

COMPTERENDU

EXPEDITION PAHOEHOE 81

7-1981



ABIME CLUB NICOIS
D . Decobecq
C . Christi

7-1989

EXPEDITION " PAHOEHOE 81 "

F.F.S. BIBLIOTHEQUE
Arrivée le
345 88
Classement pays

Ref. 72/82

" Les spéculations tranquilles du cabinet, les connaissances acquises dans les livres ne peuvent point former un minéralogiste ; c'est dans le grand livre de la nature qu'il doit lire ; c'est en descendant dans les profondeurs de la Terre qu'il doit épier ses travaux mystérieux ; c'est en gravissant contre le sommet des montagnes escarpées ; c'est en parcourant différentes contrées qu'il parviendra à arracher à la nature quelques-uns des secrets qu'elle dérobe à nos regards. "

(Baron d'HOLBACH - encyclopédie de DIDEROT et d'ALEMBERT - 1765)



lave Pahoehoe

Kilauea (Hawaii)

S O M M A I R E

-Remerciements	-	3	-
-Introduction	-	4	-
-Situation de l'archipel Hawaïien	-	5	-
-Situation Géographique	-	6	-
-Climat , Végétation	-	8	-
-Présentation Volcanologique,Geologique de l'île d'Hawaïi			
- Théorie des points chauds	-	9	-
- Les Boucliers Volcans	-	10	-
- Pétrologie	-	12	-
-Genèse,Morphologie,Protection des Tubes de Lave	-	17	-
-Stalagtites , Stalagmites de la Lave	-	24	-
- Présentation des Cavités de la Lave de l'île d'Hawaïi	-	26	-
- Toponymie des termes Hawaïiens	-	43	-
- Bibliographie sommaire	-	44	-

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les amis et parents qui nous ont aidé ,conseillé et soutenu dans l'élaboration et l'accomplissement de cette expédition.

Plus particulièrement Mr Patrice de Saint Ours

Les amis et organismes Hawaïens.

Mr Kim du Civil Defense de Hawaii

Mr Yamamoto ainsi que le Hawaiian Volcano Observatory

ainsi que Dallas Tessmer, Less Baker, Dan et Toshi Taylor ,Dominique Lelievre.

Les organismes publics et privés ainsi que les entreprises dont l'appui moral, financier et matériel et la confiance qu'ils ont su témoigner a permis la réalisation de ce projet :

- Le Laboratoire de Pétrologie-Minéralogie de l'Université de Nice, directeur le professeur G.H Turco .
- L'Action Culturelle Municipale de la ville de Nice
- La Guilde Européenne du Raid
- La Société des Explorateurs et des Voyageurs Français
- La Commission des Grandes Expéditions de la Fédération Française de Spéléologie
(agrément de la F.F.S)
- Topochaix (boussoles et topofil)
- Au Vieux Campeur (bourse matériel)
- 3 M (dotation pellicules photo)

I N T R O D U C T I O N

Hawaii ,ah Hawaii tout le monde en a rêvé au moins une fois, pour nous aussi, quand nous avons préparé cette expédition Pahoehoe 81 le rêve Hawaïen neurlait notre sommeil .Ce rêve pour 2 mois fut une réalité, une réalité plus merveilleuse que nos rêves .

Les 2 mois sur l'île ont très vite passé. à observer les phénomènes géologiques et volcanologiques qui sont un complément aux cours d'université et aux lectures de livres.

