

**RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA TERRE
GEOLOGIE-GEOPHYSIQUE**

N° 21

1990

**Rapport de fin de mission sur les volcans
Yasur (Tanna) et Marum (Ambrym) Vanuatu,
du 5 au 18 septembre 1990**

**Michel LARDY
Bernard MARTY**

Document de travail

**INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION**

ORSTOM

CENTRE DE NOUMÉA

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA TERRE
GEOLOGIE-GEOPHYSIQUE

N° 21

1990

**Rapport de fin de mission sur les volcans
Yasur (Tanna) et Marum (Ambrym) Vanuatu,
du 5 au 18 septembre 1990**

*** Michel LARDY**
**** Bernard MARTY**

*** ORSTOM, B.P. A5 Nouméa Cédex Nouvelle-Calédonie**
**** CNRS U.A 736/Labo MAGIE, Université Paris 6, 4 place Jussieu**
75352 Paris Cédex 05 France

ORSTOM

**INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION**

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1990

Lardy, M.

Marty, B.

Rapport de fin de mission sur les volcans Yasur (Tanna) et Marum (Ambrym) Vanuatu,
du 5 au 18 septembre 1990

Nouméa : ORSTOM, Novembre 1990, 18 p.

Rapp. Missions : Sci. Terre : géol. géophys. ; 21

GEOPHYSIQUE; VOLCANOLOGIE; VOLCANISME; MESURE IN SITU; GEOCHIMIE / VANUATU;
YASUR VOLCAN; MARUM VOLCAN; TANNA ILE; AMBRYM ILE

Imprimé par le Centre ORSTOM
de Nouméa
Novembre 1990



1 - Introduction.

Du 5 au 18 Septembre 1990, une mission ORSTOM-Nouméa (M. Lardy), CNRS Paris (B. Marty), avec le support de l'ORSTOM Port-Vila (C. Reichenfeld, F. Bondoux et J.C. Willy) a été effectuée sur les volcans actifs de Tanna (Yasur) et Ambrym (Marum). Elle avait pour objet d'établir l'état d'activité des édifices et de procéder à une exploration géochimique et géophysique des régions concernées.

La partie géochimique (BM) a principalement consisté en l'échantillonnage de traceurs naturels sélectionnés dans les panaches émis par les cratères - ^{210}Po et SO_2 - et de fluides - eaux et gaz - en relation avec le volcanisme. Les émanations gazeuses diffuses dans l'édifice du Yasur ont également été investiguées par la mesure des concentrations de CO_2 dans le sol. Certaines déterminations ont été effectuées sur place, des analyses ultérieures (composition gazeuse, comptage Po, analyses isotopiques du carbone et de l'hélium) seront effectuées à Paris.

La partie géophysique (ML) a consisté à déployer et tester un système léger d'écoute sismique, comportant à l'occasion 2 stations télémétrées. L'activité sismique sur les deux édifices a ainsi pu être enregistrée près des édifices (dans un rayon de 500 m des bouches éruptives) et à distance (jusqu'à 4 km). Des enregistrements audio, photo (ML) et vidéo 8mm (BM) ont également été effectués. De plus, une série de mesures à l'aide de capteurs de pression (détection de l'onde de choc des explosions) a été expérimentée.

Enfin, la localisation de sites favorables à la mise en place d'un système de télésurveillance par balise ARGOS permettant à la fois des mesures météorologiques, géophysiques et géochimiques a été examinée.

2 - Tanna.

2-1 Activité.

Sur Tanna, des différences notables par rapport à l'activité de Sept. 88 (mission néo-zélandaise, Nairn et al., 1988) et de Sept. 89 (Lardy et Willy, 1989) ont été notées même si la configuration générale du cratère est restée inchangée. Les trois sous-cratères principaux A, B, et C sont toujours présents, avec des activités différentes. Il semble que l'activité se soit encore enfoncée par rapport à 1988. La profondeur totale sous le sommet, estimée par une méthode simple de calibration optique, apparaît supérieure à 350 m, ce qui placerait l'activité actuelle sensiblement au niveau de la mer ou en dessous.

Un nouveau lac de lave est présent dans le cratère A. Sa longueur a été estimée à 20-25 m. Son activité, très visible, est caractérisée par une forte agitation et un mouvement N-S de la lave, ce qui, pour des raisons de conservation de masse, suggère qu'il s'agit là d'une convection du haut de la colonne magmatique, vraisemblablement engendrée par des remontées intermittentes de gaz. Cette activité a plusieurs fois été en relation avec les explosions d'autres bouches, notamment celle Sud du cratère B. L'une des principales causes de l'activité générale du Yasur semble ainsi être la remontée de trains de bulles de gaz depuis le réservoir (chambre ?) magmatique. La géométrie superficielle, notamment la présence de poches pour les gaz et celle d'obstacles sous forme de blocs et de cendres, introduirait dans ce cas les variations de régime observées d'un événement à l'autre. Le cratère A contient deux autres bouches, cachées du point d'observation (arête Est), qui faisaient des explosions dirigées de cendres et de blocs incandescents avec de fortes détonations. Par rapport à 1989, les événements du cratère A sont maintenant caractérisés par des expulsions de gaz chargés de cendres.

