

RAPPORT SOMMAIRE
SUR LA CRISE SISMO - VOLCANIQUE
DE LA SOUFRIERE

Etat au 5 septembre 1976

1. Présentation générale de la situation

Le volcan de la Soufrière de la Guadeloupe est situé dans la partie sud de l'île de "Basse Terre". Son altitude est de 1 467 m. Il domine une région fortement habitée (70 000 personnes environ) où se trouvent notamment la préfecture de la Guadeloupe, Basse Terre, une station d'altitude, St Claude, et de nombreux villages ou hameaux, les uns et les autres situés dans un rayon compris entre 2,5 (hauts de St Claude et Matouba) et 10 km (Basse Terre) du volcan.

Le volcan de la Soufrière fait partie d'un ensemble de volcans qui jalonnent l'arc insulaire des Caraïbes. Ce volcanisme d'arc est généralement caractérisé par sa nature andésitique ou dacitique, la relative viscosité de son magma, de longues périodes de calme entre les éruptions, et enfin et surtout par la forme parfois explosive que peuvent prendre ses manifestations.

La rareté dans le temps et les formes très diverses des manifestations de ce type de volcan rendent leur étude et la formulation d'un diagnostic sûr particulièrement délicates. C'est ainsi qu'en 1902 on a cru pouvoir se baser sur la nature bénigne des précédentes manifestations de la Montagne Pelée en 1851 pour rassurer l'opinion et affirmer l'absence de danger.

S'agissant de la Soufrière de la Guadeloupe, il est vrai que toutes ses manifestations historiques connues (1797, 1836 et 1956) n'ont donné lieu qu'à quelques projections d'éléments fins et à des dégagements de vapeur d'eau. Il faut remonter à l'époque pré-coloniale vers 1550, pour trouver les traces d'une éruption probablement violente, avec projection de cendres et peut-être une nuée ardente.

La crise actuelle de la Soufrière, commencée en juillet 1975, se caractérise par une croissance continue du niveau des phénomènes observés : crise sismique en mars, éruptions phréatiques en juillet, séismicité exceptionnelle, ouverture de nouvelles fractures, éruptions plus fréquentes et plus fortes en août, etc. Comment surveiller ? Comment prévoir ?

2. Le dispositif de surveillance scientifique mis en place

Le programme de développement de la surveillance des volcans des Antilles françaises a été engagé depuis 1972 par l'Institut National d'Astronomie et de Géophysique du C.N.R.S., l'I.N.A.G., exerçant ses attributions à l'égard de l'Institut de Physique du Globe de Paris dont dépend directement le Laboratoire de Physique du Globe de Saint Claude à la Guadeloupe. Ce programme est soutenu par la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique et par le Secrétariat d'Etat aux Universités.

Au cours de ces quatre dernières années, nous avons ainsi pu entreprendre une action de réanimation des Observatoires des Antilles, et notamment effectuer un certain nombre de mesures aéromagnétiques et gravimétriques, et surtout mettre en place un réseau sismologique moderne. Grâce à ces données instrumentales remarquables, il sera possible d'analyser l'évolution de cette crise avec un large recul et en tirer des enseignements scientifiques précieux et probablement originaux pour l'étude de ce type de volcan.

Par ailleurs, l'effort entrepris a permis d'intéresser un certain nombre de chercheurs et techniciens des diverses disciplines géophysiques aux problèmes de volcanologie de telle sorte que, le moment venu, les équipes d'intervention ont pu être très rapidement constituées.

Le dispositif mis en place depuis l'accélération de la crise en juillet dernier s'appuie, d'une part sur le laboratoire de physique du globe de Saint Claude (directeur Michel Feuillard et 3 techniciens), d'autre part sur une équipe d'intervention, coordonnée d'abord directement par l'Institut National d'Astronomie et de Géophysique, puis mis depuis le 1er septembre sous la responsabilité opérationnelle de l'Institut de Physique du Globe de Paris. En dehors du personnel de base I.P.G. Paris et C.N.R.S., cette équipe comprend des chercheurs et techniciens d'origine française et étrangère qui ont bien voulu apporter leur concours à notre action : C.E.A. Saclay et Grenoble, Université Paris Orsay, Université Trinidad, U.S. Geological Survey, Laboratoire de Los Alamos, etc., Au total une moyenne de 30 personnes, soit une très forte équipe scientifique qui utilise au mieux l'arsenal des méthodes géophysiques, géochimiques, pétrographiques et naturalistes pour étudier le volcan, à savoir :

