

MEMOIRES DE STAGE

SCIENCES DE LA TERRE

GÉOPHYSIQUE

N° 1

1988

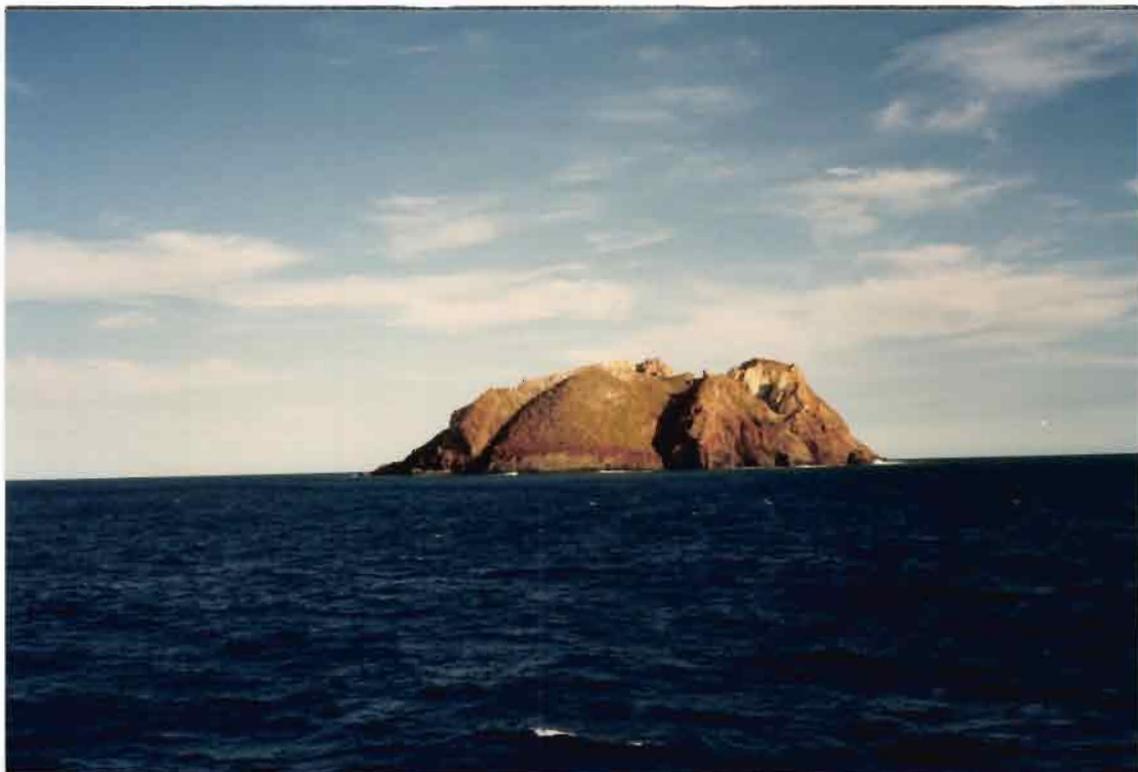
MATEMSIS

Interactions des conditions
météorologiques sur l'activité
sismique et fumerollienne
du volcan Matthew

Françoise COURTIADÉ

MATEMSIS

STAGE EFFECTUÉ AU LABORATOIRE DU SERVICE ENVIRONNEMENT
 CNET - LANNION (CÔTES DU NORD)
 JUIN 1987



Rapport de stage de volcanologie-sismologie

par

F. COURTIADÉ

"Interactions des conditions météorologiques sur
 l'activité sismique et fumerollienne du volcan MATTHEW"

C N E T

La.B. / s.e.r. / c.n.v.

Rapport de stage de volcano-sismologie

par

F. COURTIADÉ

"Interactions des conditions météorologiques sur
l'activité sismique et fumerollienne du volcan MATTHEW"

juin-juillet 1987

PLAN

- I - INTRODUCTION

- II - ACTIVITE SISMIQUE
 - * due aux cyclones : étude de 3 cyclones enregistrés en 86-87 et leurs conséquences

 - ANNEXE I

- III - ACTIVITE FUMEROLLIENNE
 - * interaction des conditions météorologiques : réponses aux coups de vent et aux précipitations

 - * essai de calcul du flux de chaleur

 - ANNEXE II

I - INTRODUCTION

L'installation d'une station automatique de mesures reliée par satellite pour l'étude et la surveillance du volcan MATTHEW a été réalisée en septembre 1986. MATTHEW, situé par 22° 21 S - 171° 22 E, soit à environ 500 km à l'est de Nouméa (Nouvelle-Calédonie), est un volcan actif de l'extrémité méridionale de l'arc insulaire des Nouvelles Hébrides. L'île (1200 m de long, 180 m de haut) correspond au sommet d'un édifice volcanique immergé d'environ 1600 m de hauteur.

Mon rôle a été d'évaluer les influences météorologiques sur l'activité sismique et fumerollienne du volcan. Les accidents climatiques étudiés sont : les cyclones déclenchant des vents supérieurs à 80 km/h et une forte houle; les coups de vent autres et les fortes pluies. En dernier point, je me suis essayé à la détermination du flux de chaleur délivré par MATTHEW.

Les contextes géographique, tectonique et sismique du volcan sont présentés fig. 1, 2, 3, pages suivantes.

Les différents paramètres mesurés, par la station automatique installée sur MATTHEW, sont :

1) Conditions météorologiques :

- Pression atmosphérique sous abri
- Humidité relative sous abri
- Température sous abri

2) Températures du sol sur 4 horizons :

- Température du sol à 3 cm de profondeur.
- Température du sol à 30 cm de profondeur.
- Température du sol à 60 cm de profondeur.
- Température du sol à 120 cm de profondeur.

3) Activité fumerollienne :

- Température fumerolle A.
- Température fumerolle B.
- Température fumerolle C.

4) Activité sismique (compteur) :

- Evénements sismiques niveau 1 (A > 12 μ m/s).
- Evénements sismiques niveau 2 (A > 60 μ m/s).
- Evénements sismiques niveau 3 (A > 300 μ m/s).

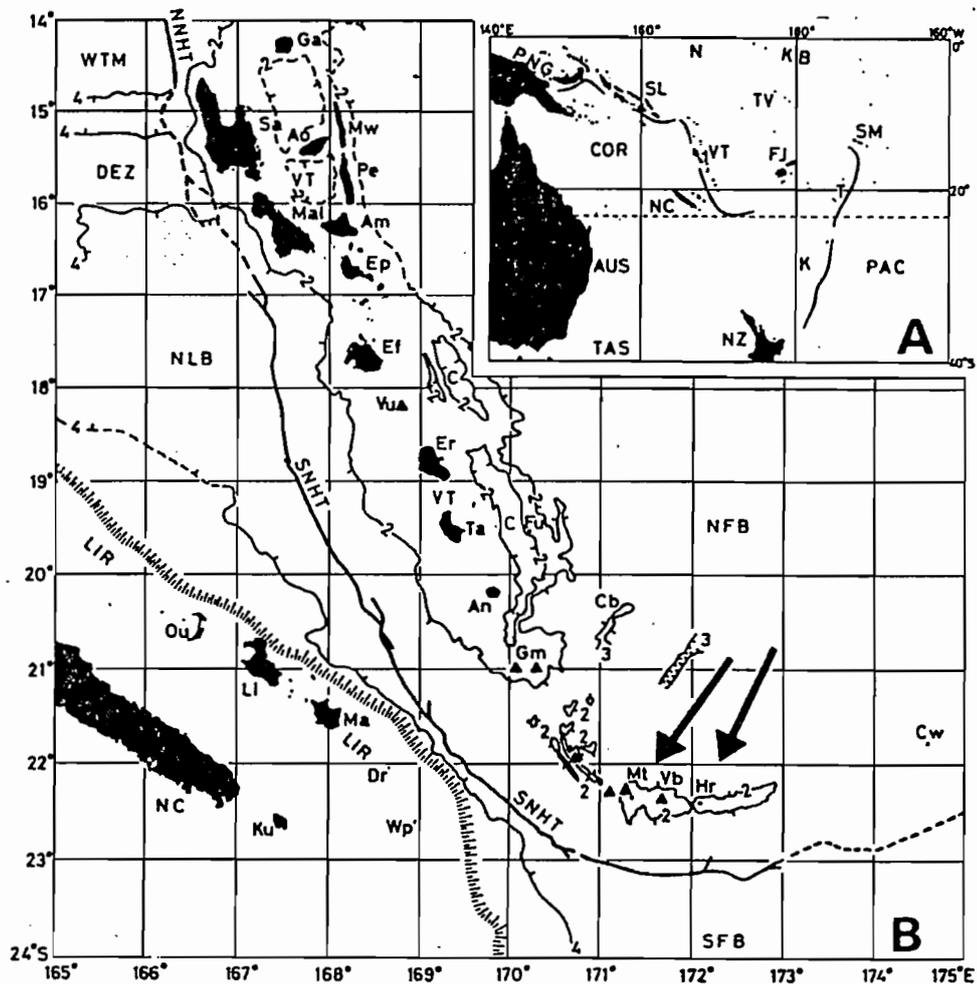


Fig. 1. Map of the southwestern Pacific (A) and outline map of the Vanuatu-New Caledonia region (B), showing major physiographic features and location of Matthew and Hunter volcanoes (arrows).

A: PAC = Pacific Ocean; COR = Coral Sea; TAS = Tasman Sea; AUS = Australia; PNG = Papua New Guinea; N = Nauru; SL = Solomon Islands; VT = Vanuatu; NC = New Caledonia; NZ = New Zealand; K = Kermadec Islands; T = Tonga Islands; FJ = Fiji Islands; SM = Samoa Islands; TV = Tuvalu; KB = Kiribati.

B: Generalized bathymetry (in km) from Monzier et al. (1984b), modified around Matthew and Hunter islands; VT = Vanuatu; NC = New Caledonia; NFB = North Fiji Basin; C = Coriolis Troughs; SFB = South Fiji Basin; LIR = Loyalty Islands Ridge (the hatched line marks the eastern scarp of this ridge); NLB = North Loyalty Basin; DEZ = D'Entrecasteaux Zone; WTM = West Torres Massif; NNHT = Northern New Hebrides Trench; SNHT = Southern New Hebrides Trench; Ku = Kunie (Pines Island); Ou = Ouvea; Li = Lifou; Ma = Maré; Dr = Durand Reef; Wp = Walpole; Ga = Gaua; Sa = Santo; Mw = Maewo; Ao = Aoba; Pe = Pentecost; Mal = Malekula; Am = Ambrym; Ep = Epi; Ef = Efate; Vu = Vuican Seamount; Er = Erromango; Ta = Tanna; Fu = Futuna; An = Aneityum; Cb = Constantine Bank; Gm = Gemini Seamounts; Mt = Matthew; Vb = Vauban Seamount; Hr = Hunter; Cw = Conway (Theva-i-ra).

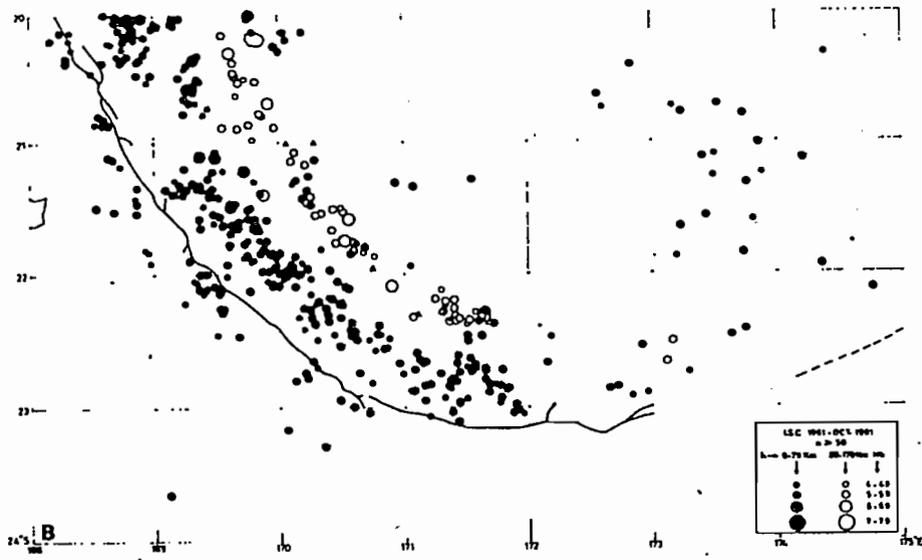


Fig. 2. Tectonic setting of Matthew and Hunter volcanoes (southern New Hebrides island arc and related areas).
 B. Spatial distribution of shallow (0–79 km: solid circles) and intermediate (80–170 km: open circles) focus earthquakes (International Seismological Centre catalogue from 1961 to October 1981).