Le cratère B comporte également un lac de lave qui est caché par une arête et dont on ne distingue que les projections supérieures et le rougeoiement la nuit. Au moins trois bouches ont été identifiées, avec des fréquences d'explosions variant de 5 minutes à 1 heure. Le cratère C est apparemment inactif, mais occasionnellement dégage des volutes importantes de cendres ou de gaz, suite à des explosions dans le cratère B adjacent.

L'activité magmatique apparaît cependant plus modérée que lors du passage de l'équipe néo-zélandaise car nous n'avons pas observé d'ondes de

choc visuelles ni d' ejectas dépassant le bord du cratère comme en 1988. Cette différence peut cependant être également due à l'enfoncement de l'activité.

2-2 Panache.

Suite aux dégâts enregistrés sur la végétation en 1987-1988, une attention spéciale a été donnée au panache volcanique. Des concentrations de SO_2 variant de 5 à 10 ppm ont été mesurées dans le panache (figures 2 et 3), de 1 ppm sous le panache dans la plaine de cendres et de 0.5 ppm à 3 km du volcan dans la forêt endommagée sur la route de Sulfur Bay. Ces mesures ont été faites un jour de beau temps et il est probable que des concentrations plus élevées puissent se produire ponctuellement à la faveur d'une météo plus turbulente.

Le flux de SO_2 a été estimé à 1200 ± 600 tonnes/jour d'après les mesures de concentration dans le panache et l'estimation optique de son volume. Cette estimation est supérieure à celle généralement enregistrée pour d'autres volcans d'arc (100 - 600 t/j). Ce dernier point s'explique aisément en considérant l'activité magmatique intense du Yasur. Le flux du Yasur est notamment comparable à celui du Stromboli (P. Allard, communication personnelle), volcan présentant une activité magmatique similaire. Il est cependant urgent de procéder à des mesures plus quantitatives du panache par spectrométrie de corrélation infra-rouge (COSPEC). Seule cette méthode permettra le suivi des émissions gazeuses et de leur impact sur l'environnement. Dans l'optique d'un suivi de l'activité, il sera nécessaire de disposer à l'avenir d'un tel instrument de façon permanente pour l'arc du Vanuatu. Son acquisition doit être considérée comme de première priorité.

Concernant l'origine des dégâts 1987-88, il semble que le taux de conversion $\text{SO}_2 - \text{H}_2\text{SO}_4$ (acide sulfurique) et le lessivage de HCl dans le panache soient le facteur principal gouvernant les retombées acides, comme l'a suggéré l'équipe néo-zélandaise. Ce taux est largement catalysé par l'hygrométrie et la présence de particules, deux facteurs ayant vraisemblablement été augmentés lors des passages des cyclones UMA et BOLA en 87-88. L'activité magmatique d'autre part paraît avoir été plus ou

moins du même ordre de grandeur durant les 4 dernières années, engendrant un panache pouvant être considéré comme constant en regard des variations climatiques. Il est ainsi difficile de proposer une solution technique visant à remédier aux retombées acides. L'observation régulière du volume du panache, des concentrations de gaz acides et de la météorologie locale reste la première étape à mettre en oeuvre.

2-3 Dégazage diffus.

Une étude préliminaire du dégazage de CO_2 autour du volcan (figure 2) montre des fuites gazeuses diffuses selon un axe SSE - NNW, peu différent de celui de l'alignement des bouches dans le cratère. Il est possible qu'une telle direction corresponde à une zone fissurale de l'édifice. Cette zone se prolonge au Nord par un glissement du flanc du volcan, qui pourrait également résulter d'une faiblesse selon cette direction. De telles zones devront être considérées pour l'établissement de sondages thermiques, sismiques et gazeux en continu comme paramètre de surveillance. La brièveté de la mission n'a pas permis une couverture systématique, qui devra être effectuée lors d'une prochaine campagne (CO_2 , radon, hélium...).

2-4 Ecoute sismique.

Des enregistrements ont été réalisés sur 6 sites différents, 3 autour du cratère (500, 800 et 1000 m) et les 3 autres entre 2 et 4 km (figure 3). Les matériels utilisés sont identiques (géophone 4.5 Hz) et les gains des amplis ont été réglés au maximum ($A = 50\ 000$). Les explosions et mouvements des lacs de lave sont facilement identifiables sur les enregistrements graphiques. On devrait pouvoir ainsi établir une relation entre cette activité et les dégazages observés. L'allure du bruit sismologique est modifié sur les stations éloignées du cratère. Des enregistrements simultanés ont été réalisés sur bande magnétique pour les sites 1, 2 et 3; sur le site 4 un enregistrement magnétique analogique sur une piste a été réalisé (un exemple est donné en figure 4).

2-5 Station de surveillance.

Un site sur la partie NE pourrait être retenu pour l'écoute car il présente une bonne assise rocheuse et n'est pas situé sous le panache. Pour les températures ou les gaz, la partie SE paraît plus favorable (cf. 2-3). En fait, aucun site ne présente tous les avantages : accès, implantation des capteurs, transmission... L'option de centraliser l'ensemble des mesures dans une zone à quelques km du cratère est envisageable, les données des capteurs seraient alors télémétrées (entre 1 h et 4 h de fréquence d'échantillonnage) vers la station centrale.

2-6 Lac Siwi.