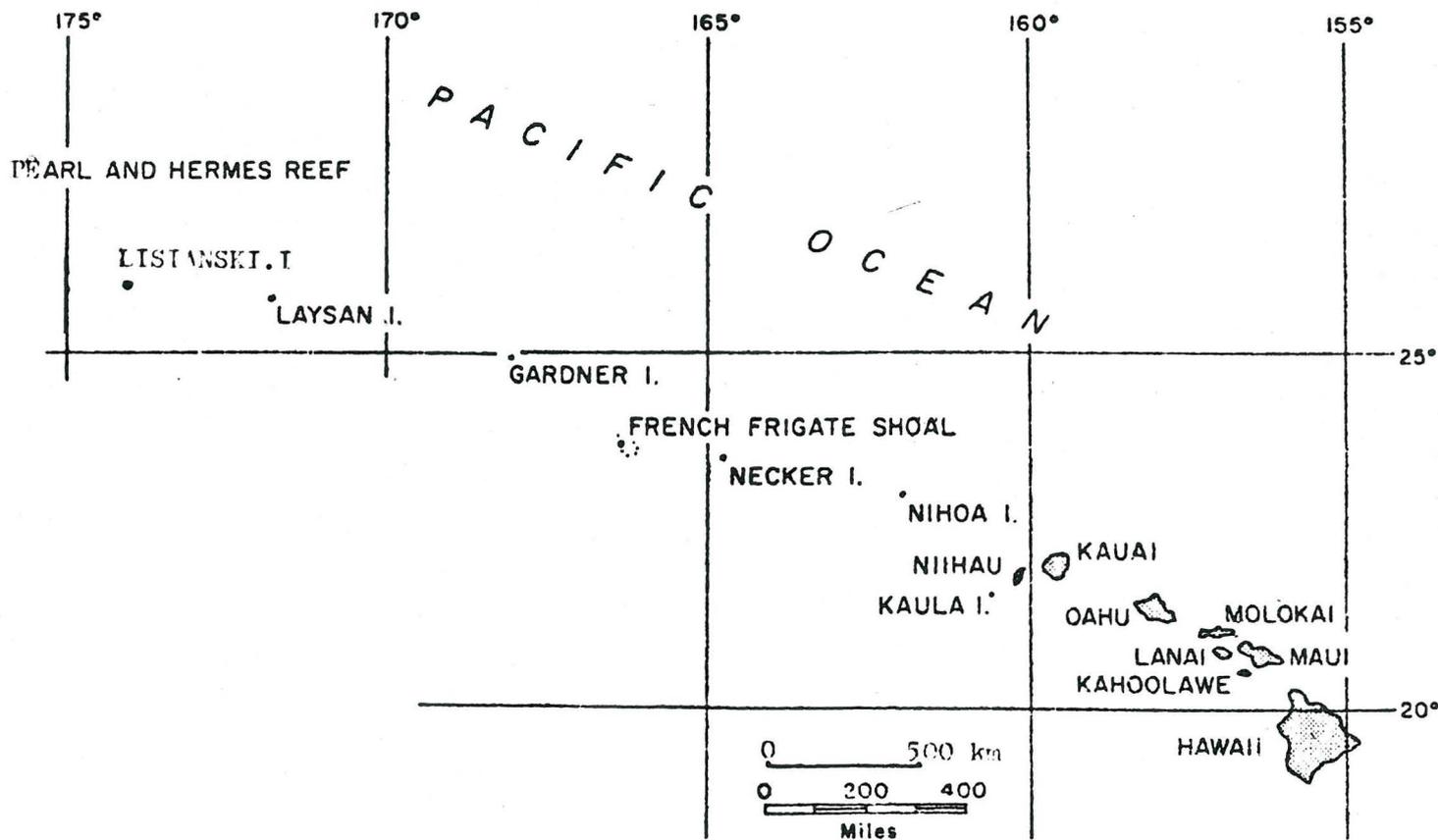
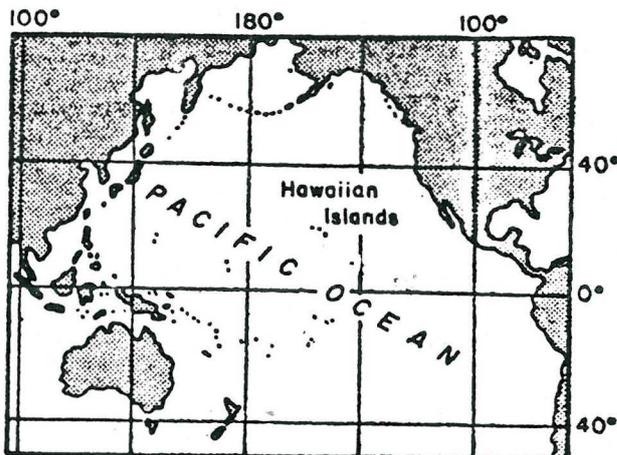
Ce compte rendu n'est pas un inventaire des cavités de la lave d'Hawaii, l'expédition Pahoehoe 81 n'avait pas pour but l'exploration systématique de toutes les cavités de la lave; Notre plan d'étude comportant aussi le recensement de toutes les formations caractéristiques de ce volcanisme intraplaques.

Cette expédition nous l'espérons servira à tous ceux qui voudront explorer les cavités de la lave d'Hawaii et les cavités pullulent ,et nous pensons que les 9677 m de développement de Kazumira Cave peut être dépassés en explorant de nouvelles cavités.

Notre seul problème pendant ces 2 mois fut le déplacement à travers l'île :à pied, en stop ou en cars mais nous ne le regrettons pas ,car ce fait nous a permis la rencontre et l'amitié de gens extraordinaires .

SITUATION de L'ARCHIPEL

HAWAIIEN



Carte selon Macdonald et Abbot

SITUATION GEOGRAPHIQUE

L'île d'Hawaii se situe près du centre du pacifique nord. Cette île est la plus récente et la plus grande de l'archipel qui porte son nom.

Cet archipel mesure 3500 km de long, composé de 20 atolls dont 7 seulement sont habités.

C'est le 50^e état des Etats-Unis d'Amérique.

Les 5 îles majeures de Hawaii, Maui, Molokai, Oahu, et Kauai représentent 95% des terres émergées de l'archipel qui rassemblent pourtant 136 îles, atolls ou récifs.