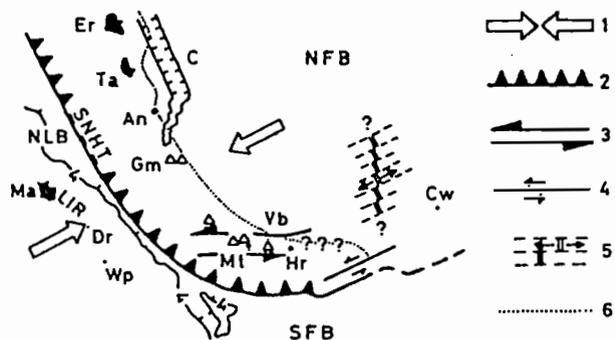
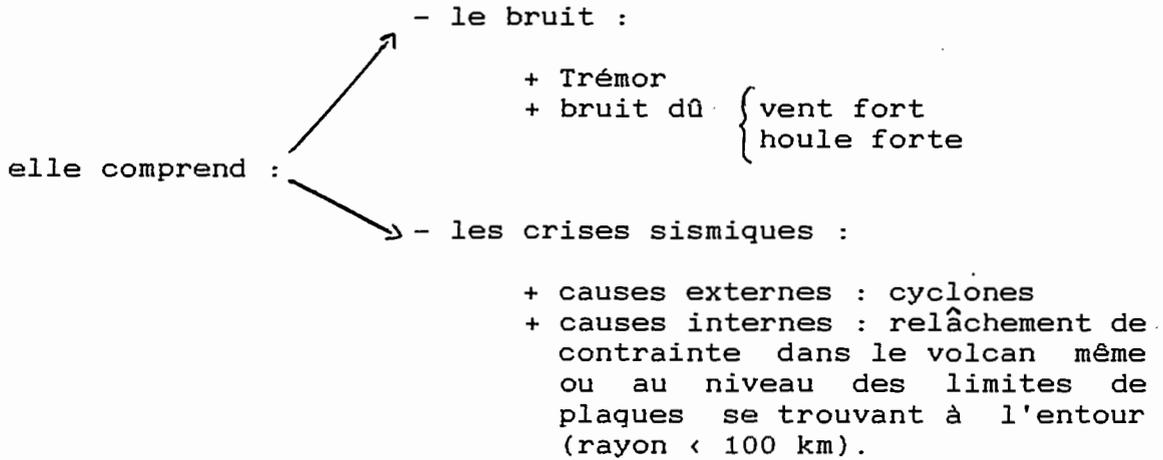


Fig. 3. Schematic model for the termination of the southern New Hebrides subduction zone (abbreviated toponymy from Fig. 1–B). 1 = Relative convergent motion between the India-Australia plate and the New Hebrides-microplate (Dubois et al., 1977; Coudert et al., 1981; Isacks et al., 1981). 2 = Active convergence. 3 = Matthew-Vauban-Hunter ridge: a complex faulted zone (conjugate dextral N 160–165 E and sinistral N 70–75 E strike-slip faults: unpublished data) equivalent to a sinistral shear (Fitch, 1972; Beck, 1983). 4 = Active transform fault. 5 = Active spreading center (strikes of spreading axis and transform faults are hypothetical). 6 = Approximate projection of the eastern boundary of the intermediate seismicity (Louat et al., in press).

II - ACTIVITE SISMIQUE



La carte compteur d'événements sismiques compte les trains d'ondes d'au moins 8 arches ayant franchi l'un ou l'ensemble des 3 seuils, et séparés par quelques secondes de repos.

Les enregistrements sismiques donnent l'allure des crises mais aussi du bruit (amplitude ...). On y observe les différentes arrivées des différents trains d'ondes, et pour chaque train d'ondes, les arrivées des diverses ondes (onde P, puis S, puis de surface).

ACTIVITE SISMIQUE DUE AUX CYCLONES

Le seul accident météorologique dont l'intervention sur l'activité sismique a été mise en évidence d'une façon sûre (cela grâce aux données mises à ma disposition) est le cyclone.

Les événements sismiques de niveau 1 et 2 essentiellement, ainsi que les enregistrements sismiques sont à corréler avec les données suivantes :

- variation de pression atmosphérique;
- rapport sur la saison cyclonique 86/87 du Service de la Météorologie en Nouvelle-Calédonie.

D'octobre 1986 à juin 1987, 3 cyclones sont détectés : ils sont mis en évidence par une baisse de la pression

atmosphérique, celle-ci descendant en dessous de 990 mbars, et sont confirmés par le service météorologique de Nouméa. (Pour les Pressions, se reporter à l'ANNEXE I, fig. 4).

Lors de ces passages cycloniques, l'activité sismique a les caractéristiques suivantes (cf. ANNEXE I, fig. 5, 5bis) :

- les crises sismiques se répartissent pendant tout le cyclone, avec un nombre maximum d'événements quand la pression atmosphérique enregistre son minimum, ou juste avant. On arrive ainsi à dépasser 100 événements par jour, ce nombre important d'événements / jour ne se rencontrant que dans le cas des cyclones.

- Fréquence :

Pendant la durée du cyclone, à chaque passage du satellite (soit 5 à 6 fois par jour), on enregistre un nombre important d'événements sismiques (de 10 à 1000).

On peut dire que cet accident climatique, engendre des crises d'une façon quasi-continue, avec un nombre d'événements par heure de 3 à 300. La tectonique des plaques, quant à elle, n'induit pas une fréquence horaire aussi élevée; et engendre des événements d'une façon beaucoup plus ponctuelle.

- Magnitude :

Les événements sismiques très nombreux au niveau 1 passent parfois le niveau 2.

- Durée moyenne d'un train d'onde :

Crise due à un cyclone : $1 \text{ mn} < T < 2 \text{ mn}$

Crise liée à la tectonique des plaques : $T > 2 \text{ mn}$

- Le bruit, lors des passages cycloniques, est amplifié de 2 à 4 fois par rapport au bruit en période calme. (Cf. tableau récapitulatif).

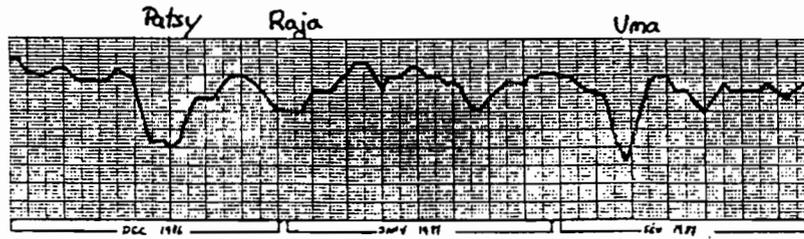
- Deux sortes de manifestations cycloniques peuvent créer les crises sismiques : Le vent et la houle (celle-ci étant liée au premier).

ETUDE DES 3 CYCLONES ENREGISTRES ENTRE OCTOBRE 86 ET JUIN 87, ET LEURS CONSEQUENCES SUR LE VOLCAN MATTHEW

- * Patsy qui a sévi officiellement du 13 au 17 déc. 86
- * Raja qui a sévi officiellement du 22 au 31 déc. 86
- * Uma qui a sévi officiellement du 05 au 09 fév. 87.

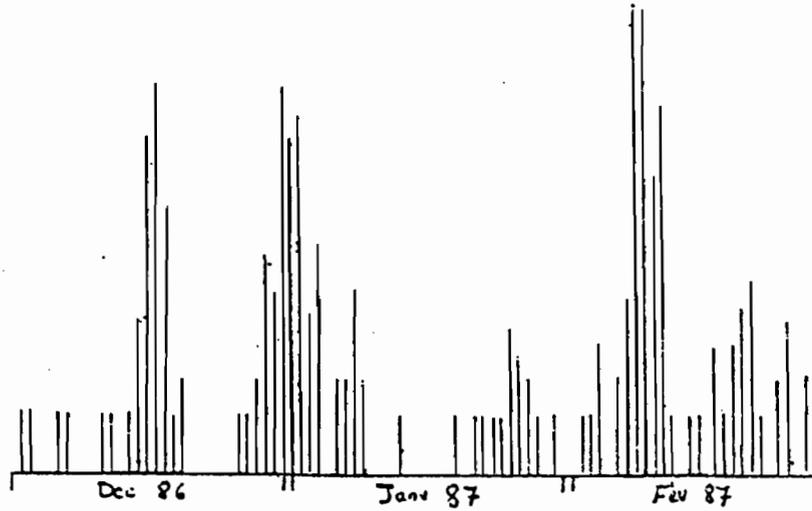
TABLEAU RÉCAPITULATIF

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE:



NOMBRE DE DÉTECTION:

seuil 1



seuil 2



BRUIT SISMIQUE :

Période calme

Z



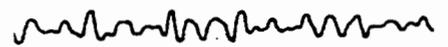
13 OCT 1986

Patsy



18 DEC. 1986

Raja



30 DEC. 1988

N



- * Très forte houle
- * Vents > 80 km/h

- * Houle forte
- * Vents ?

E



1) Patsy

a) Rapport relatif au passage du cyclone Patsy. (Service de la Météorologie en Nouvelle-Calédonie).

13/12 : dépression tropicale se décalant lentement vers le Sud-Ouest depuis 12° 5 S - 169° E.

15/12 : le système tropical est au stade de cyclone situé à 13° 5 S - 168° E se décalant vers le Sud-Ouest.

15/12 - 16/12 : cyclone se dirigeant maintenant vers le Sud.

17/12 : cyclone devenant une dépression tropicale.

Bilan : Le Sud du territoire a été le plus touché par le vent et les pluies.
Le secteur Sud-Est a subi les vents les plus forts.

b) Conséquences sur l'activité sismique.

Le volcan étant situé en fin de parcours de Patsy, on peut corréliser les événements sismiques (niveaux 1 et 2) entre le 15 et le 18 décembre, à la très forte houle et aux vents d'une vitesse de l'ordre de 80 km/h touchant le volcan. (Cf. tableau récapitulatif, et à l'ANNEXE I, fig. 5 bis).

Le bruit, pour les mêmes raisons, se trouve amplifié à peu près de 10 fois sur l'enregistrement en Z et à peu près 3 fois sur l'enregistrement en E et N; la largeur du pulse est multipliée de 1 à 2 fois. (Cf. tableau récapitulatif).

2) Raja

a) Rapport relatif au passage du cyclone Raja.

21/12 : dépression tropicale faible se décalant lentement vers le Sud-Ouest, vents de 20 à 25 noeuds.

23/12 : le système a atteint le stade de dépression tropicale modérée (vent de 33 noeuds). Elle se nomme Raja et se déplace vers le Sud-Ouest en ralentissant.

24/12 : changement de direction, Raja qui a atteint le stade de dépression tropicale forte s'oriente vers le Sud-Est (en passant par le Sud). Vents moyens supérieurs à 25 noeuds.

25/12 : le trajet s'oriente à l'Est; Raja a atteint le stade de cyclone (vents moyens supérieurs à 63 noeuds).

27/12 : déplacement vers le Nord-Nord-Est.

28/12 au 30/12 : déplacement vers le Sud à vitesse variable.

31/12 : désagrégation du cyclone qui se déplace toujours vers le Sud.

b) Conséquences sur l'activité sismique.

L'état de la mer et la vitesse du vent ne sont pas connus avec exactitude, mais la perturbation ayant été nommée "houle cyclone Raja", cela laisse supposer que le cyclone s'est manifesté essentiellement par une forte houle.

Les crises sismiques (niveau 1) enregistrées sur le volcan du 28 décembre au 2 janvier sont considérées comme étant dues au passage du cyclone. Le niveau 2 rencontré le 27 décembre est lié à un fort séisme régional. (Cf. tableau récapitulatif).

La crise sismique du 3 et 4 janvier pourrait être mise en rapport avec le séisme Vanuatu du 3/01/87.

Lors du passage de la perturbation, le bruit est amplifié de 2 à 4 fois sur l'enregistrement en Z et environ de 2 fois sur les enregistrements en N et E. La largeur des pulses n'est pas modifiée. (Cf. tableau récapitulatif).

3) Uma

a) Rapport relatif au passage du cyclone Uma.

05/02 : naissance de la dépression Uma, qui se décale vers le Sud-Est à 10-15 km/h en se renforçant.

06/02 : stade de tempête puis de cyclone; elle est centrée à 130 km au large de Santo, longeant l'archipel de Vanuatu; Uma se creuse.

07/02 : la trajectoire s'infléchit vers l'Est; Uma atteint son maximum d'intensité avec des vents moyens de 167 km/h; puis elle reprend sa trajectoire vers le Sud-Est en perdant de l'intensité.

08/02 : Uma atteint Erromangō (au matin) puis accélère son déplacement vers le Sud-Est en perdant de l'intensité.

09 au 10/02 : la dépression résiduelle disparaît aux îles Fidji.

b) Conséquences sur l'activité sismique:

D'après le rapport météorologique, le volcan a été touché du 08/02 au 09/02. En fin de compte, on peut attribuer les événements sismiques (niveaux 1 et 2) enregistrés du 8 au 11 février au passage du cyclone, qui a fait souffler sur le volcan des vents estimés supérieurs à 150 km/h. (Cf. tableau récapitulatif et à l'ANNEXE I, fig. 5 bis).

A N N E X E I

EVENEMENTS SISMIQUES NIVEAU 1, 2, 3

ET

PRESSION ATMOSPHERIQUE

(Données numériques et graphiques)

- oct., nov., déc. 1986
- janv., fév., mars, avril, mai, juin 1987

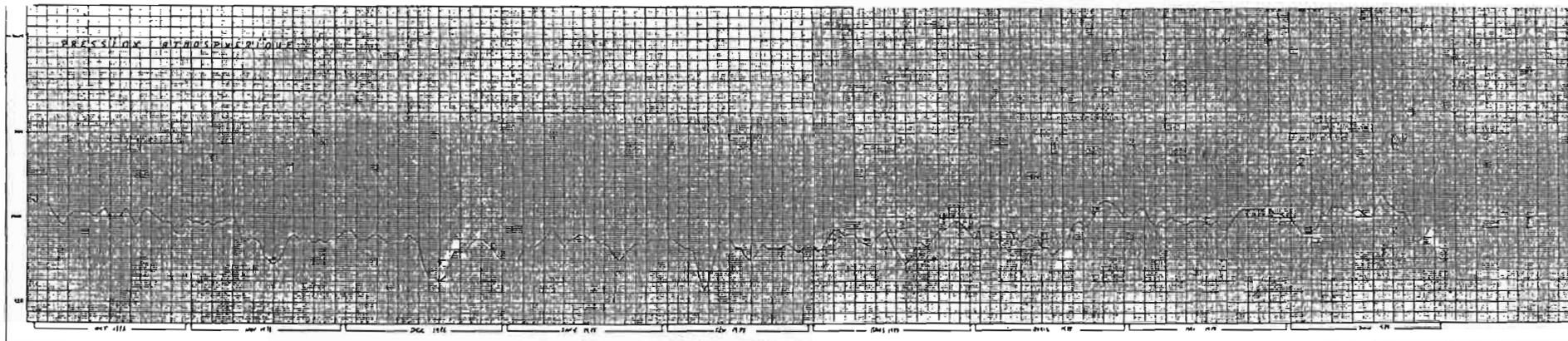


fig 4.

fig 5.