- a) l'activité sismique enregistrée en continu à partir d'un réseau moderne de 6 stations situées autour du volcan et reliées par télégraphie ou lignes téléphoniques au Fort Saint Charles ;
- b) l'étude des déformations de surface du volcan mesurées à partir d'un réseau de 4 stations de nivellement contrôlées toutes les 24 heures et d'un réseau de 3 tiltmètres à enregistrement continu. Le premier réseau a été mis en place par l'U.S. Geological Survey (Dr Fiske, Chef du service de volcanologie de l'U.S. Geological Survey, le deuxième réseau par le laboratoire de Los Alamos (Dr Heites) ;
- c) la pétrographie des produits solides émis consistant essentiellement dans l'étude des cendres et poussières : leur examen optique, leur analyse chimique, etc. ;
- d) l'analyse des gaz recueillis près des bouches en fonctionnement et plus spécialement au col de l'Echelle d'une manière régulière depuis bientôt deux mois : détermination du pH, dosage SH_2 , SO_2 , CO, radon, hélium, chlore, fluor, etc., analyses isotopiques, études thermodynamiques, etc. Le C.E.A. contribue à cette partie du programme.
- e) la magnétométrie dont on attend essentiellement des résultats à plus long terme. Les mesures sont faites par une équipe du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble et par une équipe de l'I.P.G. de Paris ;
- f) l'examen des manifestations extérieures, cadence et force des éruptions, séismes ressentis, ouverture des fractures, photgéologie, etc. Michel Feuillard rassemble ces données ;
- g) enfin, l'expérience propre des divers experts :

- Haroun Tazieff, Directeur de recherche au C.N.R.S., Chef du service de volcanologie de l'I.P.G. de Paris, qui a eu depuis 28 ans l'occasion d'explorer un certain nombre de volcans en activité ;

- John Tomblin, Directeur du Service de volcanologie des West Indies, sismologue et spécialiste du volcanisme d'arc des Caraïbes ;
- Robert Brousse, Professeur de pétrographie à l'Université de Paris Orsay.

3. Résultats, interprétation, évolution de la crise

a) la séismicité

La volcano-séismicité normale de cette région est de 10 à 13 séismes enregistrés par mois, dont aucun ressenti. Elle croît d'une manière irrégulièrement exponentielle depuis le début de la crise :

30 en juillet 1975
 209 en novembre 1975
 607 en mars 1976 (dont 22 ressentis)
 1 220 en juillet 1976 (dont 20 ressentis)
 5 989 en août 1976 (dont 43 ressentis)

1ère quinzaine d'août : 2 004
 2ème quinzaine d'août : 3 975

Soit durant les quinze derniers jours d'août une séismicité, en nombre de séismes enregistrés, 800 fois supérieure à la normale.

Ajoutons à cela une augmentation de la magnitude de ces séismes dont plusieurs sont maintenant ressentis jusqu'à Pointe-à-Pitre, notamment celui du 16 août de magnitude égale à 4,6 .

Parallèlement, on assiste à une augmentation régulière de l'énergie libérée par ces séismes, énergie qui est passée de 1.10^{12} ergs à 1.10^{13} ergs (énergie calculée sur une période de 10 jours) de mars à août 1976.

La majorité des hypocentres de ces séismes sont localisés dans une aire elliptique dont le grand axe est orienté NW - SE et à une profondeur qui reste stable depuis juillet, autour de 2 km sous le niveau de la mer, après avoir, au cours des mois précédents, marqué une légère tendance à s'élever (en mars les épicesentres se situaient alors à 3 - 4 kms).

Cette forte séismicité (la plus forte enregistrée dans l'histoire des volcans de l'arc des Caraïbes) est interprétée comme traduisant la présence d'une importante masse de magma en profondeur, exerçant des tensions sur les terrains environnants. C'est à coup sûr l'un des paramètres mesurés le plus significatif.

b) l'étude des déformations

Les premières mesures de nivellement ont mis en évidence des effets de soulèvement extrêmement marqués. Dans la seule journée du 29 août, un écart de 8 microradians a été mesuré, contre 50 microradians en 6 mois à Hawaï et 12 microradians en 1 mois à Montserrat, soit 20 à 30 fois plus ; dans la matinée du 30, les mouvements dans l'un et l'autre sens étaient tels (éruption intervenue à 10h 31) qu'aucune mesure n'était possible.