L'île d'hawaii mesure 150 km sur 130 km, soit 10460 km² et résulte de l'accrétion de 5 volcans boucliers qui sont, par ordre d'ancienneté:

-Le Kohala 1678 m

- Le Mauna Kea point culminant et plus haute montagne insulaire du monde avec 4206 m

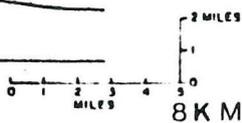
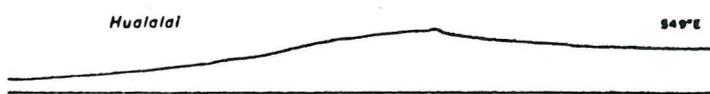
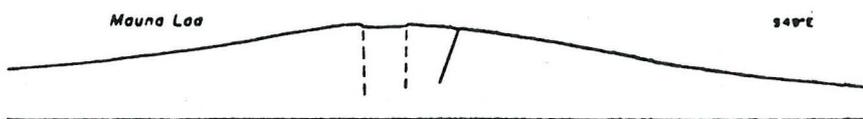
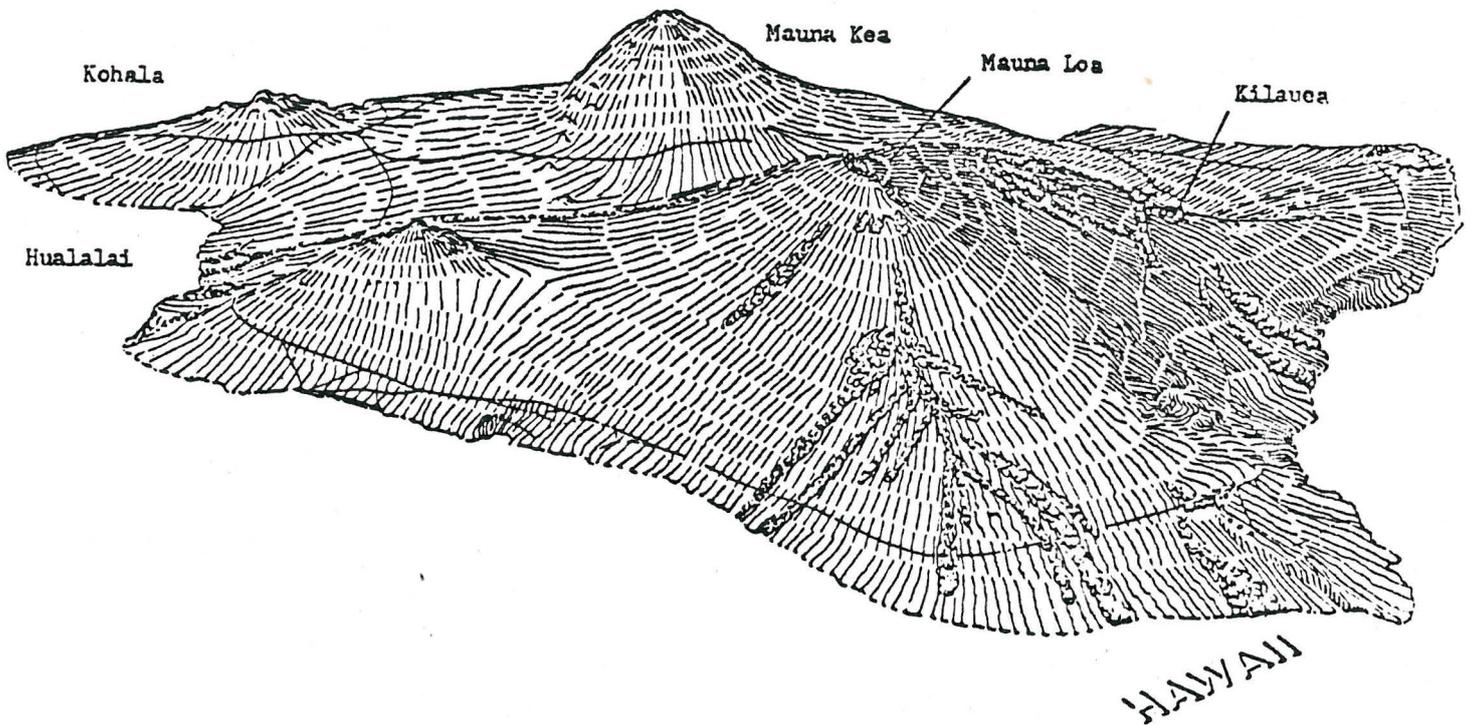
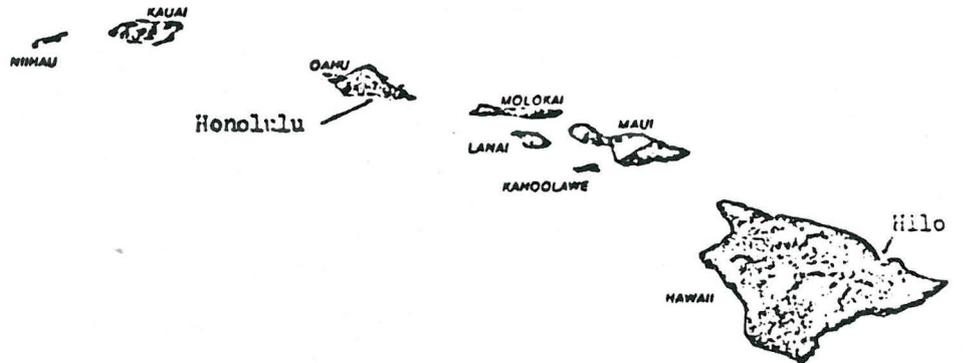
-Le Hualalai : 2529 m