MATTHEW

NOMBRE DE DÉTECTION

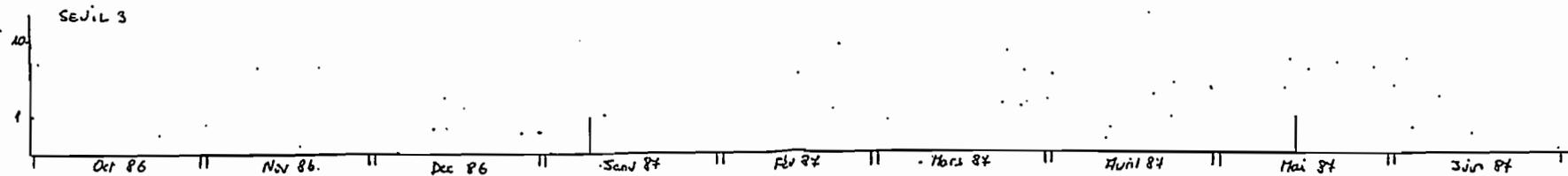
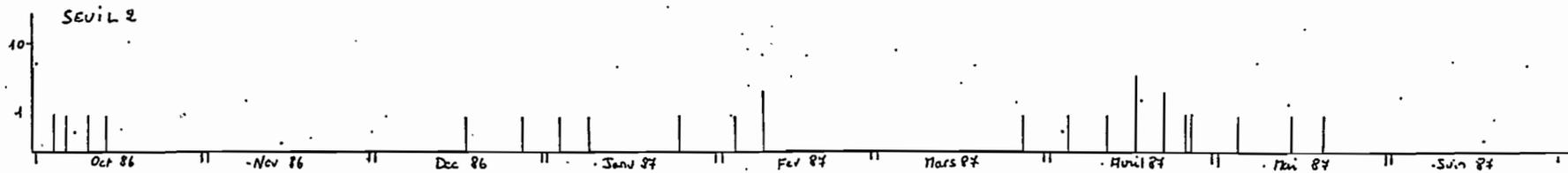
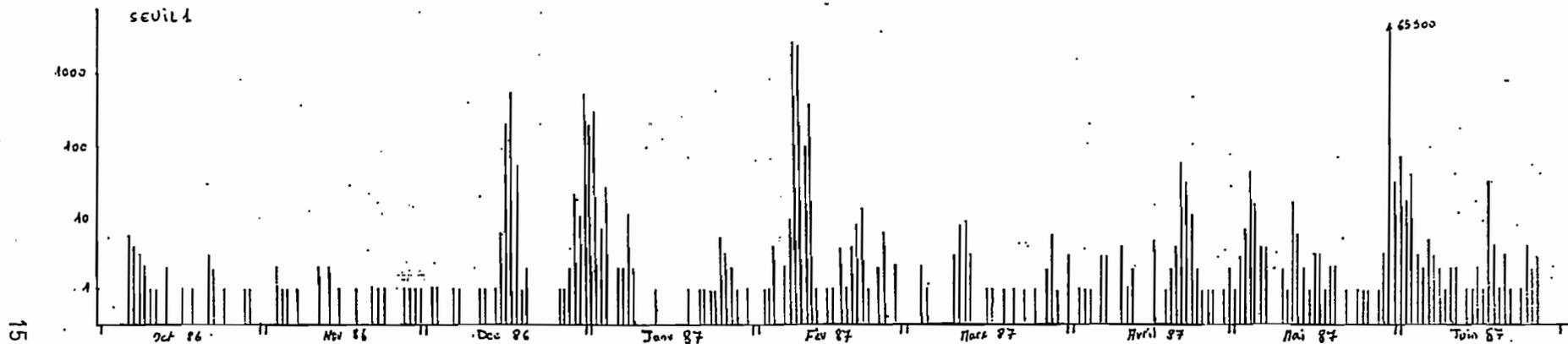
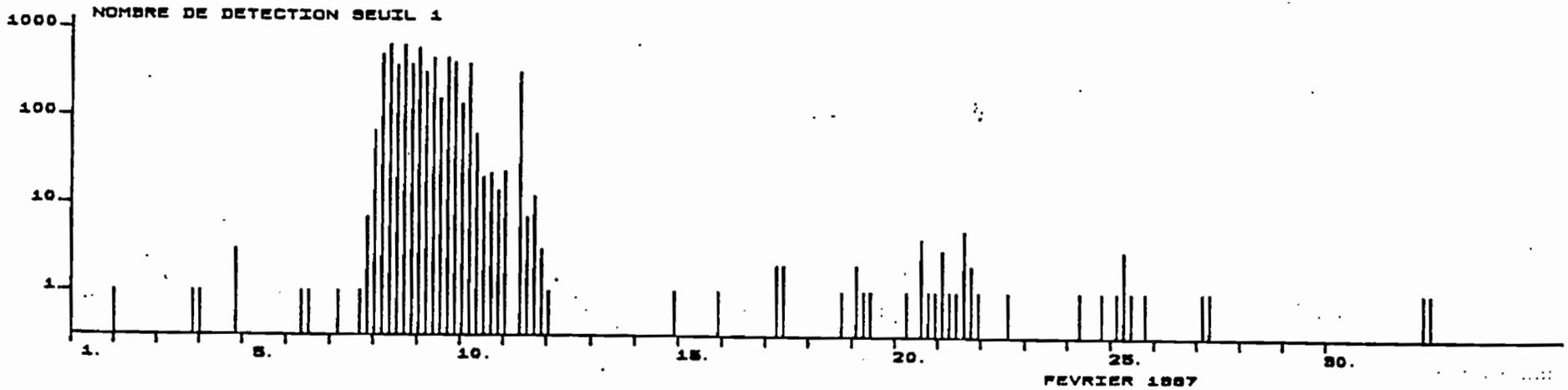
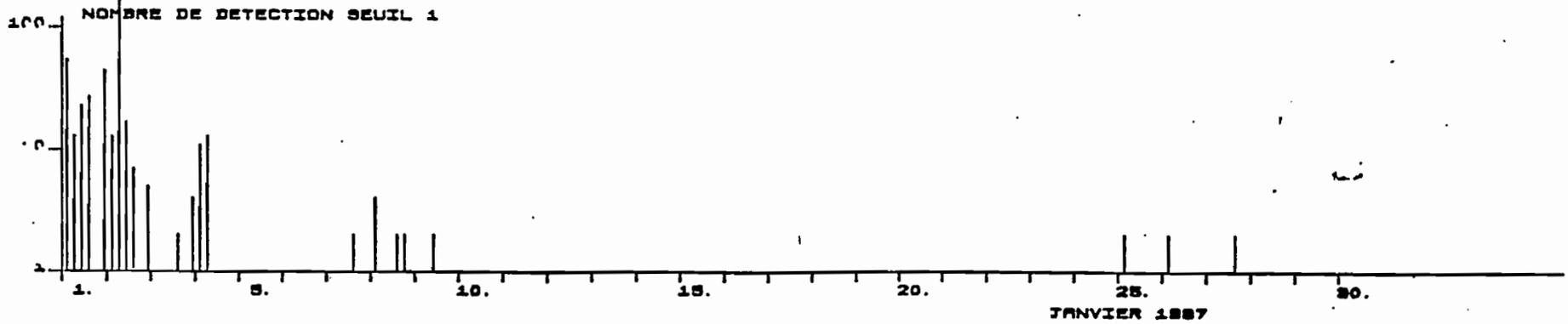
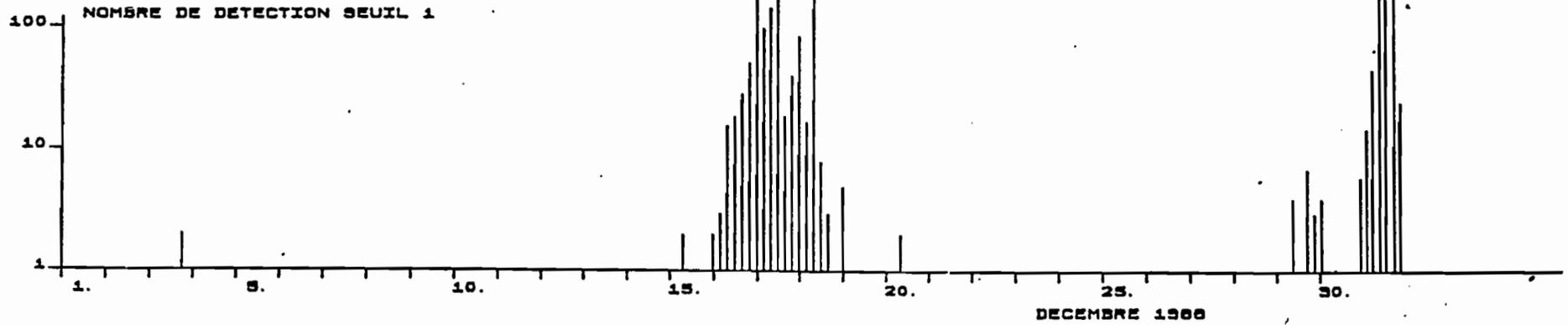


fig 5 bis .

MATTHEW



	S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (mbars)		S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (mbars)
1	0	0	0	1004	1	0	0	0	999
2	0	0	0	1003	2	0	0	0	999
3	0	0	0	1003	3	2	0	0	999
4	0	0	0	1003	4	1	0	0	999
5	0	0	0	1001	5	1	0	0	999
6	6	1	0	999	6	0	0	0	999
7	4	0	0	998	7	1	0	0	999
8	3	0	0	1000	8	0	0	0	1000
9	2	0	0	1001	9	0	0	0	1000
10	1	1	0	1001	10	0	0	0	999
11	1	0	0	1001	11	2	0	0	994
12	0	0	0	1001	12	0	0	0	995
13	2	1	0	1000	13	3	0	0	995
14	0	0	0	1001	14	0	0	0	994
15	0	0	0	1002	15	1	0	0	991
16	1	0	0	1000	16	0	0	0	990
17	0	0	0	1000	17	0	0	0	989
18	1	0	0	1000	18	1	0	0	990
19	0	0	0	1002	19	0	0	0	992
20	0	0	0	1000	20	0	0	0	995
21	3	0	0	998	21	1	0	0	996
22	2	0	0	1000	22	3	0	0	995
23	0	0	0	1002	23	1	0	0	995
24	1	0	0	1001	24	0	0	0	995
25	0	0	0	1000	25	0	0	0	994
26	0	0	0	999	26	0	0	0	995
27	0	0	0	999	27	1	0	0	994
28	1	0	0	998	28	1	0	0	995
29	1	0	0	996	29	1	0	0	995
30	0	0	0	998	30	1	0	0	996
31	0	0	0	1000	31				

17

	S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (mbars)		S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (mbars)
1	0	0	0	997	1	195	0	0	990
2	1	0	0	997	2	305	0	0	990
3	4	0	0	995	3	7	1	0	990
4	0	0	0	995	4	24	0	0	993
5	0	0	0	995	5	0	0	0	992
6	1	0	0	996	6	2	0	0	993
7	1	0	0	996	7	2	0	0	996
8	0	0	0	995	8	10	1	1	995
9	0	0	0	994	9	2	0	0	997
10	0	0	0	994	10	0	0	0	994
11	1	0	0	994	11	0	0	0	995
12	1	0	0	994	12	0	0	0	993
13	0	0	0	996	13	1	0	0	995
14	1	0	0	995	14	0	0	0	995
15	6	0	0	996	15	0	0	0	996
16	189	0	0	989	16	0	0	0	996
17	492	1	0	986	17	0	0	0	995
18	56	0	0	986	18	0	0	0	995
19	1	0	0	985	19	1	0	0	994
20	2	0	0	986	20	0	0	0	994
21	0	0	0	990	21	1	0	0	993
22	0	0	0	992	22	1	0	0	994
23	0	0	0	992	23	1	0	0	990
24	0	0	0	992	24	1	1	0	992
25	0	0	0	994	25	5	0	0	993
26	1	0	0	995	26	3	0	0	994
27	1	1	0	995	27	2	0	0	994
28	2	0	0	994	28	1	0	0	994
29	20	0	0	993	29	0	0	0	995
30	11	0	0	991	30	1	0	0	995

Fevrier 1907

Mars

1907

	S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (mbars)		S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (m bars)
1	0	0	0	995	1	0	0	0	994
2	1	0	0	995	2	0	0	0	992
3	1	1	0	994	3	0	0	0	993
4	4	0	0	993	4	2	0	0	995
5	0	0	0	992	5	1	0	0	997
6	2	0	0	992	6	0	0	0	997
7	4	0	0	987	7	0	0	0	996
8	2633	2	0	983	8	0	0	0	996
9	2397	0	0	985	9	0	0	0	996
10	649	0	0	990	10	3	1	0	994
11	364	0	0	996	11	15	0	0	994
12	1	0	0	995	12	18	0	0	993
13	0	0	0	995	13	3	0	0	995
14	1	0	0	993	14	0	0	0	996
15	1	0	0	993	15	0	0	0	994
16	0	0	0	991	16	1	0	0	994
17	4	0	0	990	17	1	0	0	992
18	1	0	0	992	18	0	0	0	990
19	4	0	0	994	19	1	0	0	989
20	7	0	0	993	20	0	0	0	991
21	13	0	0	993	21	1	0	0	994
22	1	0	0	993	22	0	0	0	994
23	0	0	0	993	23	1	0	0	993
24	2	0	0	996	24	0	0	0	995
25	6	0	0	993	25	1	0	0	994
26	0	0	0	992	26	0	0	0	997
27	2	0	0	993	27	2	1	0	998
28	0	0	0	994	28	6	0	0	999
29					29	1	0	0	999
30					30	0	0	0	998
31					31	3	0	0	996