Le réseau de tiltmètres permet depuis le 3 septembre d'effectuer des mesures en continu.

c) la pétrographie des produits émis

Deux traceurs retiennent l'attention dans les poussières émises lors des éruptions :

- l'épidote, minéral d'altération de roches, traduisant donc l'origine secondaire du matériaux éjecté : ramonage de fissures par la vapeur d'eau. Lors des premières émissions, la proportion d'épidote était forte, elle a diminué depuis ;

- le verre en perles brunâtres, enveloppant ou non de vieux matériaux, dont une partie peut-être considérée comme du matériel frais directement issu du magma, et une autre pourrait provenir des effets de "métamorphisme" sur les roches encaissantes. La proportion de verre très faible en juillet, va en augmentant, elle atteint aujourd'hui 50 à 60 % des poussières recueillies. Par ailleurs, il faut noter que l'analyse de ce verre lui donne une composition de lave "intermédiaire", type andésitique-dacitique, et non pas de type basaltique.

d) analyse des gaz

Environ 15 000 dosages ont été effectués depuis le début de juillet.

Les résultats obtenus montrent la présence sporadique et en faible proportion de gaz tels que SO_2 , et la présence presque constante de SH_2 . Il est pour le moment difficile de tirer des conclusions claires de ces résultats. Une façon d'interpréter ces données est de dire qu'il y a peu de gaz d'origine magmatique, que le magma est probablement pauvre en gaz, et qu'il présente donc peu de risque d'explosion ; mais cette conclusion est fondée sur des hypothèses thermodynamiques qui peuvent être contestées : l'influence du tamponnage par un bouchon de 4 km de roches imprégnées d'eau est notamment difficile à évaluer.

Il semble, par contre, que l'on puisse établir une certaine prévision à court terme des éruptions du type actuel sur la base d'information obtenues à partir de l'analyse des gaz : disparition du SO_2 , voire du SH_2 dans les gaz émis, maintien du pH autour de 5. Ces éléments reliés à ceux de l'activité sismique qui montre alors des périodes de relative accalmie, devraient permettre de tenter des prévisions en ce domaine.

On note aussi une corrélation probable entre les variations de l'émission de Radon et l'activité sismique.

e) la magnéto-métrie

Les mesures qui viennent seulement de commencer permettent de supposer que l'activité du volcan a une expression magnétique, la température et les mouvements du magma entraînant des variations des propriétés électromagnétiques du volcan.

f) Les manifestations extérieures

Rappelons que le nombre des séismes ressentis ne cesse d'augmenter (cf a)). En ce qui concerne le volcan lui même, on a successivement noté :

- la réouverture de la faille de 1956 sud-est - nord-ouest, le 8 juillet lors de la première éruption volcanique qui était accompagnée de la projection d'un important nuage de poussière sur Matouba, Saint Claude, et Baillif et d'une coulée de boue sur la Matylis ;
- une nouvelle projection d'éléments fins le 26 juillet ;
- à partir du 9 août, nombreuses projections de poussière ;
- le 16 août, séisme ressenti jusqu'à Pointe-à-Pitre de magnitude $M = 4,63$;
- depuis les éruptions sont de plus en plus nombreuses, les périodes d'accalmie plus courtes, la force de ces éruptions plus grande, à signaler notamment celle du 21 août, du 27, et surtout celle du 30 à 10h 31 qui surprit l'équipe de scientifiques sur le terrain, éruption brutale avec projection de cendre et blocs (décimètre cube jusqu'au mètre cube) jusqu'à 1 500 m d'altitude retombant dans un rayon de 500 mètres, tremor de longue durée saturant durant 11' les sismographes, activation intense de toutes les bouches et fractures déjà ouvertes, ouverture d'une nouvelle fracture, etc.

L'impression générale, confirmée par les mesures de déformations précitées est que la surface du volcan est en train de se bréchifier sous l'effet des pressions internes.

g) L'opinion des experts

H. Tazieff : pas de danger d'évolution rapide dans l'immédiat. Les seuls risques actuels sont ceux d'éruptions phréatiques qui ne menacent que la proximité immédiate du volcan. Toute forme cataclysmale serait précédée de signes avant-coureurs, à l'échelle de la semaine. Enfin, se basant sur le résultat de l'analyse des gaz, il pense que le magma est peu riche en gaz et ne présente donc pas de caractère explosif.

