.fr/>
- Le site du Réseau national de surveillance sismologique RENASS : <https://renass.unistra.fr/>
- Le site de GEOSCOPE : <http://geoscope.ipgp.fr/index.php/fr/actualites/actualite-des-seismes>
- Le site du NEIC / USGS : <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes>
- La page Mayotte dans le site du Global Volcanism Program, Smithsonian Institution, base de données mondiale du volcanisme : <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=233005>
- Le site de coordination des observations géodésiques à Mayotte maintenu par l'IGN : <http://mayotte.gnss.fr/>
- Le site de la préfecture de Mayotte : <http://www.mayotte.gouv.fr/>

Il est fondamental pour la prévention du risque sismique et la progression des connaissances scientifiques que toute personne souhaitant témoigner, qu'elle ait ou non ressenti un séisme, puisse déposer son témoignage sur le site BCSF-RENASS (Bureau Central Sismologique Français) à l'adresse : <http://www.franceseisme.fr/>

Retrouvez ce bulletin et toute l'actualité du REVOSIMA sur :

- Le site web : www.ipgp.fr/revosima
- La page facebook du REVOSIMA : <https://www.facebook.com/ReseauVolcanoSismoMayotte/>

Ce bulletin est produit par le consortium du REVOSIMA, financé par l'Etat :

IPGP et Université de Paris, BRGM, IFREMER, CNRS, BCSF-RéNaSS, IPGS et Université de Strasbourg, IGN, ENS, SHOM, TAAF, Météo France, CNES, Université Grenoble Alpes et ISTerre, Université Clermont Auvergne et OPGC, Université de La Réunion, Université Paul Sabatier, Toulouse et GET-OMP, Université de La Rochelle, IRD et collaborateurs. Les astreintes de surveillance renforcée du processus sismo-volcanique par le REVOSIMA ont été assurées pendant une phase provisoire depuis le 25 juillet sur la base de la mobilisation exceptionnelle de personnels scientifiques permanents disponibles, qui proviennent de laboratoires de l'INSU-CNRS et de leurs universités associées (BCSF-RENASS, CNRS, IPGS et Université de Strasbourg, Université Grenoble Alpes et ISTerre, Université Paul Sabatier, Toulouse et GET-OMP, Université Clermont Auvergne et OPGC, BRGM, IPGP et Université de Paris, Université de la Réunion), sous le pilotage de l'IPGP, de l'OVPF-IPGP, et du BRGM Mayotte, et sur la base d'un protocole et d'outils mis en place par l'IPGP, le BCSF-RENASS, l'OVPF-IPGP, et l'IFREMER.

Références citées dans le bulletin :

Audru et al. (2006), BATHYMAY : Underwater structure of Mayotte Island revealed by multibeam bathymetry / Bathymay : la structure sous-marine de Mayotte révélée par l'imagerie multifaisceaux. *Comptes Rendus Geosciences*. 338. 1240-1249. 10.1016/j.crte.2006.07.010