19

1

Flou1 1487

Flou

1407

	S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (m bars)		S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (m bars)
1	0	0	0	995	1	1	0	0	1000
2	1	0	0	998	2	3	0	0	1001
3	1	0	0	998	3	7	0	0	1002
4	1	1	0	998	4	43	1	0	1002
5	0	0	0	997	5	16	0	0	999
6	3	0	0	997	6	4	0	0	998
7	3	0	0	997	7	4	0	0	999
8	0	0	0	997	8	0	0	0	999
9	0	0	0	995	9	0	0	0	1000
10	4	0	0	994	10	2	0	0	999
11	1	1	0	995	11	1	0	0	999
12	2	0	0	996	12	16	0	0	998
13	0	0	0	995	13	6	0	0	999
14	0	0	0	993	14	2	1	1	999
15	0	0	0	993	15	1	0	0	999
16	11	3	0	991	16	3	0	0	999
17	0	0	0	992	17	3	0	0	998
18	1	0	0	993	18	1	0	0	999
19	2	0	0	995	19	2	0	0	997
20	4	0	0	998	20	2	1	0	997
21	59	2	0	999	21	0	0	0	999
22	33	0	0	998	22	1	0	0	1001
23	21	0	0	998	23	0	0	0	1002
24	2	0	0	1000	24	1	0	0	1002
25	1	1	0	1003	25	1	0	0	1002
26	1	1	0	1004	26	1	0	0	1002
27	1	0	0	1004	27	0	0	0	1002
28	0	0	0	1003	28	1	0	0	1003
29	1	0	0	1002	29	3	0	0	1001
30	2	0	0	1000	30	65534	0	0	1001
31					31	30	0	0	1000

20

2010

1407

	S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (m bars)		S_1 (Unité)	S_2 (Unité)	S_3 (Unité)	Pat (m bars)
1	42	0	0	1000	1				
2	17	0	0	998	2				
3	39	0	0	996	3				
4	3	0	0	996	4				
5	2	0	0	995	5				
6	5	0	0	997	6				
7	3	0	0	1001	7				
8	2	0	0	1000	8				
9	1	0	0	1003	9				
10	2	0	0	1002	10				
11	2	0	0	1002	11				
12	0	0	0	1001	12				
13	1	0	0	1001	13				
14	1	0	0	1002	14				
15	2	0	0	1001	15				
16	1	0	0	1000	16				
17	29	0	0	1001	17				
18	4	0	0	1003	18				
19	1	0	0	1005	19				
20	3	0	0	1002	20				
21	1	0	0	1002	21				
22	0	0	0	1001	22				
23	1	0	0	1001	23				
24	4	0	0	998	24				
25	2	0	0	994	25				
26	3	0	0	994	26				
27	0	0	0	995	27				
28	0	0	0	997	28				
29					29				
30					30				
31					31				

III - ACTIVITE FUMEROLLIENNE

Installation de sondes thermiques sur fumerolles en 3 sites. (Fig. 1)

1) Site A.

Il est situé dans la tranchée active ouverte d'Est en Ouest.

Le site A, proprement dit, se trouve sous un bloc métrique de roche couvert de soufre. A sa base, plusieurs orifices laissent échapper de bruyants jets de vapeur ($t = 102^{\circ}\text{C}$, stable depuis 1979). La sonde a été installée horizontalement, la partie active se trouvant en plein dans la veine gazeuse.

Les enregistrements donnés par cette sonde, se sont avérés incohérents et inutilisables (télex du 21-04-87 de M. LARDY).

2) Site B.

C'est une fracture verticale, largement ouverte, recoupant la paroi rocheuse surmontant le vallon en fer à cheval. Elle est donc située sur une pente direction Nord-Sud et est exposée Ouest.

On n'y observe pratiquement pas de soufre, et la température des vapeurs qui s'en échappent oscille autour de 80°C .

La sonde a été installée obliquement dans la fissure, et enfoncée au maximum dans celle-ci; cependant, compte tenu de la largeur de cette fissure, les mesures réalisées restent sensibles aux courants d'air, particulièrement lorsque le vent est à l'Ouest ou au Nord-Ouest.

3) Site C.

Situé sur la lèvre du cratère central, il est exposé Sud-Ouest.

Il s'agit d'une large fissure subhorizontale s'enfonçant profondément sous un gros bloc. Ce site correspond aux températures les plus élevées enregistrées sur MATTHEW et ceci de manière permanente depuis 1979. On y observe cependant des variations importantes.

Alors que le site C ne présentait pas de trace de dépôt de soufre jusqu'en janvier 86, un brusque changement est intervenu début 86 conduisant à l'aspect actuel du site (soufre tapissant l'ensemble des blocs rocheux du secteur).

Après aménagement de la bouche de la fumerolle, la sonde a été enfournée horizontalement et dans sa totalité dans la fissure, la partie active se trouvant en plein dans le jet de gaz.

INTERACTION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES SUR L'ACTIVITE FUMEROLLIENNE

L'étude de l'activité des fumerolles B et C (ou respectivement 2 et 3) sera faite sur les périodes pour lesquelles elles enregistrent des anomalies de températures corrélables avec un accident climatique; soit :

- du 14 au 17 novembre 86 (cf. ANNEXE II, fig. 1)
- du 15 au 17 décembre 86 (cf. ANNEXE II, fig. 2)
- du 07 au 09 février 87 (cf. ANNEXE II, fig. 3)
- du 20 au 22 février 87 (cf. idem)
- du 11 au 15 mars 87 (cf. ANNEXE II, fig. 4)
- du 15 au 21 avril 87 (cf. ANNEXE II, fig. 5)
- du 02 au 08 juin 87

Les températures enregistrant des variations brusques, il est préférable de garder les données graphiques et numériques brutes, c'est-à-dire d'utiliser les valeurs de chaque passage du satellite, sans moyenner sur une journée.

Il reste à corrélérer les températures fumerolliennes avec les paramètres (donnant les conditions météorologiques) suivants :

* critères donnant des informations qualitatives et quantitatives sûres :

- Pression atmosphérique : une baisse de pression importante veut dire cyclone ou dépression forte, donc vents violents (cf. ANNEXE I, fig. 4).

- Températures à 3, 30, 60 et 120 cm : une baisse de température veut dire propagation d'une onde froide et donc précipitations (cf. ANNEXE II, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 5bis).

Remarque : Dans tous les cas, les précipitations seront mises en évidence; on pourra connaître la date et à peu près l'heure de début de pluie, mais aussi appréhender la quantité d'eau tombée (en fonction de la pénétration de l'onde froide; en profondeur dans le sol).

Les coups de vent ne seront enregistrés que dans le cas de cyclone, d'où incertitudes dans certains cas.

* Critères s'avérant moins certains et plus approximatifs :

- Humidité relative : pour qu'il y ait pluie il faut que H.R. soit égale à 100% (mais H.R. = 100%, n'implique pas forcément des pluies). (Cf. ANNEXE II, fig. 1, 2, 3, 4, 5).

- Température sous abris : une baisse de la variation journalière annonce une dépression.

Tableau (1) :

Synthèse des variations des divers paramètres (météorologiques et d'activité fumerollienne) pour les différentes périodes sélectionnées.

Tableau (2) :

Interprétation en termes climatiques.

Periode	H. R = 100%	Pr atmos. (baisse)	0° sous abris	0° à 3cm	0° à 30cm	0° à 60cm	0° à 120cm	0° fum (2)	0° fum (3)		
14 ou 16 nov 86	oui	oui		minimum 15 nov à 13h	15 nov à 13h 7.5°	15 nov à 17h 7.5°	/	/	15 nov à 13h 16°	18 nov à 10h	
15 ou 17 déc 86	/	cyclone Patsy du 15 au 19 déc vents > 50 km/h	Δ journalière baisse	Δ journalière baisse	/	/	/	15 déc à 3h 30°	/	17 déc à 23h	
7 ou 9 fév 87	oui	cyclone Uma du 7 au 10 fév vents > 150 km/h	Δ journalière baisse	/	8 fév à 4h 4°	8 fév à 12h 3°	/	7 fév à 21h 28°	/	/	
20 ou 22 fév 87	oui	/	Δ journalière baisse	Δ journalière baisse	/	/	/	21 fév à 10h 21°	22 fév à 23h 23°	/ 26	
11 ou 15 mars 87	oui	/	Δ journalière baisse	Δ journalière baisse 0° à 12 à 0h	12 mars à 8h 3.5°	/	/	/	/	12 mars à 5h 22°	15 mars à 17h
15 ou 21 avril 87	oui / très forte pluies enregistrées	/	Δ journalière baisse	Δ journalière baisse 0° ↓ le 15 à 1h	15 avril à 13h 4°	15 avril à 21h 6.5°	17 avril à 21h 9.3°	16 avril à 17h 30°	20 avril à 10h 22°	15 avril à 13h 12°	
2 ou 8 juin 87	oui	/	Δ journalière baisse	Δ journalière baisse 0° ↓ le 3 à 1h	3 juin à 1h 12°	3 juin à 1h 15°	/	3 juin à 5h 22°	5 juin à 2h 5°	3 juin à 1h 22°	9 juin à 6h

site B ⇔ fumerolle (2) : fracture verticale largement ouverte, exposée à l'ouest; sensible aux vents venant Ouest ou Nord-Ouest. 0° fum (2) ≈ 80°C

site C ⇔ fumerolle (3) : large fissure subhorizontale s'enfonçant profondément sous un gros bloc; exposée Sud-Ouest. 0° fum (3) ≈ 150°C

TABLEAU (2)

Période	H. R = 100%	P _r atmos. (baïse)	0° sous oriz	0° à 30m	0° à 30m	0° à 60m	0° à 120m	0° fum (2)	0° fum (3)
14 au 16 nov 86					PLUIES	PLUIES			PLUIES
15 au 17 déc 86		VENT						VENT	
7 au 9 fév 87		VENT			PLUIES	PLUIES		VENT	
20 au 22 fév 87								VENT	
11 au 15 mars 87					PLUIES				PLUIES
15 au 21 avril 87		PLUIES			PLUIES	PLUIES	PLUIES	?	PLUIES
2 au 8 juin 87					PLUIES	PLUIES		?	PLUIES

Réponses de l'activité fumerollienne aux coups de vent et aux précipitations touchant MATTHEW.

Les fumerolles 2 et 3 n'ont pas du tout le même comportement.

Fumerolle 3 :

La température est insensible aux coups de vent; sans doute est-elle suffisamment bien protégée, étant profondément enfoncée dans la fissure, sa partie active en plein dans le jet de gaz; sa position géographique ainsi que la présence d'un gros bloc doivent jouer.

La température est, par contre, perturbée par l'eau de précipitation qui s'infiltré.

- Caractéristiques des anomalies créées par les précipitations.

La rentrée d'eau dans le site C provoque une baisse brutale de la température de la fumerolle (de 12° à 22°C). Cette chute est enregistrée dès le début des pluies ou au maximum 12 h après.

A partir de là, deux cas se présentent :

. Site noyé mais arrêt rapide des pluies.

Dans le cas où les précipitations durent moins de 4 jours, (le paramètre Humidité Relative = 100% pendant cette période), les températures fumerolliennes enregistrées mettront 3 à 6 jours pour retrouver leur température initiale et stationnaire.

La bouché de la fumerolle est en fait "une fenêtre" sur le système géologique sous-jacent. Ce système a emmagasiné une certaine quantité de chaleur (apportée par les sources internes au volcan : chambre magmatique) avant l'accident climatique. L'eau de précipitation à température ambiante va refroidir brutalement le système; celui-ci sera réchauffé progressivement par le flux de chaleur du volcan (remontée de température d'une façon exponentielle) et ne retrouvera qu'après quelques jours son équilibre thermique donc sa température initiale.

. Site noyé et poursuite des pluies.

C'est le cas enregistré en avril 87, où les précipitations ont duré 9 jours (Humidité Relative= 100%, pendant pratiquement toute cette période et baisse des températures du sol enregistrée jusqu'à 120 cm).

Les températures fumerolliennes sont alors perturbées pour plusieurs semaines et s'arrêtent à une température stationnaire intermédiaire - entre celle initiale et celle minimale - par grands paliers d'amplitudes faibles et cela en 15 jours.

Le système semble avoir trouvé un équilibre thermique différent d'avant les précipitations, donnant une température constante inférieure.

Fumerolle 2 :

Deux sortes d'accidents climatiques peuvent perturber les températures fumerolliennes du site B.

On sait que la sonde est sensible aux coups de vent venant de l'Ouest ou du Nord-Ouest.

L'interaction des pluies, quant à elle, semble plausible si l'on part du principe que si la largeur du site ainsi que son exposition permettent aux vents de s'infiltrer jusqu'à la partie active de la sonde, pourquoi serait-ce impossible aux précipitations ?

Les caractéristiques de l'anomalie des températures enregistrées vont permettre de vérifier la plausibilité de ces hypothèses.

Pour les périodes de décembre et février, il est évident que le vent est la cause de l'anomalie. On observe ainsi que celui-ci en s'engouffrant a fait chuter brutalement les températures de 20 à 30° C. Au passage suivant du satellite, le vent par son régime intermittent s'est calmé et la température est revenue à sa valeur initiale. Dans ces cas-ci, la perturbation des températures est un phénomène très ponctuel et très localisé. On peut avoir succession de chutes brutales et brèves dues à une suite de coups de vent, donnant ainsi une anomalie en dents de scie.

Pour les périodes d'avril et juin, où des pluies ont été mises en évidence mais pas de coups de vent, la forme de l'anomalie (pics négatifs de 20 à 30° répétés et pas d'inertie en retour des températures) me fait toujours penser que l'accident climatique causant de telles perturbations ne peut avoir qu'un régime intermittent et un effet sur les températures que très ponctuel.

On explique donc que toutes les anomalies de températures de la fumerolle 2, sont liés aux conditions météorologiques, à associer à des coups de vent.

Essai de calcul du flux de chaleur

Soit un système géologique dont les variations de température sont connues par celles enregistrées au niveau de la fumerolle 3.

Ce système en plus d'être caractérisé par sa température à pour paramètre :

- sa masse volumique apparente
- sa chaleur massive C .
- son volume V .