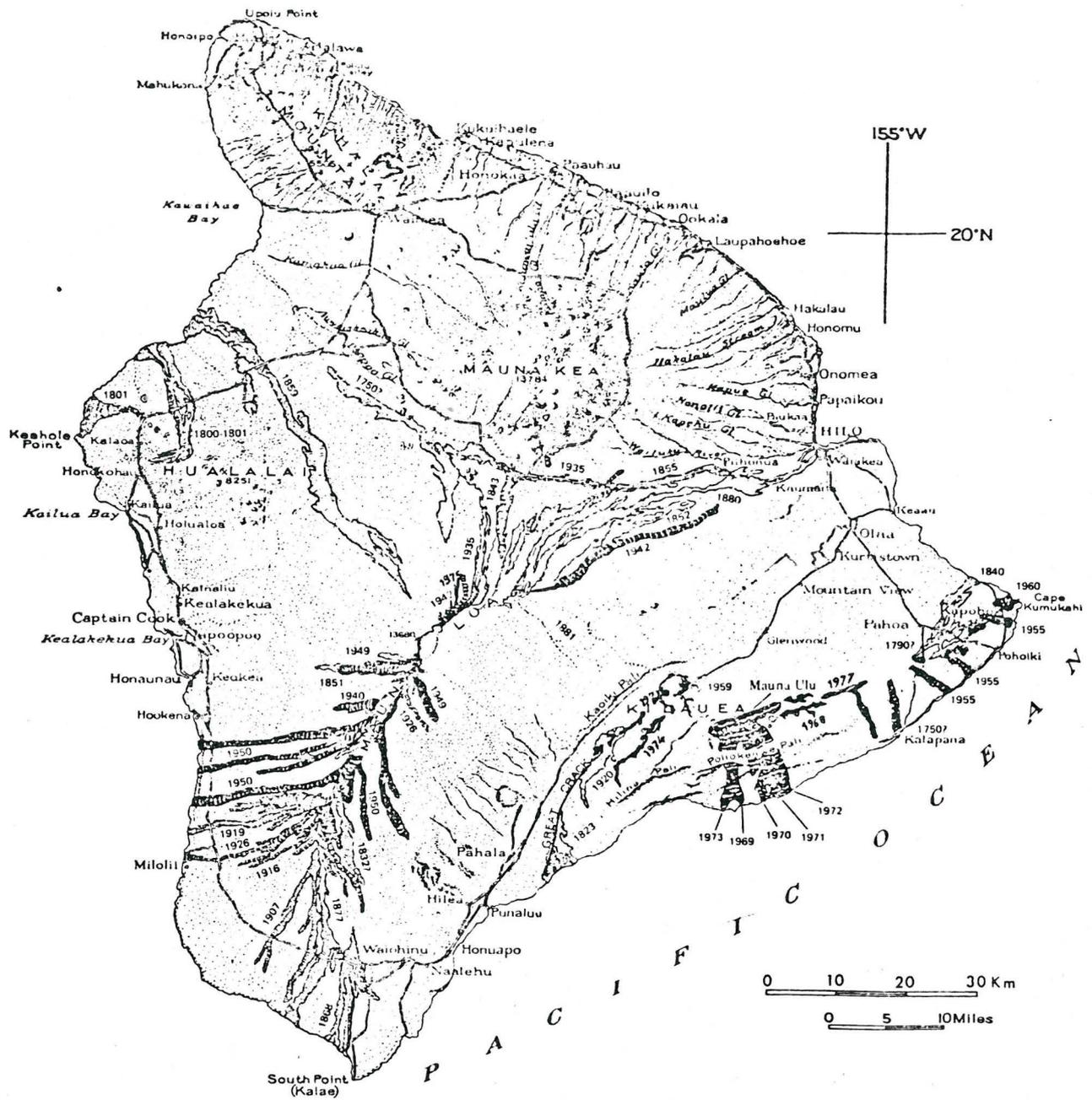
-Le Mauna Loa: le plus vaste cratère du monde, 4171 m

-Le Kilauea : volcan le plus actif du monde, 1200 m

La principale ville est Hilo avec 26 000 habitants

HAWAII, le 50 ieme etat
des Etats Unis, du nom
de l'ile principale.