La baisse du niveau du lac est très importante (la surface du lac est réduite des 2/3 environ par rapport à celle de 1989). L'évaporation, complétée d'une carence en alimentation (pluviométrie réduite) pourrait expliquer l'assèchement partiel de ce lac de retenue. D'après M. Danloux (hydrologue Orstom, Noumea), une baisse de 1 à 2 m/an résultant de la simple évaporation est tout à fait possible. Ce lac étant peu profond (2 à 3 m dans sa partie centrale), l'évaporation avec, éventuellement un peu d'infiltration (de fond et transversale) pourrait expliquer son assèchement partiel.

3- Ambrym.

L'approche du Marum sur Ambrym a été possible grâce à une fenêtre de beau temps faisant suite à deux semaines de mauvais temps. La mission sur ce volcan a été très brève (une journée), elle a cependant permis les observations suivantes.

Un récent (?) cratère de 100m X 70 m environ et profond de 35 m (figure 5), situé au sud du M'Buelesu près des départs de coulées 1988, a été exploré. Il comporte une zone de dégazage intense et une descente a permis l'échantillonnage de deux ampoules de gaz. Une température de

625°C a été mesurée et il est vraisemblable qu'il s'agit là d'une limite inférieure, les conditions difficiles (relief, concentration des gaz, température) n'ayant pas permis une exploration poussée. Ce cratère a été baptisé, en concertation avec les guides et porteurs de Lalinda, Niri (M'Buelesu) Taten (le Fils Cadet du Cochon Sauvage, par référence au M'Buelesu, le Cochon Sauvage).

Le cratère adjacent au M'Buelesu, référencé par Monzier et Douglas (1989) comme le Sud M'Buelesu, a été baptisé Niri (M'Buelesu) Tamo (Fils Ainé). Ce cratère dégageait le matin d'épaisses volutes de cendres de plusieurs centaines de m de hauteur (figure 6). Lors d'une accalmie, il a pu être approché par son arête Nord. Une bouche située à env. 200m de profondeur dégageait en silence d'épais panaches de cendre parsemés de blocs. Les abords de ce cratère sont parsemés de blocs décimétriques à métriques, provenant vraisemblablement du débouillage du conduit, jusqu'à plusieurs centaines de m. En particulier, un bloc récent de 2m de diamètre est situé près du cratère Niri Taten, à 1/2 km de la lèvre de Niri Tamo. L'approche de ce cratère doit donc faire l'objet de précautions, notamment par l'observation préalable de son activité à distance.

Le M'Buelesu, lui aussi très actif le matin, a ensuite été approché. Le cratère semble s'être étendu vers le NE par comparaison avec la carte de 1989 (Monzier et Douglas, 1989), traduisant vraisemblablement la migration de l'activité à partir du Marum selon cette direction. Il ne contenait pas de lac de lave comme l'avaient reporté Monzier et Douglas en 1989, mais une bouche violemment active dégageant de façon continue (bruit de réacteur) un mélange de cendres, de gaz, de blocs de laves et de fragments pulvérisés. Les projections dépassaient fréquemment le bord du cratère et le panache s'élevait verticalement à une vitesse de l'ordre de 30m/s. L'observation a été brève et l'analyse des images vidéo permettra peut être l'estimation des dimensions du cratère.

Le Benbow paraissait calme lors de cette visite. Il dégazait cependant un panache important, de couleur bleutée (SO₂) traduisant la présence de gaz à haute température.

4 sites d'enregistrement sismologique, de distances variant de 500 m à 4

km du M'Buelesu ont été couverts, plus un site à mi-pente et un autre au départ de la piste. L'amplitude du signal au sommet et dans la caldera était beaucoup plus importante qu'à Tanna (au moins un ordre de grandeur). Le dépouillement des données enregistrées sera entrepris dans les semaines à venir.

4- Conclusions.

Cette brève mission a permis de constater que l'activité du Yasur est comparable à celle enregistrée dans les années écoulées (1986-89), avec peut-être une légère baisse (retrait de la colonne magmatique). Des modifications notables sont toutefois intervenues dans le cratère, la plus importante étant l'apparition d'un lac de lave dans le sous-cratère A.

Les dégâts enregistrés en 1987-88 sont vraisemblablement dus à une mauvaise conjonction météorologique qui a favorisé la condensation du panache en retombées acides. Une évaluation plus poussée des mécanismes en jeu et, de là, le suivi des facteurs clef nécessite le déploiement cyclique de techniques analytiques du flux gazeux à distance (COSPEC), un suivi météo permanent dans la région, complété par des mesures géophysiques (sismologie locale et régionale, mesure de flux de chaleur).

Une campagne de sismologie d'une quinzaine de jours disposant d'un réseau téléométré de 3 stations à 3 composantes devra permettre, outre une comparaison des signaux avec ceux du Stromboli (J. Dorel), de déterminer le processus d'alimentation du Yasur. Une campagne de gaz dans les sols permettra une meilleure définition des fuites gazeuses (et thermiques) de l'édifice.

Divers sites d'implantation de balise fixe sont possibles, une solution intéressante consisterait à établir plusieurs points de sondage selon les spécificités des sondes et à centraliser les données par téléométrie, avant leur transmission par balise ARGOS.

L'activité dans la caldera d'Ambrym apparait forte, ce qui en fait une cible de choix pour un suivi volcanologique. Toutes les conditions ne sont cependant pas favorables (accessibilité, climat) et il faudrait envisager la possibilité d'un support hélicoptéré.