La forme du système, donc son volume, sont inconnus. La masse volumique ainsi que la chaleur massique ont été obtenues après analyse physique de deux échantillons prélevés sur MATTHEW :

$$\begin{aligned} \text{En moyennant, on a : } \rho_a &= 1478 \text{ kg m}^{-3} \\ C &= 964 \text{ J.kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

Sur les périodes de novembre et mars ce système après refroidissement brutal dû aux précipitations (on enregistre alors une température minimale T_m) va être réchauffé progressivement par les sources internes du volcan, pour arriver à une température maximale T_M stationnaire, et égale à celle initiale.

Courbes $T = f(t)$

novembre 86 :



mars 87 :



La remontée de température est peut-être significative du flux de chaleur délivré par le volcan et réchauffant le système qui est alors en régime transitoire ($dT/dt \neq 0$).

Quand la température devient stationnaire ($dT/dt = 0$), le système est en régime permanent et a atteint l'équilibre thermique.

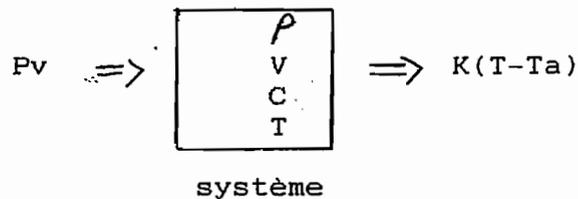
A chaque instant, on peut écrire l'équation de la chaleur régissant les trois puissances suivantes en présence : la puissance apportée par le volcan, celle du système, et celle

perdue vers l'extérieur :

$$P_v = P_s + P_p$$

Ou l'équation de la chaleur suivante plus explicite :

$$\rho V c \frac{dT}{dt} + K(T - T_a) = P_v \quad (1)$$



avec : P_v : puissance du volcan en J s⁻¹
 ρ : masse volumique du système en kg m⁻³
 V : volume du système en m³
 C : chaleur massique du système en J. kg⁻¹ °C⁻¹
 T : température du système en °C
 K : coefficient de perte en J. s⁻¹ °C⁻¹
 T_a : température ambiante en °C

Cherchons la solution de l'équation différentielle :

$$\rho V C \frac{dT}{dt} + K(T - T_a) = P_v \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dt} + \frac{KT}{\rho VC} = \frac{P_v + KT_a}{\rho VC} \quad (1') : \text{équation du type}$$

$$\frac{dT}{dt} + AT = B$$

La solution de cette équation est du type :

$$T = C e^{-At} + D \quad \text{avec } a = \frac{K}{\rho VC}$$

Trouvons les inconnus C et D en posant les conditions aux limites :

- à l'instant $t = 0$ la température du système est $T = T_m$

- à l'instant $t = \infty$ la température du système est $T = T_M$

$$\begin{array}{lll} t = 0 & e^{-At} = 1 & C + D = T_m \\ t = \infty & e^{-At} = 0 & D = T_M \end{array}$$

d'où

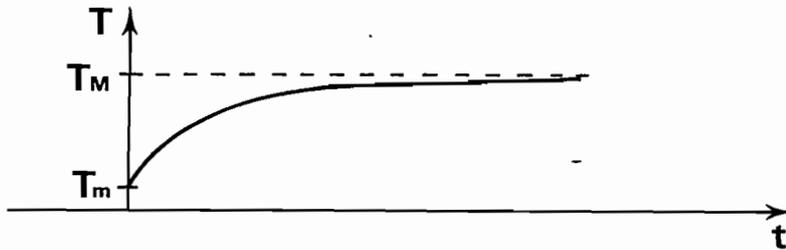
$$C = T_m - T_M = -(T_M - T_m)$$

et

$$T = T_M - (T_M - T_m)e^{-At}$$

$$T = (T_M - T_m)(1 - e^{-At}) + T_m \quad (2)$$

$$A = \frac{K}{\rho V C} > 0$$



avec :

- * $t \geq 0$
- * les conditions aux limites :
 - quand $t = 0$ $T = T_m$
 - quand $t = \infty$ $T = T_M$

Vérifions que la variation de la température de la fumerolle 3 en fonction du temps s'écrit sous la forme de l'équation (e).

$$T = (T_M - T_m)(1 - e^{-\lambda t}) + T_m \quad (2)$$

$$T_M - T = (T_M - T_m) e^{-\lambda t}$$

$$\log (T_M - T) = \log (T_M - T_m) - \lambda t$$

\Rightarrow droite du type $y = B + At$ avec :

{ l'intersection avec l'axe des ordonnées $\log (T_M - T_m)$
la pente $-\lambda$

Traçons (TM - T) en fonction du temps sur le papier semi-log pour les périodes du 14 au 16 novembre 86 et du 11 au 15 mars 87 (→ courbes α et β).

Données et résultats

Remarques :

- On prendra t = 0 comme origine des passages du satellite.
- Pour convertir le temps de passages en secondes, il faut savoir qu'entre deux passages il y a 4h 03mn'33 soit 14600 sec.

	novembre 1986	mars 1987
à t=0		
T=Tm	132° C	124° C
à t=∞	19,7 en passages ou 287620 en secondes	24 en passages 350400 en secondes
T=TM	148° C	148° C
log(TM-Tm)	2,77	3,18
$\lambda = \frac{\log(TM-Tm)}{t\infty}$	$\lambda_1=0,1407$ en pass-1 $\lambda_1=9,64 \cdot 10^{-6}$ en s-1	$\lambda_2=0,1324$ en pass-1 $\lambda_2=9,07 \cdot 10^{-6}$ en s-1

Conclusion :

Pour les deux périodes, on trouve bien une droite d'équation y = at + b. Ces droites sont mieux définies pour les valeurs de t petites (en effet la remontée de la température se fait d'abord d'une façon régulière puis par paliers, avec, en lissant, toujours une croissance exponentielle).

Les deux droites contraintes par les points correspondant à un temps petit donnent deux pentes λ_1 et λ_2 pour ainsi dire égales.

Il est prouvé ainsi que la variation de la température de la fumerolle 3 donc du système géologique sous-jacent (dont la fumerolle est une fenêtre) se fait selon l'équation (2) solution de l'équation différentielle (1) :

on a :

on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} T = (T_M - T_m) \left(1 - e^{-\frac{K}{\rho_{VC}} t}\right) + T_m \quad (2) \\ \frac{dT}{dt} + \frac{KT}{\rho_{VC}} = \frac{P_v + K T_a}{\rho_{VC}} \quad (1') \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} T = T_M - (T_M - T_m) e^{-At} \quad (3) \quad \text{avec } A = \frac{K}{\rho_{VC}} \\ \frac{dT}{dt} + AT = B \quad (4) \quad \text{et} \quad B = \frac{P_v + K T_a}{\rho_{VC}} \end{array} \right.$$

Dérivons (3) par rapport au temps :

$$\frac{dT}{dt} = A (T_M - T_m) e^{-At} \quad (5)$$

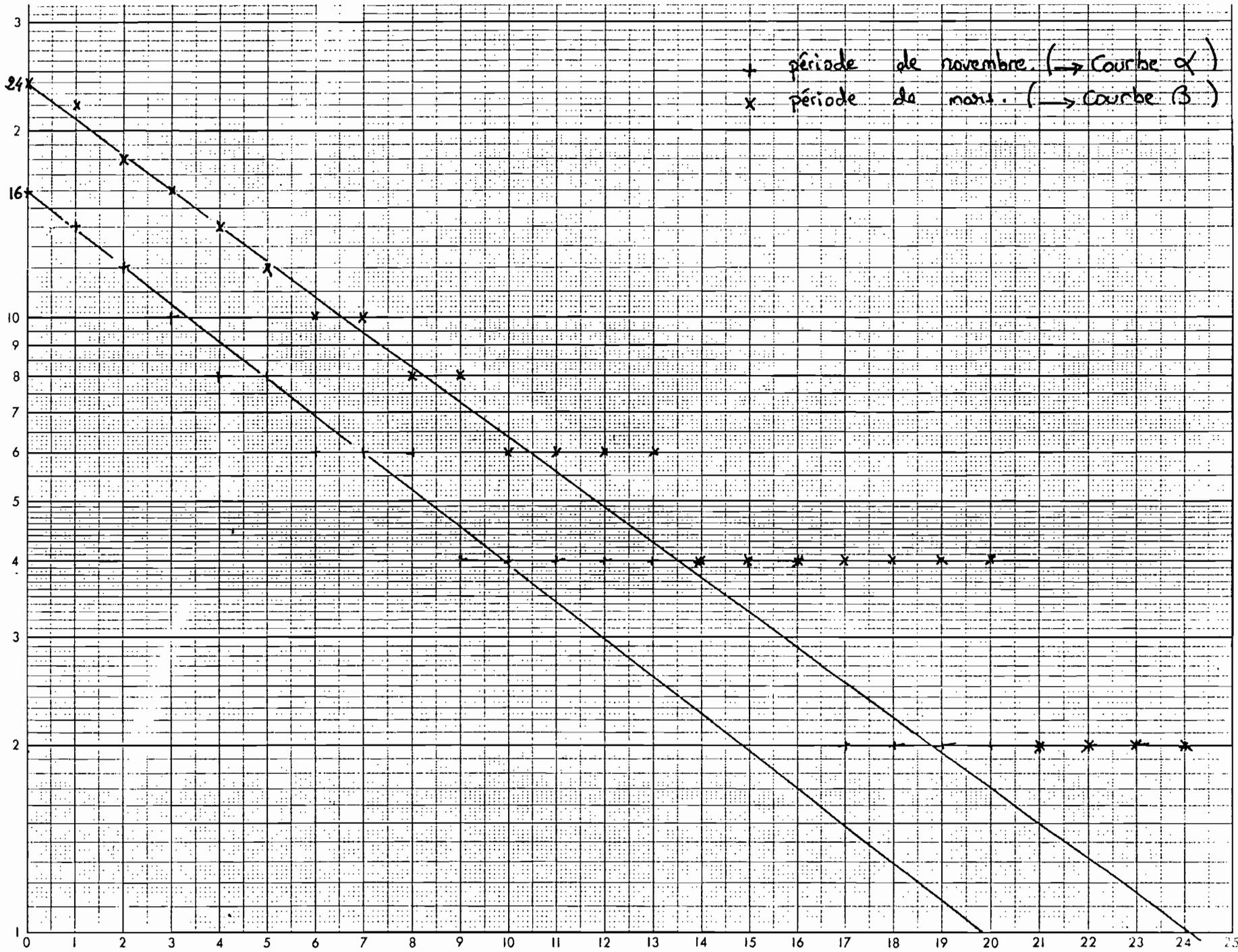
Remplaçons (3) et (5) dans (4) :

$$A (T_M - T_m) e^{-At} + A (T_M - (T_M - T_m) e^{-At}) = B$$

$$\Leftrightarrow \frac{K}{\rho_{VC}} T_M = \frac{P_v + K T_a}{\rho_{VC}}$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} T_M = \frac{P_v + K T_a}{K} \quad \text{ou} \quad T_M = \frac{P_v/V + K/V T_a}{K/V} \\ A = \frac{K}{\rho_{VC}} \end{array} \right.$$

$(T_H - T)$



Application numérique

$$C = 964 \text{ J.kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\rho_a = 1478 \text{ kg m}^{-3}$$

a) - Pour la période de novembre 86

$$T_M = 148^\circ \text{ C}$$

$$T_a = 25,7^\circ \text{ C} \quad (\text{température enregistrée à 120 cm})$$

$$A = 9,64 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$K/V = A \rho C$$

$$K/V = 9,64 \cdot 10^{-6} \times 1478 \times 964$$

$$K/V = 13,73 \text{ J.s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

$$K/V \times T_M - K/V T_a = P_v/V$$

$$13,73 \times (148 - 25,7) = P_v/V$$

$$P_v/V = 1679 \text{ J.s}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

b) - Pour la période de mars 87

$$T_M = 148^\circ \text{ C}$$

$$T_a = 26,7^\circ \text{ C} \quad (\text{température enregistrée à 120 cm})$$

$$A = 9,07 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$K/V = A \rho C$$

$$K/V = 9,07 \cdot 10^{-6} \times 1478 \times 964$$

$$K/V = 12,92 \text{ J.s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

$$K/V \times T_M - K/V T_a = P_v/V$$

$$12,92 \times (148 - 26,7) = P_v/V$$

$$P_v/V = 1567 \text{ J.s}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

D'où en moyennant, la puissance du volcan par unité de volume de roche :

$$P_v/V = 1620 \text{ J.s}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

Remarque : La forme du système n'étant pas connue, il est impossible d'apprécier le flux de chaleur délivré par le volcan.

A N N E X E I I

TEMPERATURES DU SOL A 3 CM, 30 CM, 60 CM, 120 CM

TEMPERATURE DES FUMEROLLES B ET C

ET

HUMIDITE RELATIVE SOUS ABRI.