- Carte physiographique de l'île Hawaii; d'après Stearns et Macdonald (1946; 1974); Macdonald et Hubbard (1975).

La haute altitude des îles et le fait que toute l'année les alizés soufflent du N.E donnent à Hawaii un climat plus frais et des températures plus égales qu'il est inhabituel de rencontrer à cette latitude.

Hawaii possède cependant d'importantes variations climatiques de 22° à 25°, la température pouvant descendre à -14 -17° dans le parc national de Hawaii Volcano, selon les hivers l'on peut descendre les pentes du Mauna Kea en ski.

Le Mauna Kea présente à son sommet de nombreuses moraines glaciaires .

Cette île de superficie peu importante 10460 km² un peu plus grand que la Corse présente une variété de flore très différente selon les régions de l'île .

Les contreforts du Mauna Loa et du Mauna Kea arrêtent les nuages apportés par les alizés, de tels sortes que les versants N et N.E sont entaillés par de nombreux

canyons et bordés de falaises abruptes, ses versants recevant plus de 3 m de précipitations , 4 m à Hilo par an .

Leurs flancs seront couverts jusqu'à 3000 m d'altitude d'une épaisse forêt tropicale d'espèces endémiques (98 % des fleurs poussant à Hawaii sont unique à cette île) que le national parc tente de protéger contre un envahissement de plantes exotiques de plus en plus important. Ses plantes exotiques prolifèrent grâce à une population importante de sangliers (importé par les européens) ravageant cette forêt de fougères, lycopodiacés, thymeliaceae, myrtacea , ainsi que par une colonisation des terres de plus en plus importante .

Les versants W et S présentent des pentes plus douces peu boisés , quelques régions désertiques, le désert de Kau au S du Kilauea reçoit 40 mm de précipitations par an .

Sur ces versants pousse une végétation herbacée avec parfois quelques arbres, arbustes épineux ou plantes grasses .

PRESENTATION VOLCANOLOGIQUE

GEOLOGIQUE de L'ile d'HAWAII

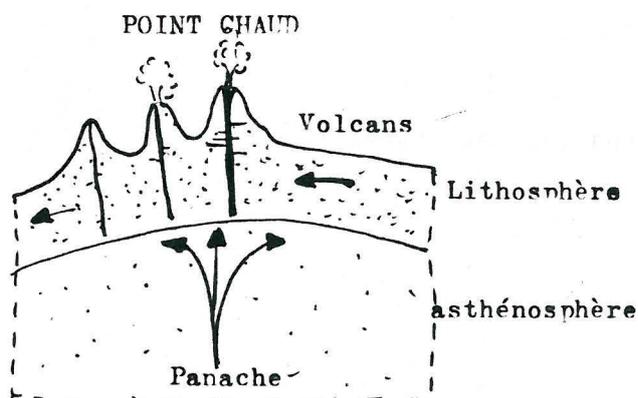
a) LA THEORIE DES POINTS CHAUDS -MORGAN 71 -

L'archipel des îles Hawaii correspond aux sommets émergés d'une ride aiséismique de 3500 km environ, orientée W . NW - E. SE .

Sur un même alignement volcanique, les laves montrent une variation régulière de leur âge. Pour la ride Empereur -Hawaii, l'âge débute à 75 m.A pour la fosse Aléoutienne jusqu'à 0 m.A pour Hawaii. La migration du volcanisme s'est effectuée à la vitesse de 10 cm/an .

On explique actuellement ces alignements par déplacement vers l'W de la plaque pacifique (l'Afrique étant immobile) au-dessus de points chauds ou hot spot situés sous la lithosphère et générateurs de magmas basaltiques.

Ces points chauds sont fixes par rapport au manteau



Morgan envisage la montée d'un manteau primitif profond, dans une zone de changement de phase, la composition chimique des laves montre qu'elles ne sont pas appauvries en cations lithophiles, Cette montée serait due à un système de courants de convection locaux.



Caldera du Mauna Loa

b)

Les BOUCLIERS VOLCANS

L'île d'Hawaii caractérise le type "Boucliers Volcans".

Ils se présentent sous la forme de volcans, immenses, avec les plateaux basaltiques comme les trapps du Dekkan: 650 000 Km² ils constituent les plus grandes formations volcaniques du globe.

Le Mauna Loa est l'exemple type du bouclier volcan, son sommet culminant à 4200 m et prenant assise sur le plancher océanique par 5100 m de profondeur, il dépasse les 9000 m en hauteur totale. Les flancs présentent une pente très faible entre 4 et 6°. Le sommet est sous la forme d'un plateau sommital où se trouve une caldéra de 8 km de long sur 3,5 km de large.