Enfin, l'étude géologique entreprise au cours d'une longue mission parallèle sur l'ensemble de l'île d'Ambrym (J.P. Eissen, M. Monzier, C. Picard et C. Robin) et une mission ponctuelle sur Tanna (Eissen et Robin) devraient permettre de reconstituer l'histoire éruptive des édifices et de préciser à terme la zonation des risques liés au volcanisme.

Références.

M. Lardy et J.C. Willy (1989). Mission à Vanuatu sur le Yasur Ile de Tanna les 6 et 7 Septembre 1989. Rapport ORSTOM n°11, Centre de Nouméa, 26p.

M. Monzier et C. Douglas (1989). Rapport de mission à Ambrym (Vanuatu) du 26 au 30 Septembre 1989. Rapport ORSTOM n°10, Centre de Nouméa, 26 p.

I.A. Nairn, B.J. Scott et W.F. Giggenbach (1988). Yasur volcano investigations, Vanuatu, Sept. 1988. NZ Geol. Surv. Rep. G 134, 74 p.

Annexe 1 : Déroulement de la mission.

Jeu 6/09 : Noumea-Port Vila. Arrivée tard le soir.

Ven 7/09 : Départ ML JC Willy pour Tanna. Contact avec M. Singh. Pb guide résolu. Pb immigration pour BM résolu.

Sam 8/09 : Arrivée BM. Transfert Enakel-Kitov . Montée au Yasur (voiture M. Singh). Reconnaissance activité. Mesure des températures dans les quelques vapeurs autour du parking (75-80°C). Gaz dans les sols sur la zone E du cône. Reconnaissance des sites d'implantation des stations sismiques. Nuit à Enakel (Tanna Beach Resort).

Dim 9/09 : Prélèvements Po et SO₂ sur filtre, arête du cratère sous le vent. Analyse des concentrations de SO₂ in situ (colorimétrie). Filtration au pied du cône dans la plaine sous le panache. Implantation sismo et premiers essais d'écoute. Nuit à Kitov (Gîte de David You).

Lun 10/09 : Compléments de prélèvements dans le panache. Implantation de deux stations sismo téléométrées. Enregistrements et commentaires simultanés depuis le cratère par walkie talkie. (identification bruit-source). Nuit à Kitov.

Mar 11/09 : Approche (boueuse) du lac. Echantillonnage de l'eau. Essais capteur de pression submersible. Stations sismologiques 3 et 4. Echantillonnage d' eaux thermales à Port Resolution (plage et falaise). Nuit à Kitov.

Mer 12/09 : Mesures SO₂ dans la forêt. Site sismologique 5. Echantillonnage de fumerolles à Port Resolution. Echantillonnage d'eaux thermales à Sulfur Bay. Enregistrement simultané multi-stations sismologiques à distances variables. Compléments de gaz dans les sols. Rangement du matériel. Nuit à Enakel.

Jeu 13/09 : Transfert Tanna - Port Vila. Reconditionnement matériel.

Ven 14/09: Préparation de la mission Ambrym. Echantillonnage de gaz chaud sur Efate (près de Takara Beach).

Sam 15/09 : Transfert Port Vila - Ambrym. Contact avec l'équipe de géologues. Transfert à Lalinda. Recrutement des porteurs. Montée à la caldera sous un temps évoluant vers le beau. Montage du camp.

Dim 16/09 : Approche Marum. Beau temps. Reconnaissance du cratère Niri Taten. Descente dans le cratère, mesures de température et échantillonnage de gaz. Filtration du panache émis. Enregistrement sismique. Approche des cratères Niri Tamo et M'Buelesu. Retour camp (filtration et écoute sismique lors du retour).

Lun 17/09 : Retour à Lalinda. 2 stations sismologiques. Prélèvement blanc sur filtres. Transfert Ambrym - Port Vila. Conditionnement matériel.

Mar 18/09 : Transfert Port Vila - Noumea.

Annexe 2 : Liste des échantillons.

A - Panache.

A-1: Tanna.

- TA1 : Po, SO₂ sur filtres, sommet du volcan, 15 min. SO₂ (color.) = 5 ppm.
TA2 : Po, SO₂ sur filtres, arête nord, 15min. SO₂ = 5 ppm.
TA3 : Po, SO₂ sur filtres, parking, 15 min (blanc). SO₂ = 0 ppm.
TA4 : Po, SO₂ sur filtres, arête NE, 15 min, SO₂ = 6, 9, 10, 10 ppm.
TA5 : Po, SO₂ sur filtres, pied N du cône, 30 min, SO₂ = 0.8 ppm.

A-2 : Ambrym.

- AM1 : Po, SO₂ sur filtres, bord Niri Taten, 30 min, SO₂ = 4 ppm.
AM2 : Po, SO₂ sur filtres, 3km du Benbov, sous le panache (très dilué),
30 min.
AM3 : Po, SO₂ sur filtres, blanc au départ de la piste, 30 min.

B - fluides (eaux et gaz).

B-1 : Tanna.