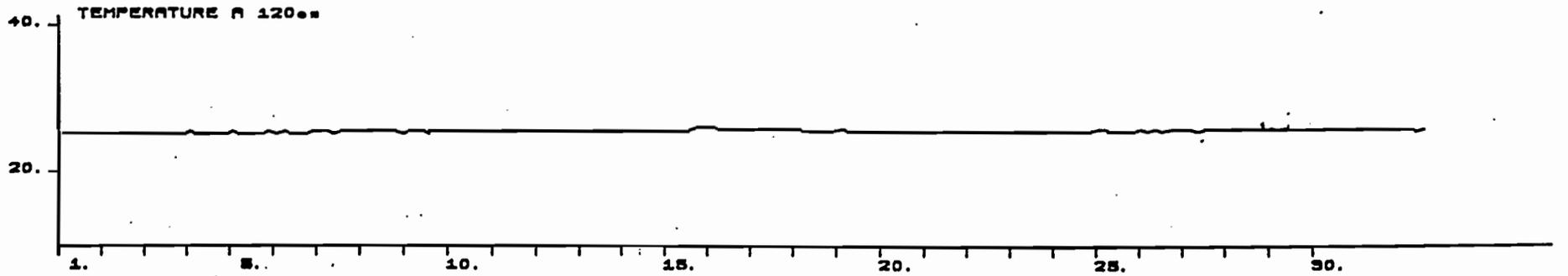
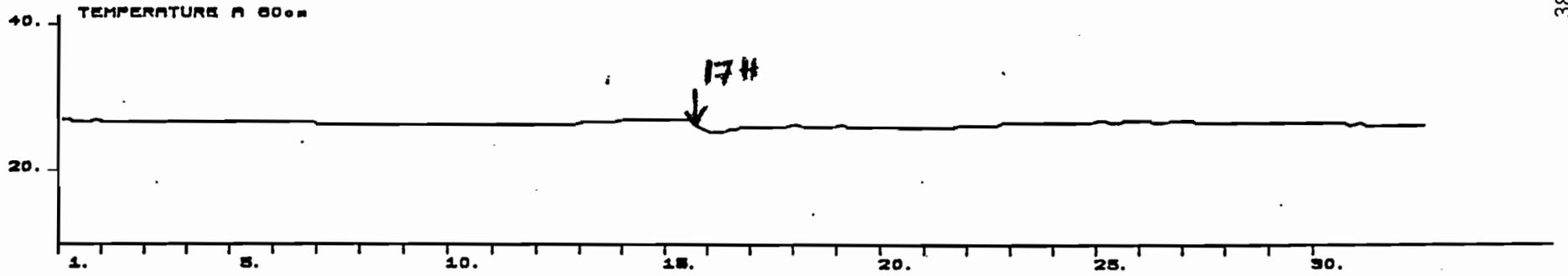
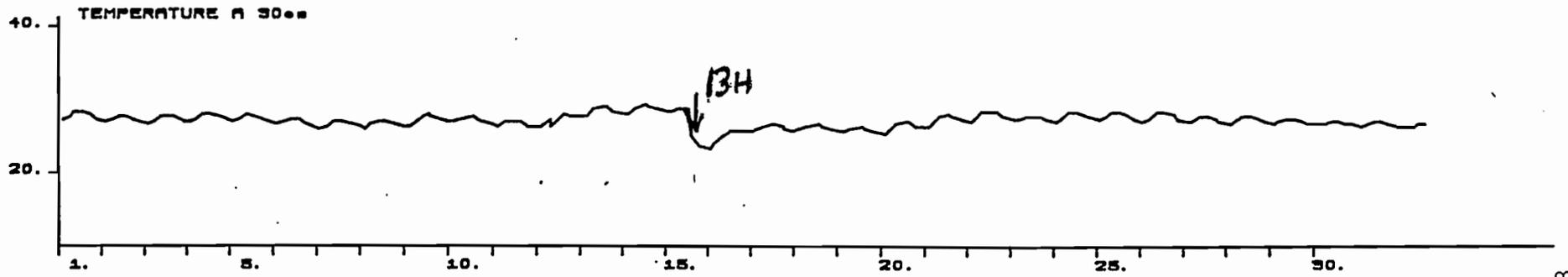
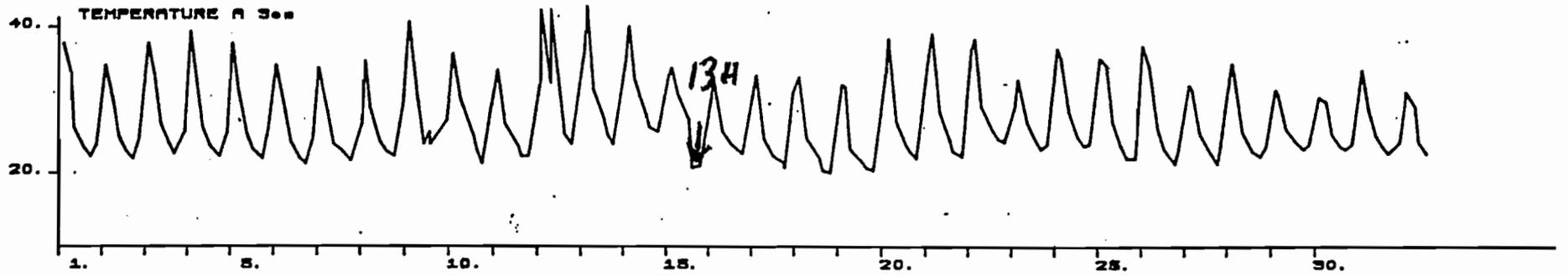
PRESSION ATMOSPHERIQUE SOUS ABRI

(Données graphiques)

- nov., déc. 1986
- fév., mars, avril, mai, juin 1987

fig 1 bis

MATTHEW



NOVEMBRE 1988

Fig 1

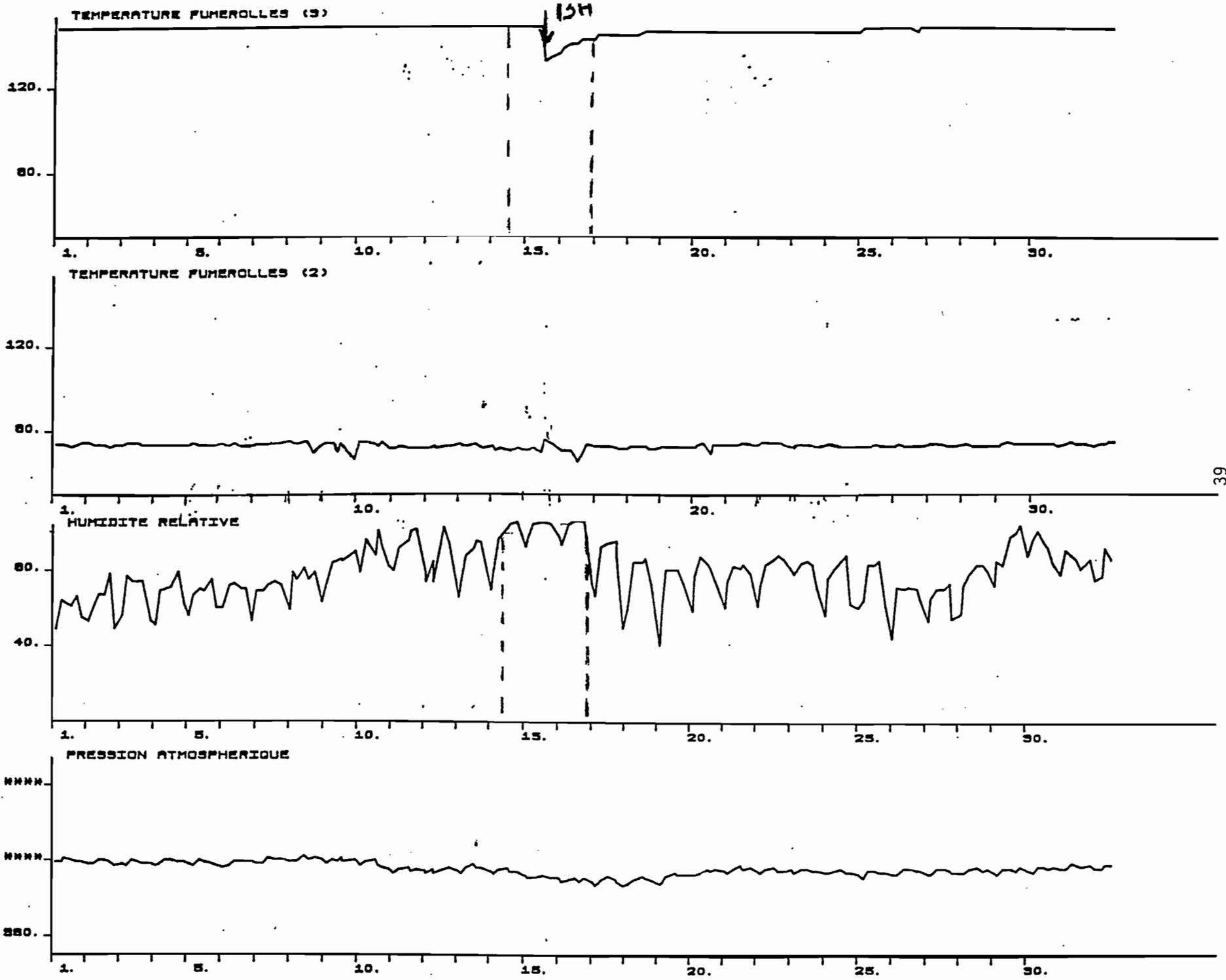
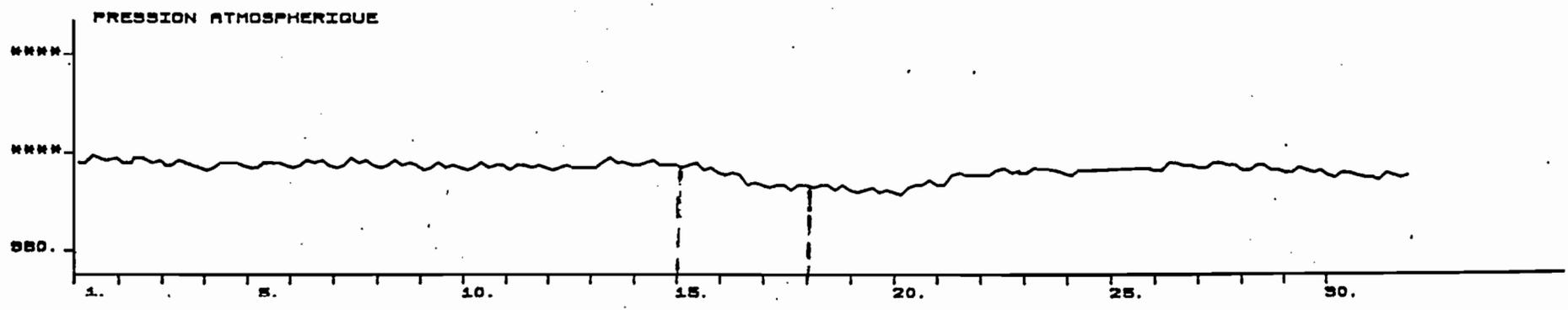
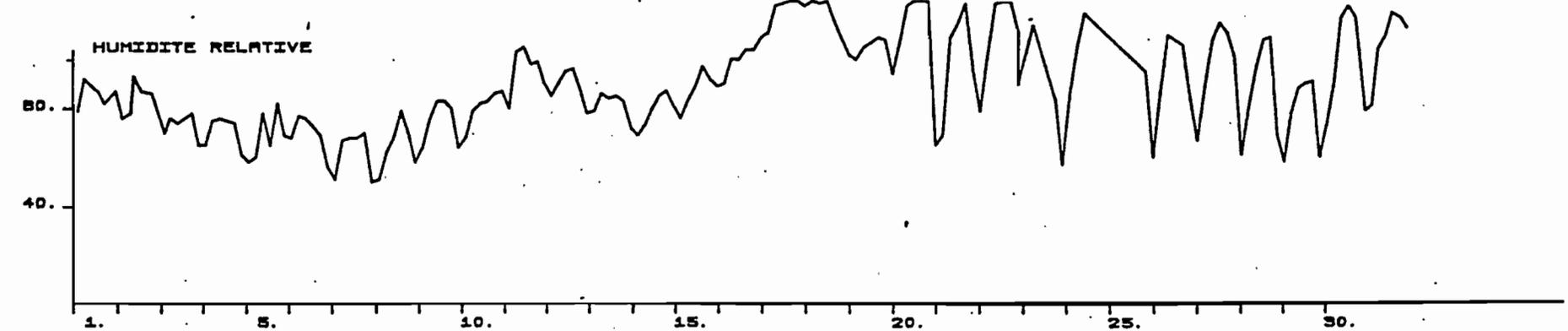
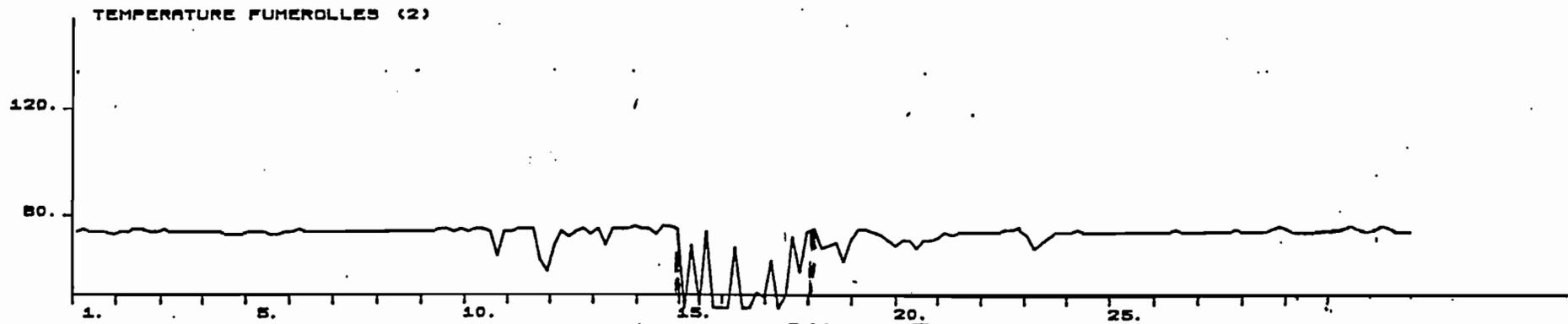
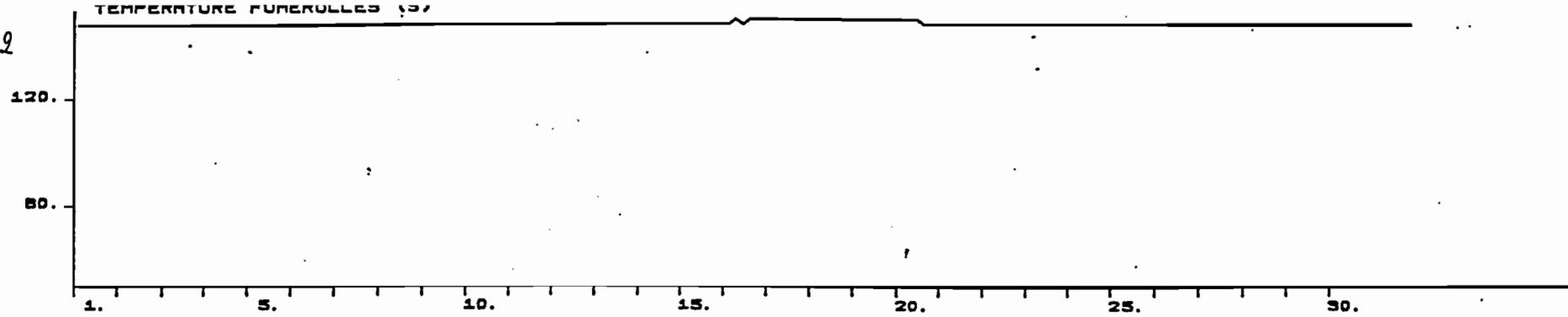