Le Mauna Loa ainsi que le Kilauea représentent un stade d'évolution juvénile: Volcan de lave de type polygénique constitué d'un amoncellement de milliers de coulées de laves fluides et peu épaisses.

Une caractéristique des volcans hawaïen juvéniles est leur grande fréquence d'éruptions volumineuses. Au cours des 20 dernières années le Kilauea a produit plus de 30 éruptions. Le Kilauea et le Mauna Loa sont les volcans les plus productifs du monde avec $8,5 \cdot 10^5 \text{ Km}^3$ de volume total de produit volcanique émis depuis un million d'années.

La formation de ces boucliers volcans :

Déterminée par l'existence de magmas fluides et chauds permettant une convection à 2 phases qui empêche la cheminée de se refermer par solidification de la matière en fusion.

Des lacs de lave se succèdent alimentant les coulées qui s'étalent sur les pentes du volcan.

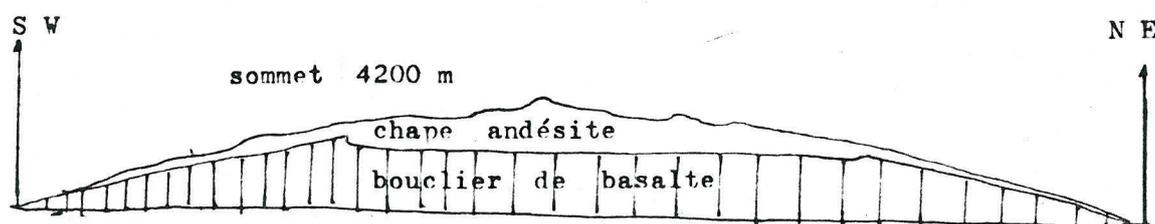
Les éruptions sont, soit sommitales au niveau de la caldéra (présence de lacs de lave), soit latérales dans les zones de rifts produisant des coulées de lave pouvant s'étendre sur 50 km. De nombreuses coulées sont du type fissurales (60 % du volume

de magma émis par le Kilauea l'est à la faveur de ses 2 rifts latéraux, P de St Ours)
Les rifts majeurs sont contrôlés essentiellement par le champ des contraintes gravitatives s'exerçant sur l'édifice volcanique.

Le conduit principal d'alimentation a un diamètre trop petit pour les quantités phénoménales de magma montant du manteau. La pression hydrostatique de la colonne magmatique est trop forte, l'édifice volcanique ne peut résister, il s'ensuit un système de failles, de rifts.

Ses éruptions latérales ainsi que l'édification des tubes de lave permet d'élever les niveaux inférieur et moyen du volcan par rapport à l'édifice sommital, cette ensemble: lave fluide, éruption latérale, tunnel de lave confère à l'édifice volcanique cette morphologie: type bouclier volcan.

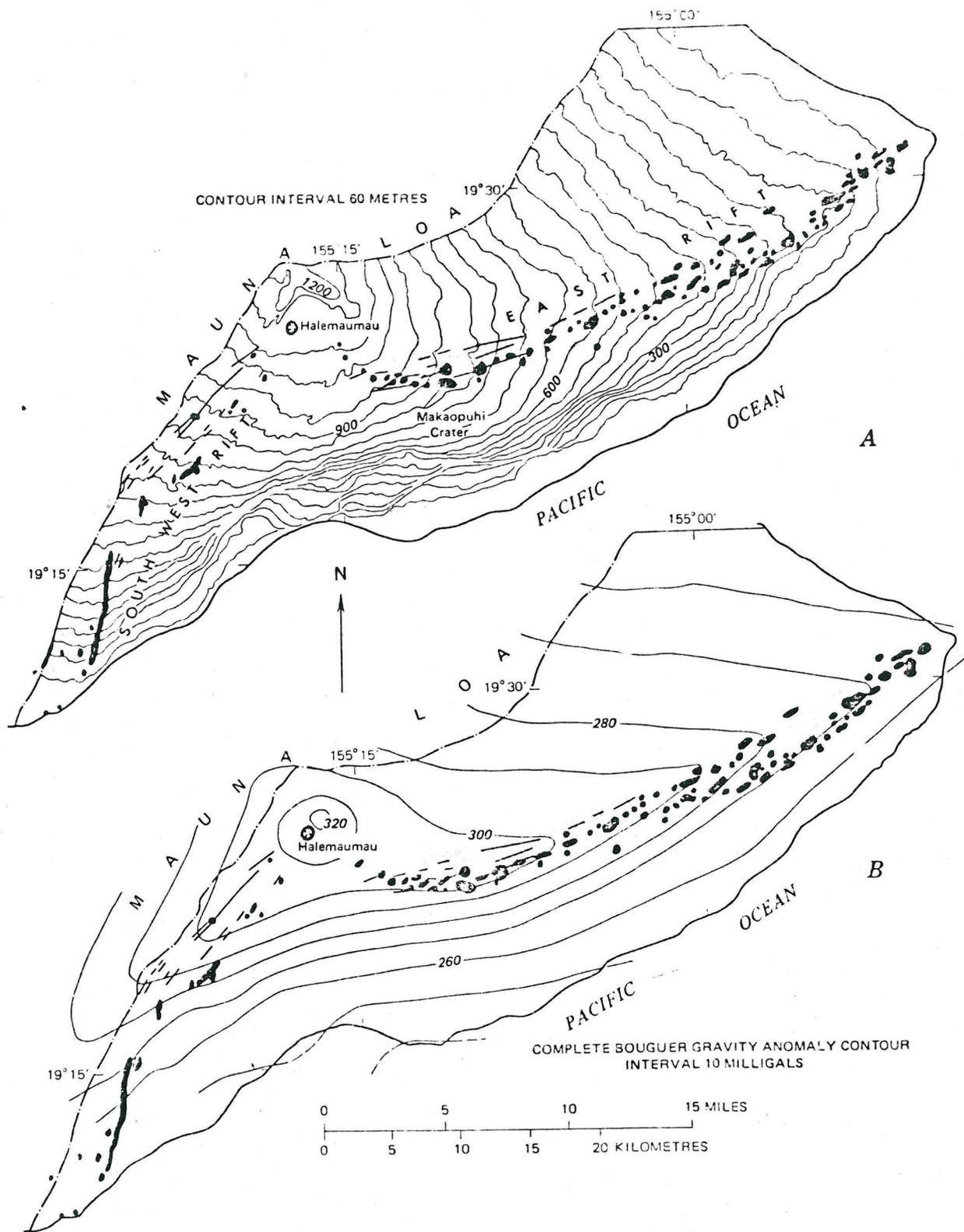
Les volcans évolués comme le Mauna Kea et le Kūhala présentent une chape de basalte alcalin, leurs pentes érodées sont accidentées par de nombreux cônes de tephra.