- TAW1 : eau, lac Siwi, T = 27.3 °C, pH = 5.67, 1 L.
TAW2 : eau, Port Resol., plage, T = 93.1 °C, 1L.
TAG1 : eau pour les gaz dissous.
TAG2 : id.
TAW3 : eau, Port Resol., falaise, T = 101.6 °C, 1L.
TAG3 : gaz, Port Resol., falaise, pollution d'air naturelle probable.
TAG4 : vapeur, Meansen, au dessus de Port Resol., T = 101.3°C, CO₂ = 5%
gaz total, H₂S, SO₂ n.d..
TAG5 : vapeur, Meansen, au dessus de Port Resol., ampoule à soude.
TAG6 : vapeur, Meansen, au dessus de Port Resol.
TAW4 : eau, Sulfur Bay, plage, 101.9 °C, 1L.
TAW5 : eau, Sulfur Bay, plage.
TAG8 : gaz dissous, Sulfur Bay, plage.
TAG9 : vapeur, Sulfur Bay, plage, ampoule à soude.
TAG10: vapeur, Sulfur Bay, plage.

B-2 : Ambrym.

AMG1 : gaz, Niri Taten, T = 625°C, ampoule à soude.

AMG2 : gaz, Niri Taten, T = 625°C, ampoule à vide.

C - Données additionnelles.

- Dans la forêt vers Sulfur Bay, 3 km du cône, SO₂ = 0.5 ppm.
- Profondeur du cratère de Tanna (visée optique étalonnée) > 350 m (peut être 450 m ?).
- Longueur lac de lave : 22 ± 3 m (visée optique).
- EFG1 : Echantillon air chaud Takara (Efate), T = 101.3°C.