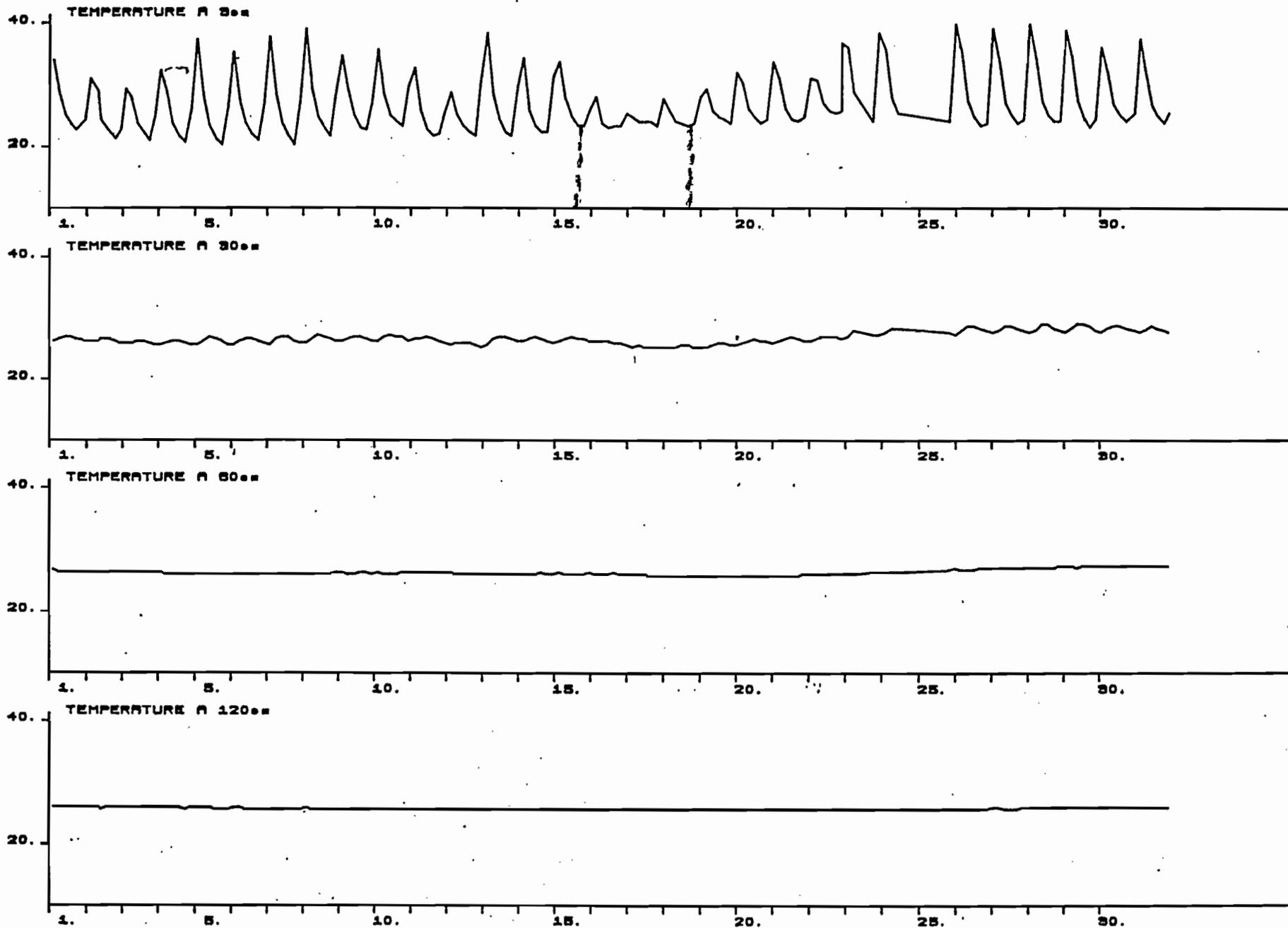
fig 2



40

fig 2bis

MATTHEW



DECEMBRE 1986

fig 3 bis

MATTHEW

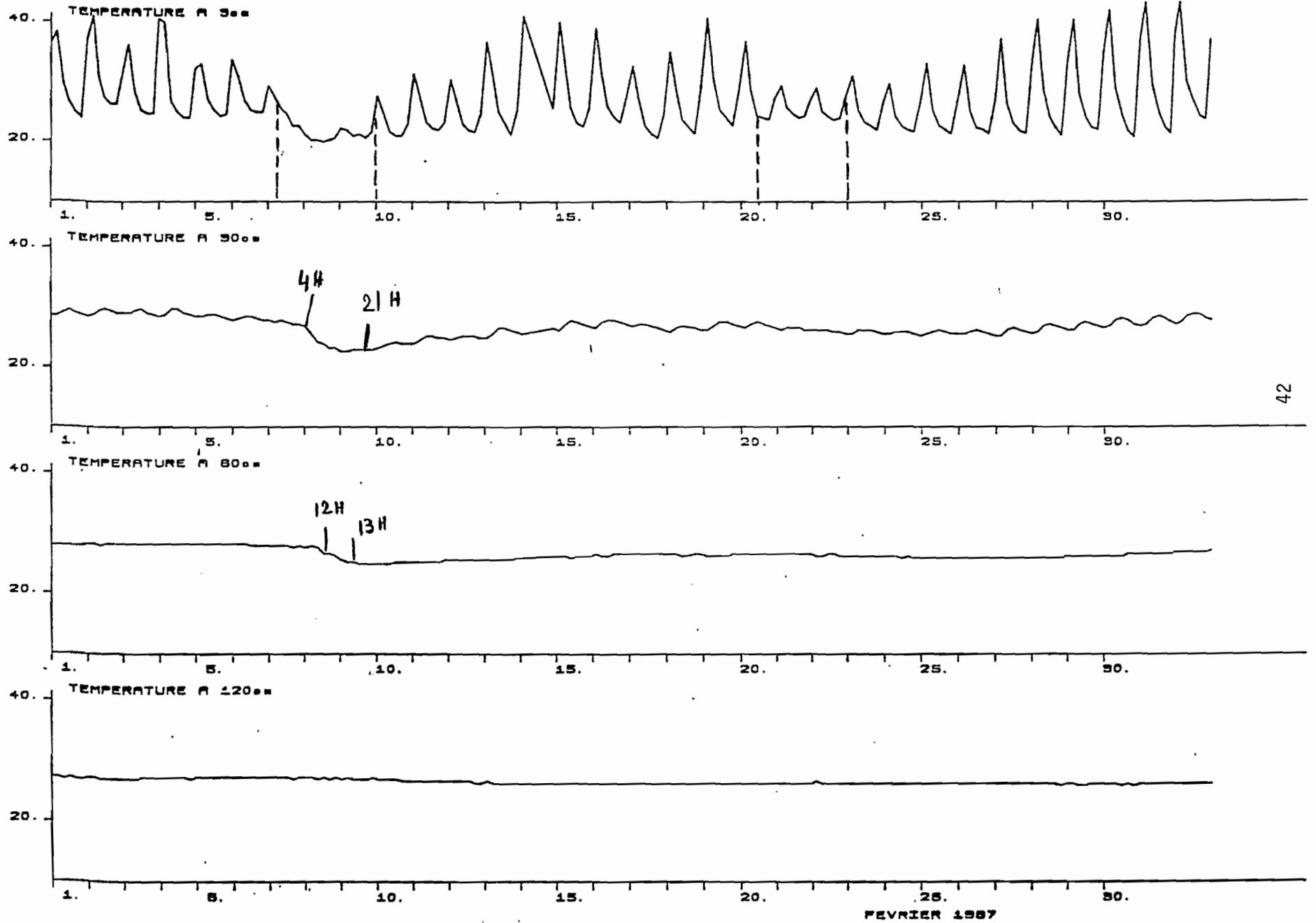


fig 4.