section du Mauna Kea d'après Stearns et Macdonald



Fracture Rift Est



- Cartes des rifts volcaniques du Kilauea; selon Swanson et al. (1976_a)
 A. Topographie.
 B. Anomalies de gravité de Bouguer.

Les cones, les fissures éruptives principales et les pit-craters sont représentés en noir. On note que les rifts correspondent aux dorsales morphologiques du volcan et qu'ils sont soulignés par une anomalie gravimétrique.

c) PETROLOGIE

La notion de "série magmatique"

A l'échelle du globe nous avons une variété des types magmatiques mais l'on peut noter des associations à caractère répétitifs. L'on introduit la notion de séries magmatiques: une même province magmatique montre des variations progressives de composition, depuis des termes peu différenciés basiques vers des termes de différenciation où croissent les teneurs en Si, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ et décroît les bases. Ses séries magmatiques peuvent être identifiées non seulement à partir de l'examen de la composition chimique de leurs laves constitutives, mais aussi à partir de l'étude de leur composition minéralogique .

Mais pour caractériser une série, il est nécessaire de relier l'évolution de la concentration des éléments : - majeurs

- en traces

à celle de la composition minéralogique .

les plus importantes séries magmatiques sont :

- la série tholeiitique ; la série calco-alcaline ; la série alcaline ; la série transitionnelle et la série shoshonitique .

Hawaii présente plus particulièrement 2 séries magmatiques :

- La série tholeiitique
- La série alcaline

le trait
discontinu
sépare le
domaine des
basaltes alcalins
(cercles) de
celui des
tholeiites
(points)

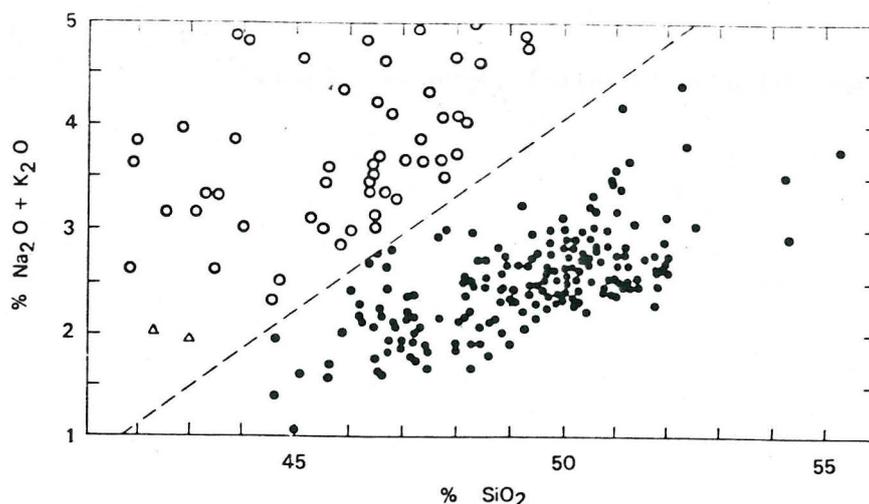
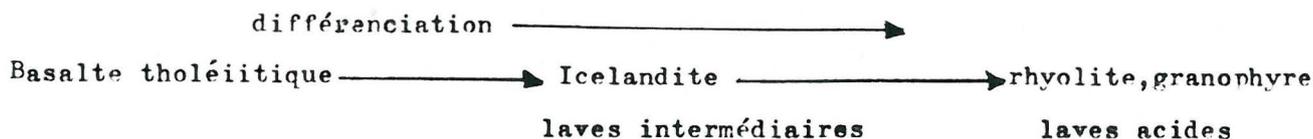