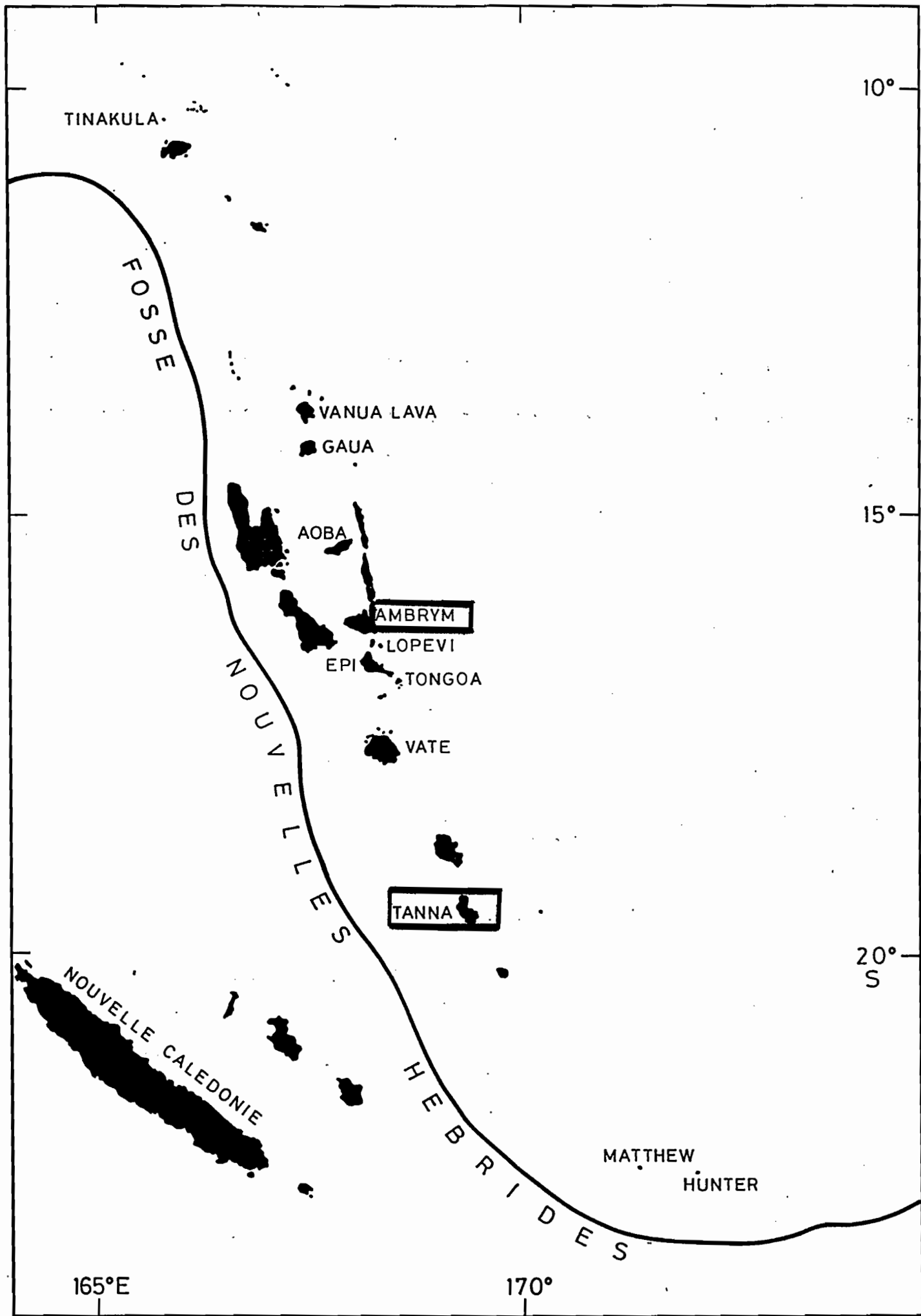
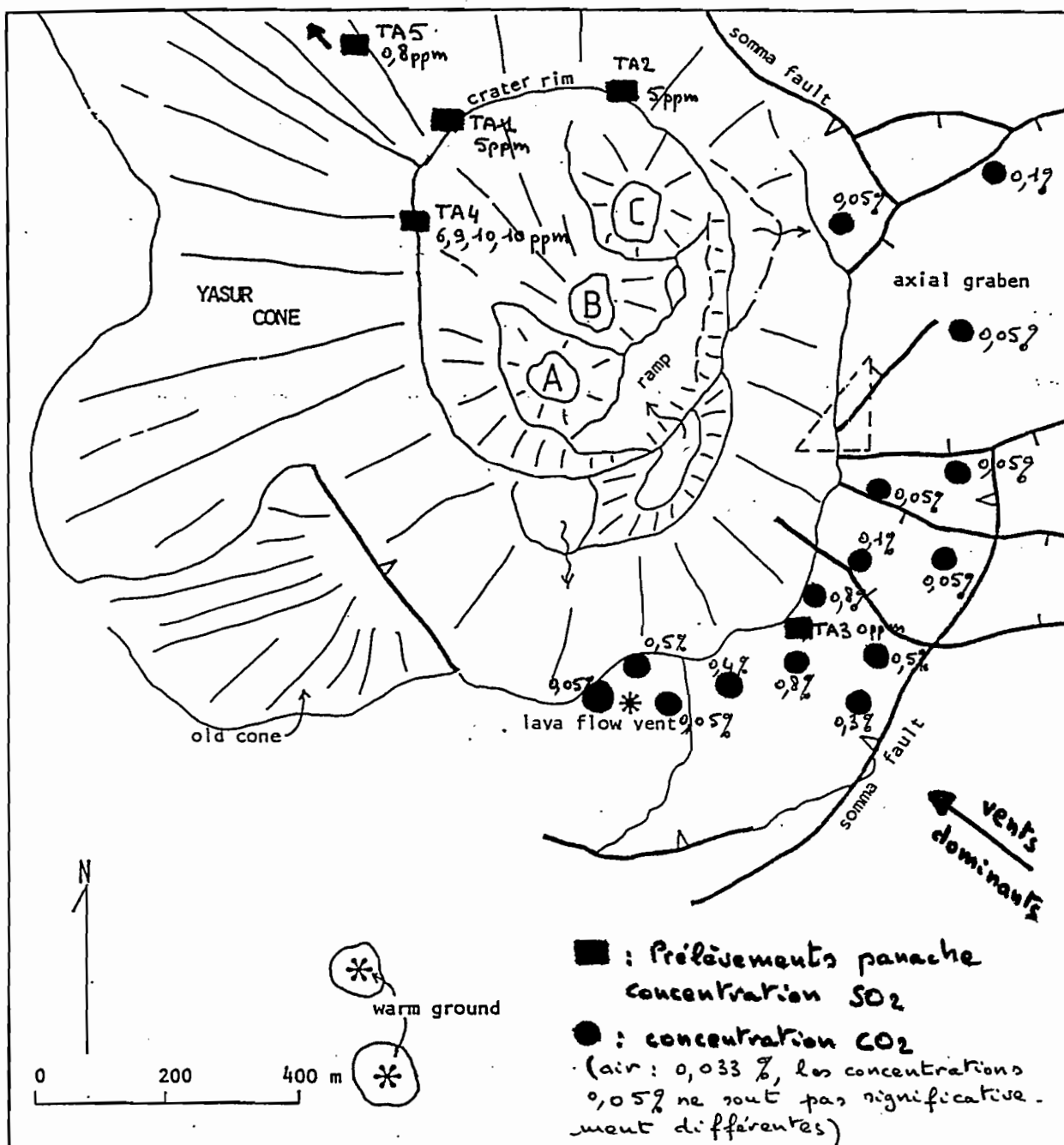