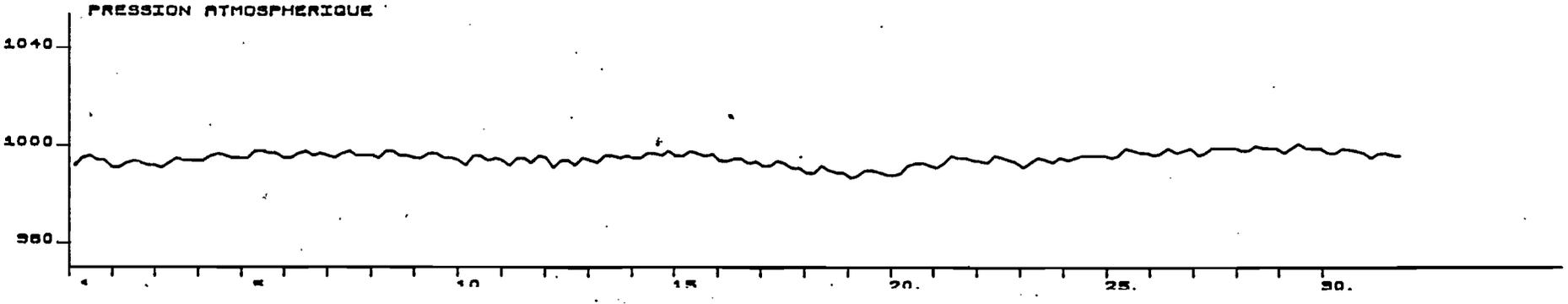
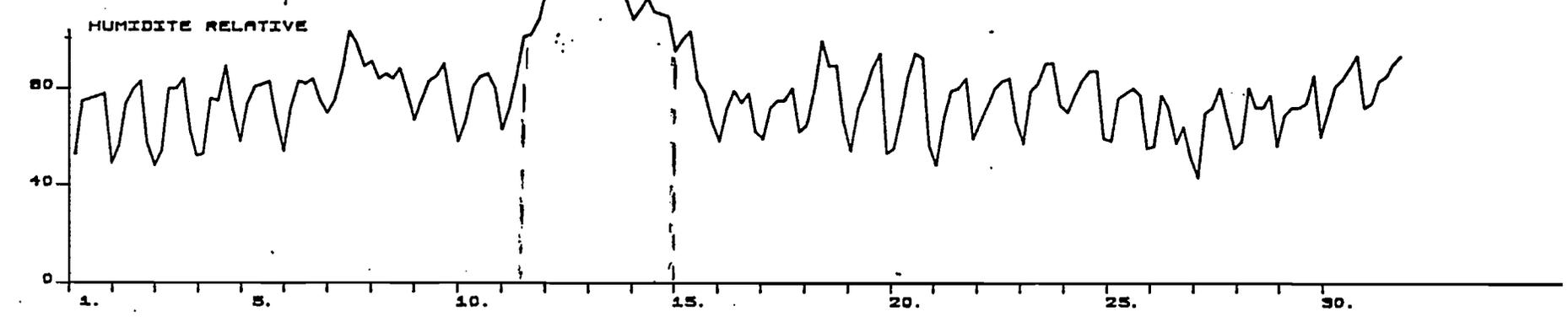
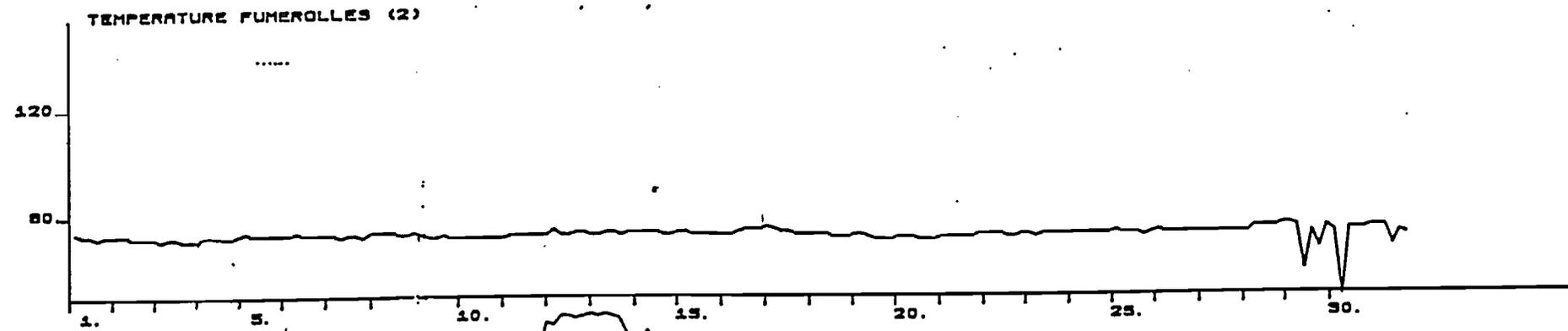
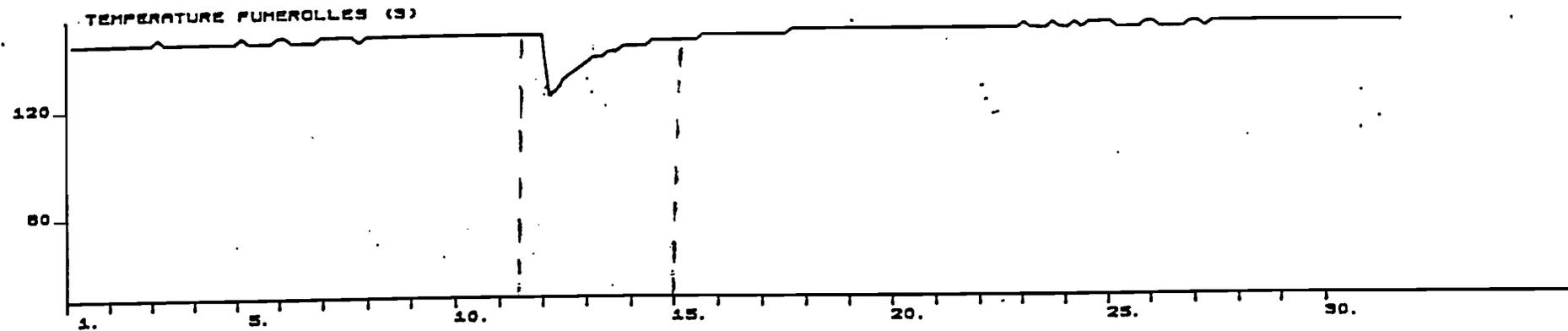
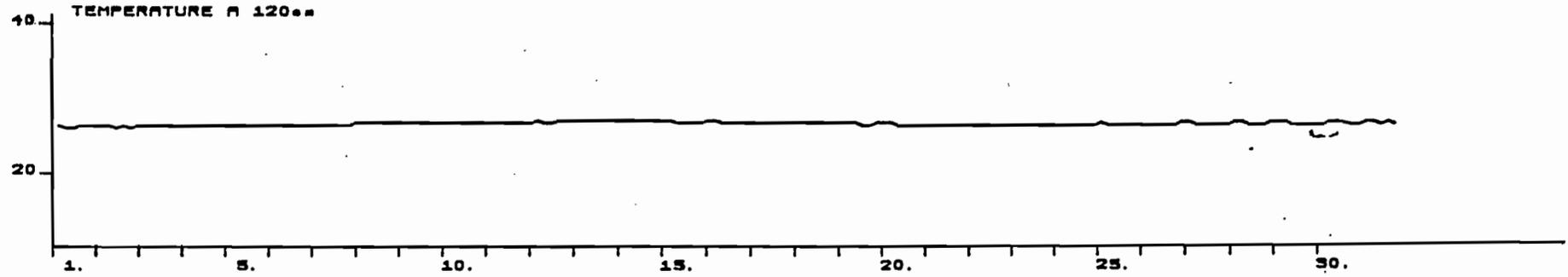
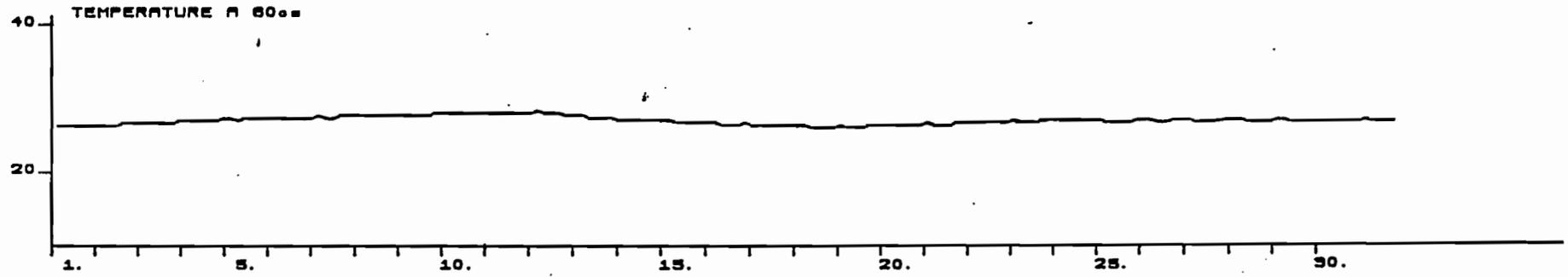
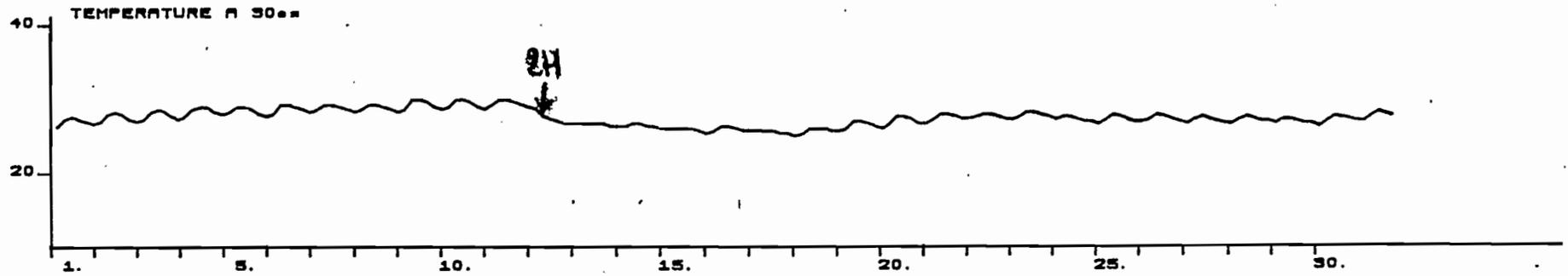
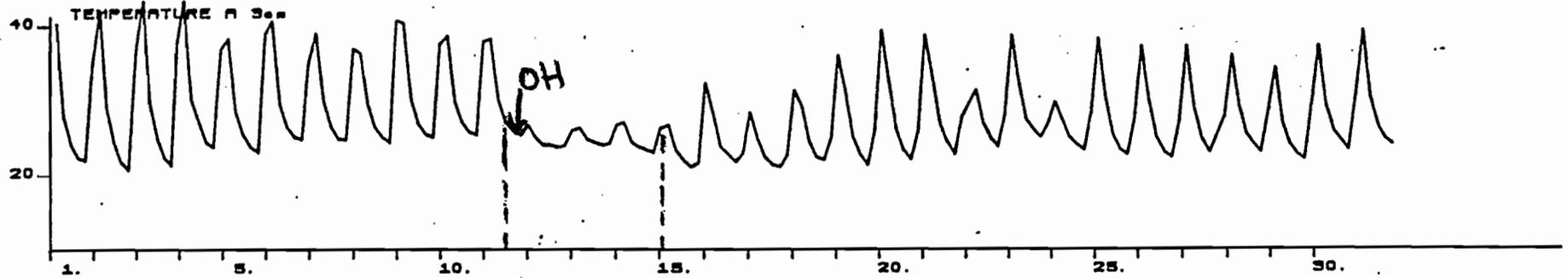


fig 4.bis

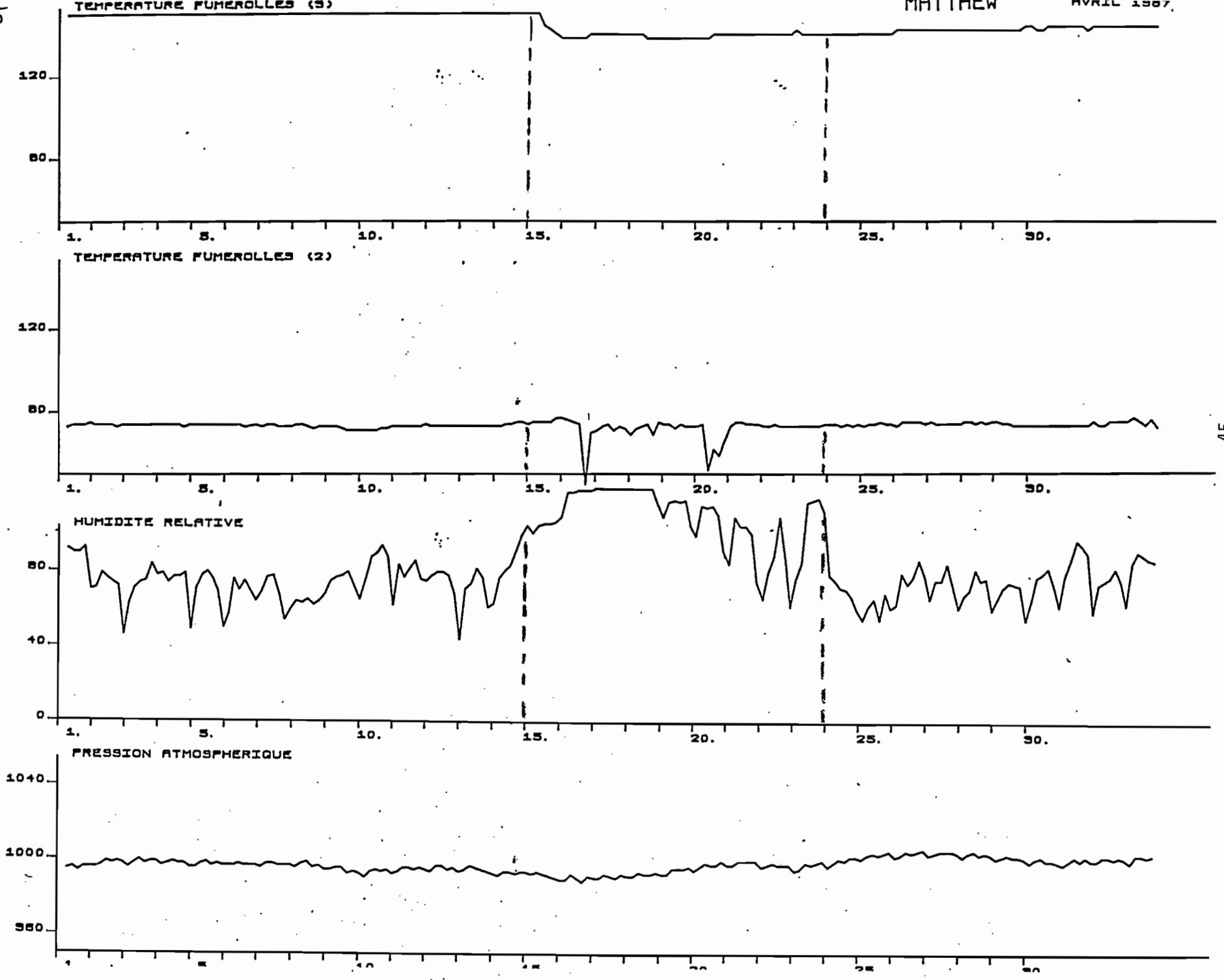
MATTHEW



MARS 1997

fig 5

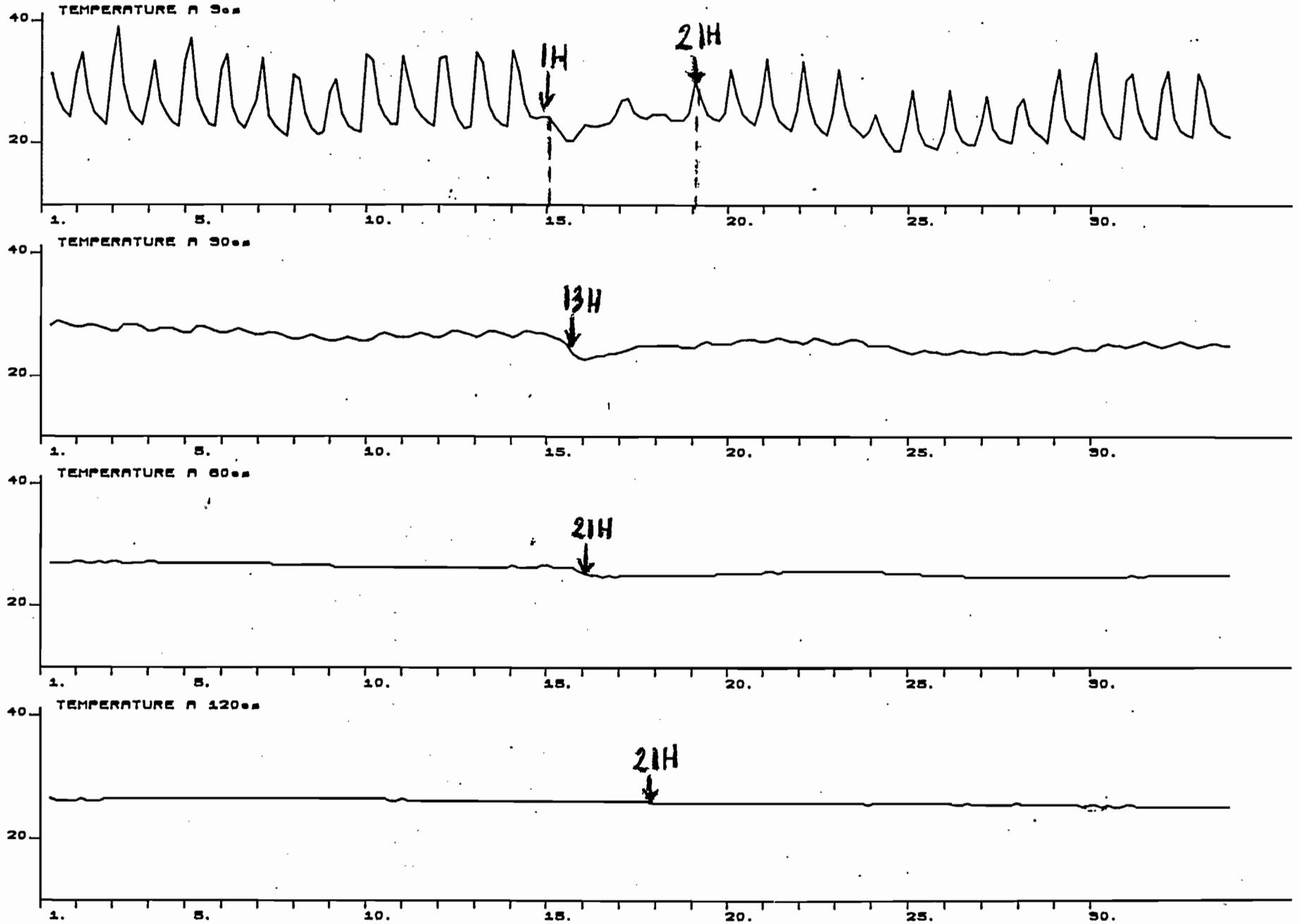
MATHIEU AVRIL 1967



45

Fig 5.bii

MATTHEW



AVRIL 1987