- Beauducel et al. (2010), *Recent advances in the Lesser Antilles observatories Part 2 : WebObs - an integrated web-based system for monitoring and networks management*, Paper presented at the European Geophysical Union General Assembly, Vienna, May 2010.
- Beauducel et al. (2014), *Real-time source deformation modeling through GNSS permanent stations at Merapi volcano (Indonesia)*, AGU Fall Meeting, December 2014, San Francisco, poster V412B-4800.
- Beauducel, F. Lafon, D., Béguin, X., Saurel, J.-M., Bosson, A., Mallarino, D., Boissier, P., Brunet, C., Lemarchand, A., Anténor-Habazac, C., Mercessian, A., Fahmi, A.A. (2020), *WebObs: The volcano observatories missing link between research and real-time monitoring*, *Front. Earth Sci.* | doi: 10.3389/feart.2020.00048
- Bertil et al. (2019), *MAYEQSwarm2019 : BRGM earthquake catalogue for the EarthquakeSwarm located East of Mayotte. 2018 May 10th - 2019 May 15th*, <https://doi.org/10.18144/rmg1-ts50>
- Briole et al., 2008 : note de synthèse <http://volcano.itterre.fr/mayotte-seismo-volcanic-crisis>
- Bulletin du BCSF de juillet 2018 : http://www.franceseisme.fr/donnees/Note_macro-BCSF-RENASS-Mayotte-13-07-2018.pdf
- Bulletins mensuels OVPF/IPGP : www.ipgp.fr/fr/dernieres-actualites/344
- Chanard, K., Fleitout, L., Calais, E., Reibischung, P., & Avouac, J.-P. (2018), *Toward a global horizontal and vertical elastic load deformation model derived from GRACE and GNSS station position timeseries*. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123, 3225–3237. <https://doi.org/10.1002/2017JB015245>
- Debeuf (2004), *Étude de l'évolution volcano-structurale et magmatique de Mayotte, Archipel des Comores, océan Indien : approches structurale, pétrographique, géochimique et géochronologique*. Thèse de doctorat soutenu à l'université de la Réunion
- Di Muro et al. (2019), *rapport interne OVPF/IPGP du 04-04-2019*
- Dorel, J., Feuillard, M. (1980), *Note sur la crise sismo-volcanique à la soufrière de La Guadeloupe 1975–1977*, *Bull. Volcano.*, 43(2), 419-430.
- Feuillet et al., *Birth of a large volcano offshore Mayotte through lithosphere-scale rifting, papier en révision*, *Nature*, Juin 2019
- Feuillet, N. (2019) *MAYOBS1* cruise, RV Marion Dufresne, <https://doi.org/10.17600/18001217>
- Hanks, T. C., Kanamori, H. (1979), *A moment magnitude scale*, *Journal of Geophysical Research*, 84, 5, 2348 - 2350, 9B0059, Doi :10.1029/JB084iB05p02348
- Lemoine et al., *The volcano-tectonic crisis of 2018 East of Mayotte, Comoros Island, papier soumis à Geophys. J. Int.*, Feb 2019
- Nehlig et al. (2013), *Notice de la carte géologique de Mayotte*, BRGM/RP-61803-FR, 135 p., 45 ill., 1 ann., 2013
- Pelleter et al. (2014), *Melilitite-bearing lavas in Mayotte (France) : An insight into the mantle source below the Comores*. *Lithos, Elsevier*, 2014, 208-209, 281-297
- Sanjuan et al. (2008), *Estimation du potentiel géothermique de Mayotte : Phase 2 ~ Etape 2. Investigations géologiques, géochimiques et géophysiques complémentaires et synthèse des résultats, rapport final*, BRGM/RP-56802-FR, 82 p., 18 fig., 3 tabl., 6 ann.
- Shom, 2016. *MNT Bathymétrie de façade de Mayotte (Projet Homonim)*. http://dx.doi.org/10.17183/MNT_MAY100m_HOMONIM_WGS84
- Sigmarsson et al. (2015), *EPSL*, doi : 10.1016/j.epsl.2015.06.054
- Thordarson, Th, Self, S. (1993), *The Laki (Skaftar Fires) and Grimsvötn eruptions in 1793-1795*. *Bull Volcanol*, 55 :233-263
- Traineau et al., (2006), *Etat des connaissances du potentiel géothermique de Mayotte*, BRGM/RP-54700-FR, 81 p., 31 ill., 2 ann.
- Zinke et al. (2003), *Postglacial flooding history of Mayotte Lagoon (Comoro Archipelago, southwest Indian Ocean)*. *Marine Geology*, 194(3–4), 181–196. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00705-3](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00705-3)
- Zinke et al. (2005), *Facies and faunal assemblage changes in response to the Holocene transgression in the Holocene transgression in the Lagoon of Mayotte (Comoro Archipelago, SW Indian Ocean)*. *Facies* 50:391–408 DOI 10.1007/s10347-004-0040-7

Le comité du REVOSIMA,
le 5 mars 2020.