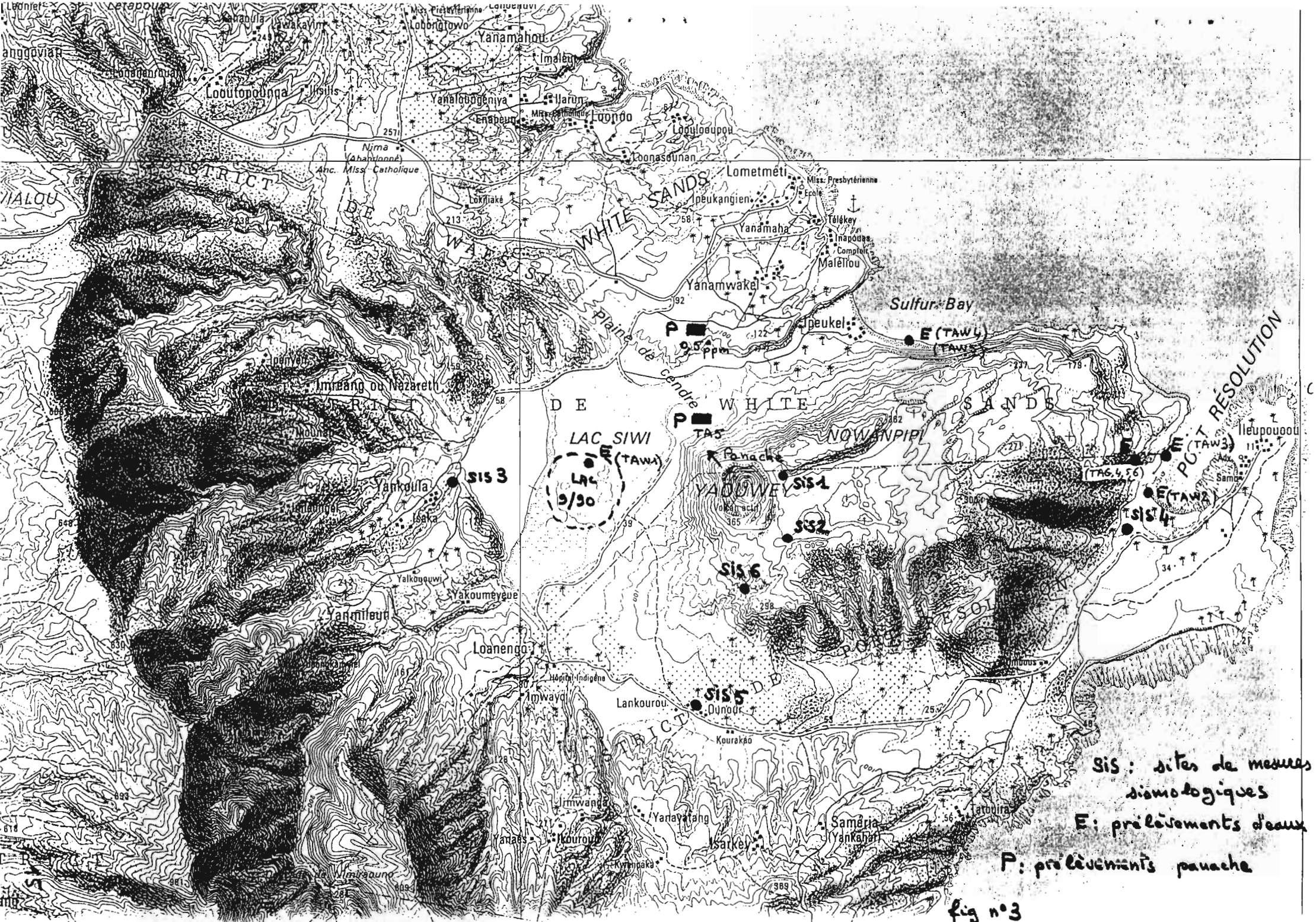