R. Brousse : depuis le 15 août, il n'est plus possible selon lui d'éliminer l'éventualité d'une phase explosive qui pourrait survenir brusquement. Cette analyse est faite sur la base d'une comparaison de l'évolution de la Soufrière, par rapport à celle de la Montagne Pelée en 1902 et sur les résultats donnés par la sismologie et par l'étude pétrographique des produits émis.

J. Tomblin : partage l'analyse de Brousse, insiste sur l'exceptionnelle sismicité actuelle du volcan et estime que, dans 25 % des cas, des crises sismiques pourtant plus faibles ont débouché sur des éruptions importantes dans des volcans d'arc de ce type. Ne voit pas pourquoi la Soufrière devrait constituer une exception. A exprimé l'avis que la décision prise le 15 août l'aurait été par lui, s'il avait été responsable, deux jours plus tôt.

Dr Fiske : sans vouloir prendre parti sur le fond, étant donné le domaine limité de son intervention (les déformations), le Dr Fiske a cependant déclaré "je ne voudrais pas actuellement faire vivre ni ma femme, ni mes enfants dans la région de Basse Terre et je déconseillerais à mes amis de le faire".

L'opinion de ces experts contient évidemment une large part de subjectivité et il est heureux que le développement des techniques scientifiques viennent aujourd'hui apporter des éléments objectifs de mesure, même si leur interprétation laisse encore une place à la discussion. La situation actuelle peut-être comparée à celle que connaît la médecine dans les soins du cancer par exemple, le résultat des analyses tendant de plus en plus à se substituer ou tout au moins à devenir indispensable au diagnostic du professeur.

4. Conclusions générales

Quels sont les différents scénarios possibles d'évolution du volcan de la Soufrière :

4.1. Dans l'hypothèse d'un magma restant en profondeur ou ne se déplaçant que légèrement vers le haut, sans effusion extérieure, la situation peut évoluer :

a) soit vers un apaisement progressif des phénomènes, mais il faudra alors une longue période de temps avant de pouvoir envisager une démobilisation de la surveillance renforcée.

b) soit vers des éruptions phréatiques ou phréatomagmatiques^{*}, et il ne faut pas alors minimiser le danger de telles éruptions, à la fois du fait de leur soudaineté (pas de signes précurseurs) et aussi de leur violence possible : leurs effets pourraient se faire sentir très au delà de la proximité immédiate et non habitée du volcan : projections de blocs et de poussières. Dans cette hypothèse, le danger de coulées de boues est important.

4.2. Dans l'hypothèse d'une montée de magma jusqu'à la surface, on peut s'attendre :

a) soit à une effusion non explosive de lave avec formation d'un dôme ou de coulées. Eruption spectaculaire mais probablement peu dangereuse pour la région.

b) soit à une forme explosive avec formation de nuées verticales (type St Vincent), le risque étant alors la retombée de cendres à basse température sur la région, ou de nuées dirigées, le risque étant alors considérable pour le secteur atteint par un tel phénomène.

Dans tous les cas de figure de cette hypothèse, la montée du magma pourrait s'accompagner de signes précurseurs et se traduire au niveau de la sismicité (déplacement vertical des épices, apparition de séismes de type B etc.), des déformations, etc. par des modifications sensibles.

.../...

* Les ouvrages spécialisés contiennent plus de 10 définitions d'éruption phréatique, avec toutes les transitions vers des formes où le magma se manifeste, ce qui semble être actuellement le cas à la Soufrière.

En conclusion, cette évolution reste donc très préoccupante. La persistance d'un régime d'escalade dans les phénomènes observés, en nombre et en intensité, séismicité exponentielle, déformations, fréquence et force de plus en plus grandes des éruptions "phréatomagmatiques", interdit toute interprétation optimiste de cette évolution tant que l'on ne constatera pas un renversement de tendance durable, et ceci en dépit de quelques éléments neutres ou rassurants tels que, la faible teneur en gaz la relative profondeur où se maintiennent les épicentres des séismes localisant le toit de la masse magmatique, l'avis de l'un des experts, etc.

Si la progression des manifestations se maintient au rythme que nous connaissons depuis le début du mois d'août, il est possible que des événements majeurs se produisent avant quelques mois, voire quelques semaines. Dans le cas contraire, il faudra se préparer à rester vigilant pour une beaucoup plus longue période.

G. AUBERT
Directeur Adjoint de l'I.N.A.G.

Cl. ALLEGRE
Directeur de l'Institut
de Physique du Globe de Paris

N.B. Est-il utile de préciser que, compte-tenu des éléments d'information ci-dessus, il n'était pas possible le 15 août dernier, et il n'est toujours pas possible d'exclure l'hypothèse, parmi d'autres moins alarmantes, d'une évolution dangereuse du volcan, faisant encourir des risques aux populations.

10^6 ergs (Cumul de l'énergie dissipée)

15000

10000

5000

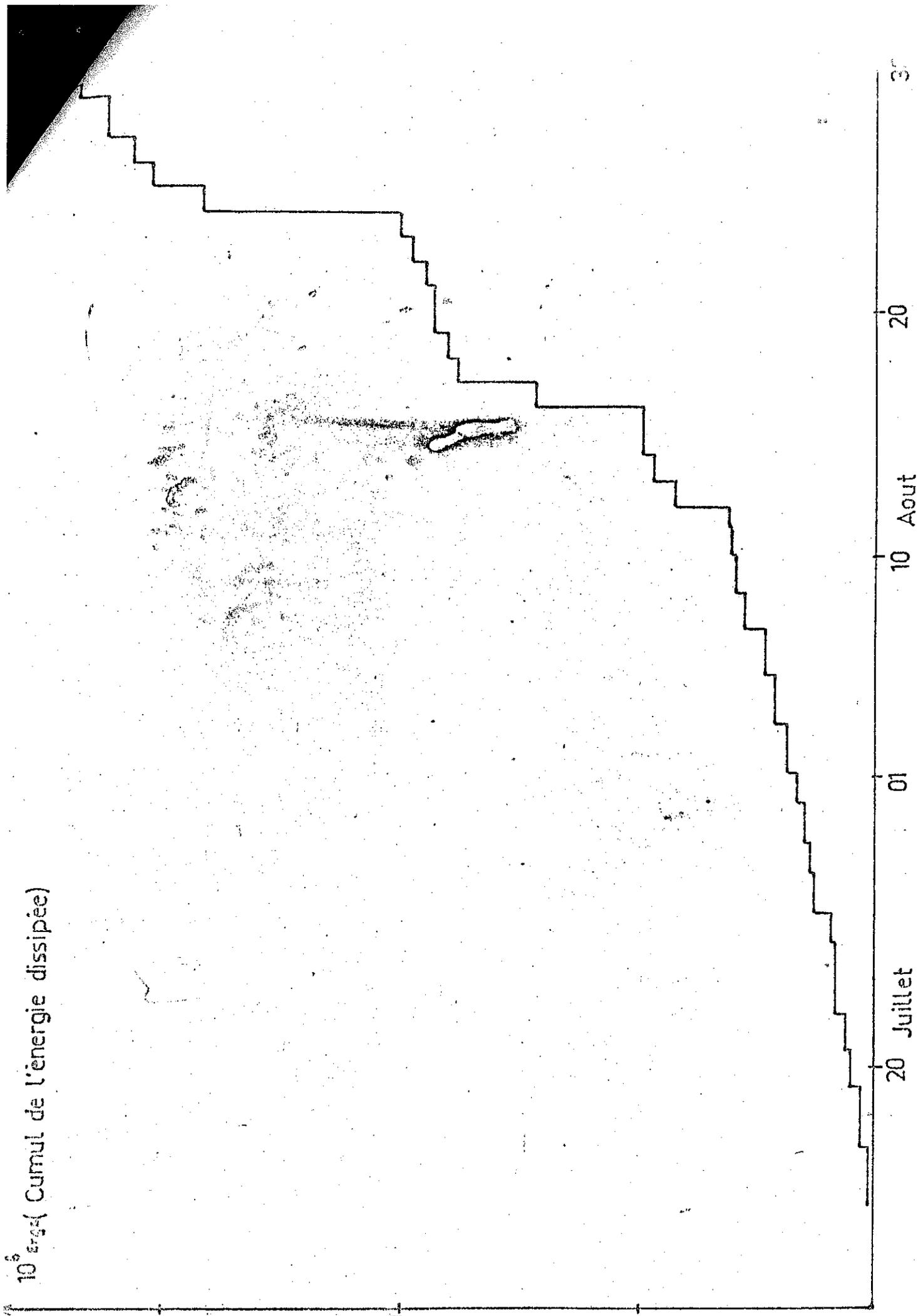
20 Juillet

01

10 Aout

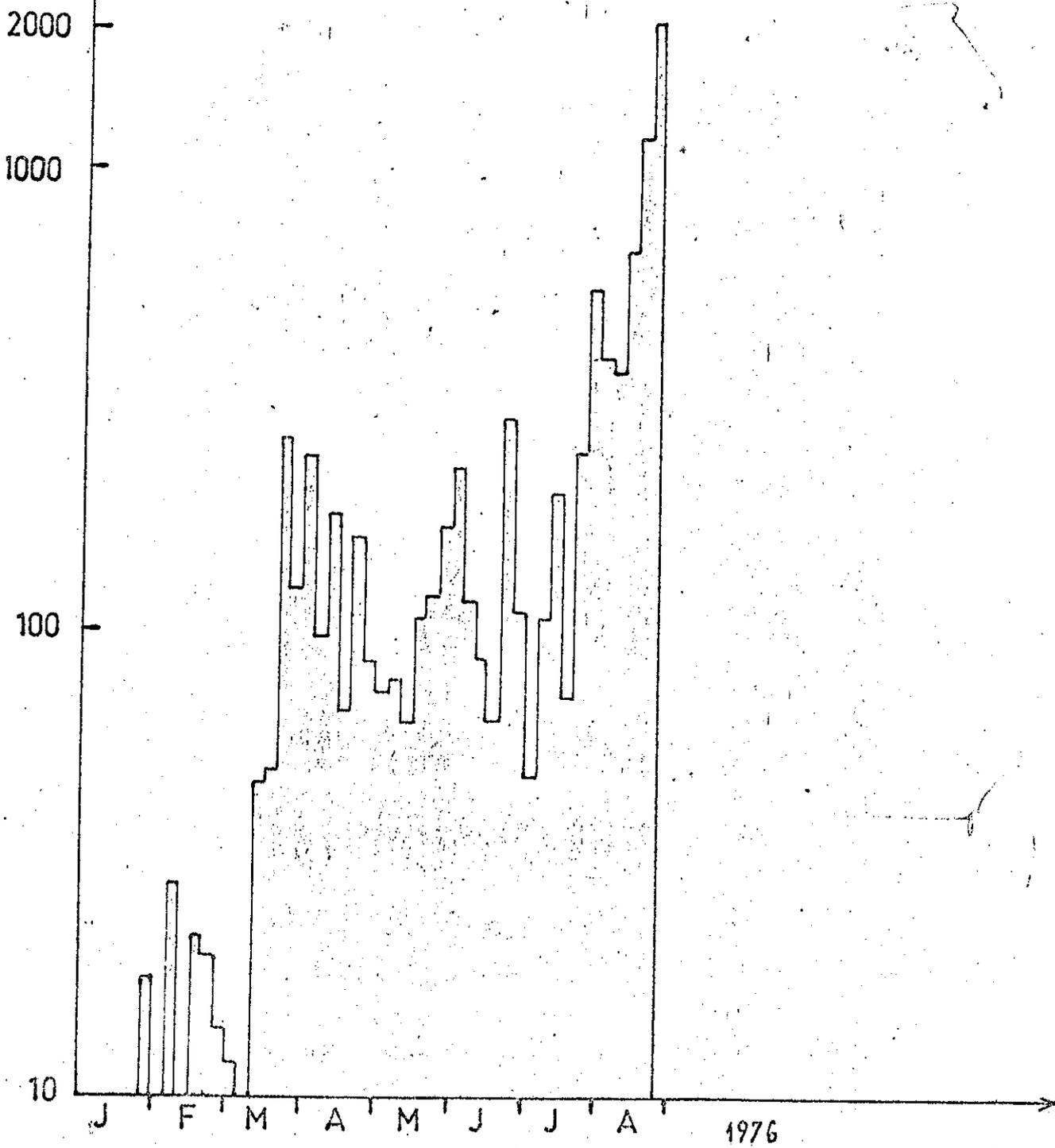
20

30



La soufrière de la Guadeloupe

Re
smes
aniques



1976

La soufrière de la Guadeloupe

ue