fig. no 1



Map of Yasur crater area, drawn from 1986 aerial photographs. A, B, C, are the three subcraters within Yasur main crater; O marks the usual observation point and origin for crater depth determinations. S and E are sites of gas plume bubble samplers. The warm ground areas to south occur on tops of small cones adjacent to the access road. The dashed triangle is approximate location of the deformation pattern.

Fig. n° 2 - Carte extraite du rapport de I.A. NAIRN, B.J. SCOTT et F. GIGGENBACH (N.Z. Geological Survey).



sis : sites de mesures
 sismologiques
 E : prélèvements d'eau
 P : prélèvements pauache

fig n°3

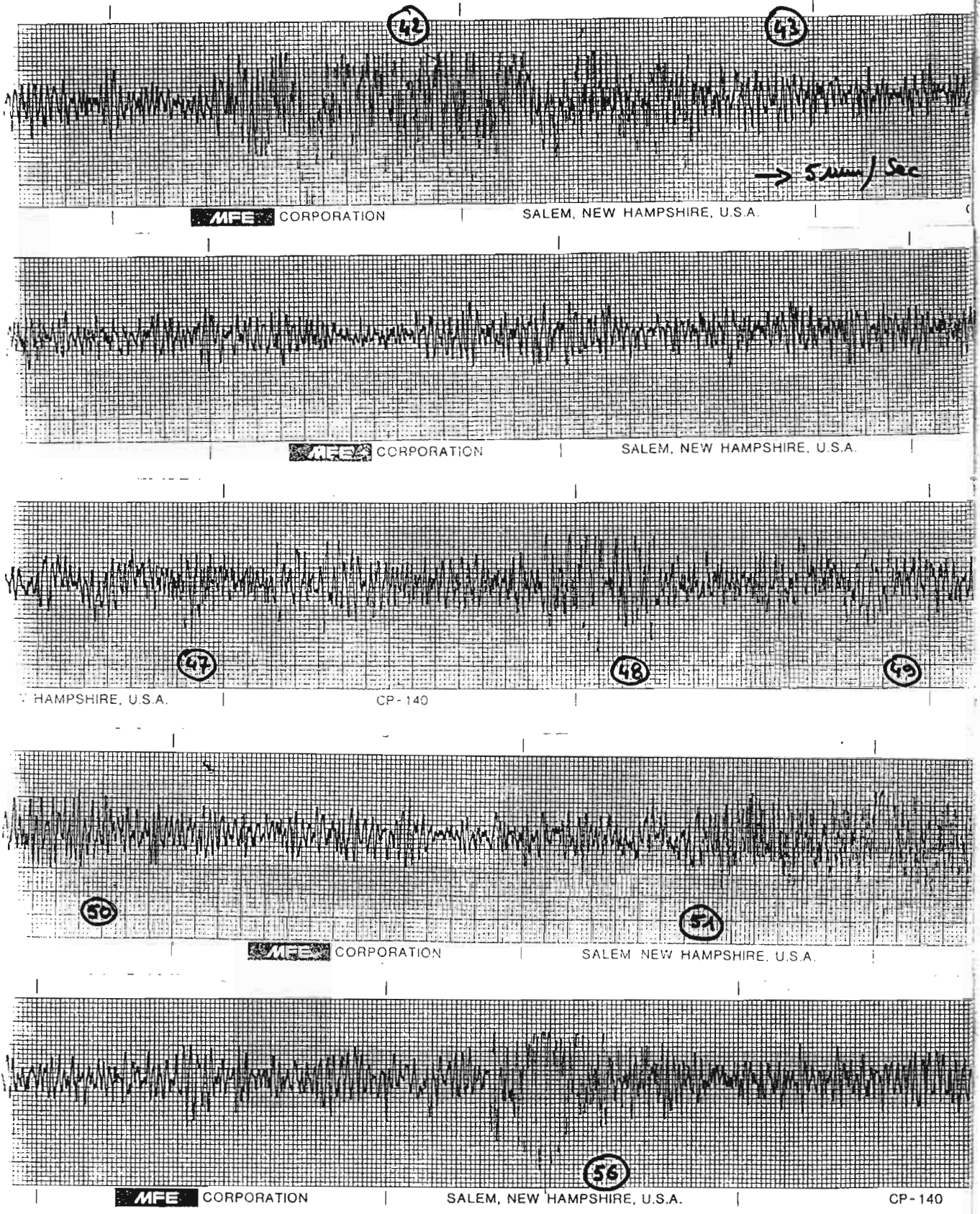


fig. n°4: exemples de signatures sismiques enregistrées près du
 Sommet du Yasur (site sism. n°2)
 les numéros correspondent à des phénomènes identifiés

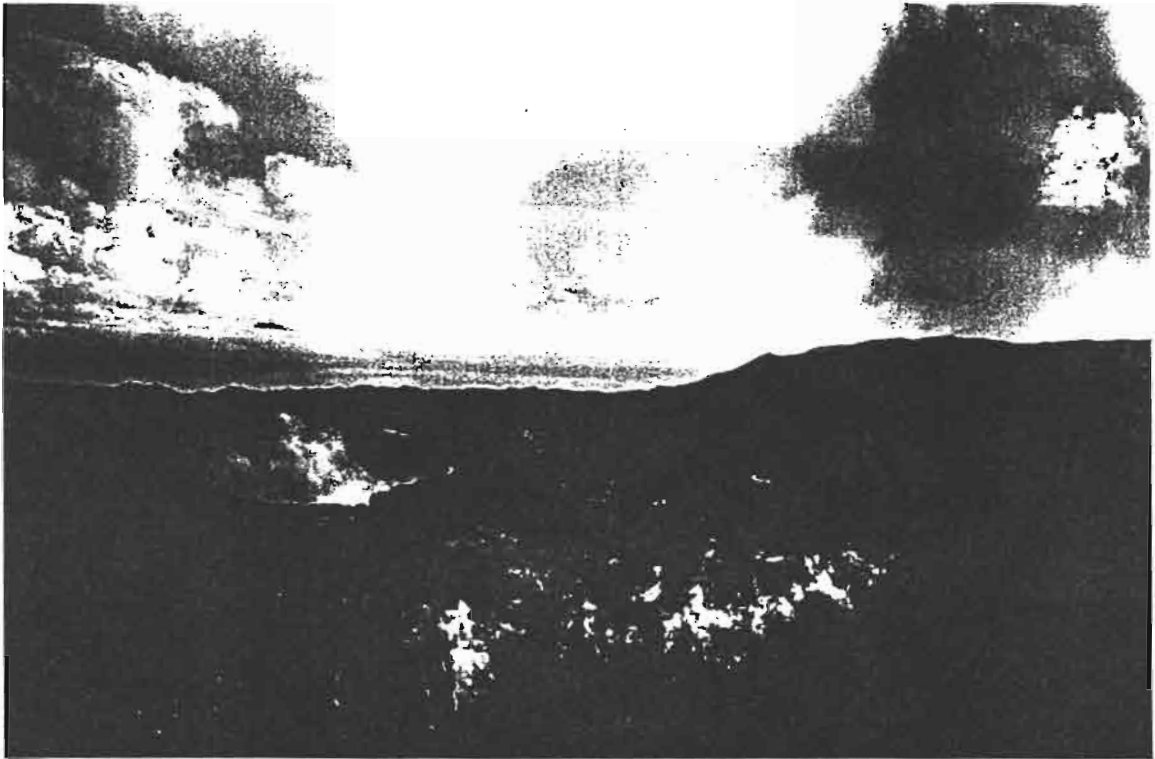


fig. n°5 : cratère du Niri n'Buelesu Taten vu du
Niri M'Buelesu ; au fond à droite le
Benbow



fig. n°6 : panache du M'Buelesu le matin du
16.9.90

Centre ORSTOM de Nouméa
B.P A5 Nouméa Cédex Nouvelle Calédonie

© 1990