Diagramme Alc./ SiO_2 (poids %) des laves d'Hawaï, d'après MACDONALD et KATSURA (1964):



Lave Pahoehoe (droite) ,lave Aa (gauche)

La Série Tholéiitique



Granophyre : lave peu différente des rhyolites, sa texture est micropagmatitique

- Le rapport de Kuno $\frac{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$ est le plus faible de toutes les séries magmatiques
- Le calcul de la norme C.I.P.W montre une sursaturation en silice qui se traduit par un quartz et de l'hypersthène normatif .
- Pour les termes intermédiaires il y a un enrichissement en fer .
- Du point de vue minéralogique , la pigeonite (clinopyroxène pauvre en Ca) est le minéral le plus caractéristique . L'olivine existe parfois sous forme de phénocristaux (picrite) .

L'île d'hawaii avec le Kilauea et Mauna Loa , volcans-boucliers juvéniles présentent essentiellement des tholéiites à olivine, aux teneurs variables en phénocristaux d'olivine (jusqu'à 30 % dans les picrites et les océanites), ces tholéiites sont relativement indifférenciées. Les variations de composition des laves de la série tholéiitique résultent surtout de l'enrichissement ou appauvrissement du magma en phénocristaux d'olivine magnésienne. La mésostase comprend des microlites de plagioclase (An . 70-60) et des micro-cristaux de pyroxènes (augite pigeonite), olivine (Fo. 80-55), magnétite, ilménite et des traces d'apatite (MacDonald, 1949; peck et al., 1966; Wright et Weiblen, 1967) .

Les laves du Mauna Loa sont caractérisées par l'existence supplémentaire de cristaux d'hypersthène, d'augite, et de plagioclase. Les produits sont toujours plus riches en SiO_2 et plus pauvre en CaO que ceux du Kilauea quelle que soit la teneur en MgO .

La série alcaline

Les différences minéralogiques entre les séries magmatiques tiennent :

- à la nature des minéraux
- à la nature des réactions entre les minéraux
- à l'évolution de la composition chimique des minéraux
- à l'ordre d'apparition ou de disparition des minéraux

nous avons une valeur élevée du rapport $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$; le feldspath alcalin est essentiel pour cette série, le feldspath alcalin écorce le plagioclase



le feldspath alcalin écorce le plagioclase

l'olivine est stable dans cette série, elle existe en phénocristaux et dans la mésotase, ses olivines sont fréquemment zonées.

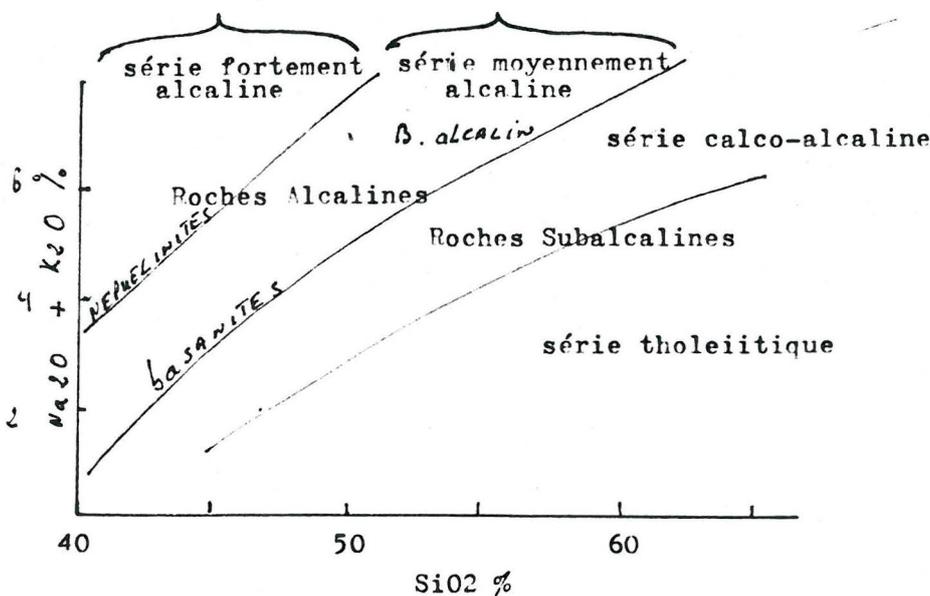


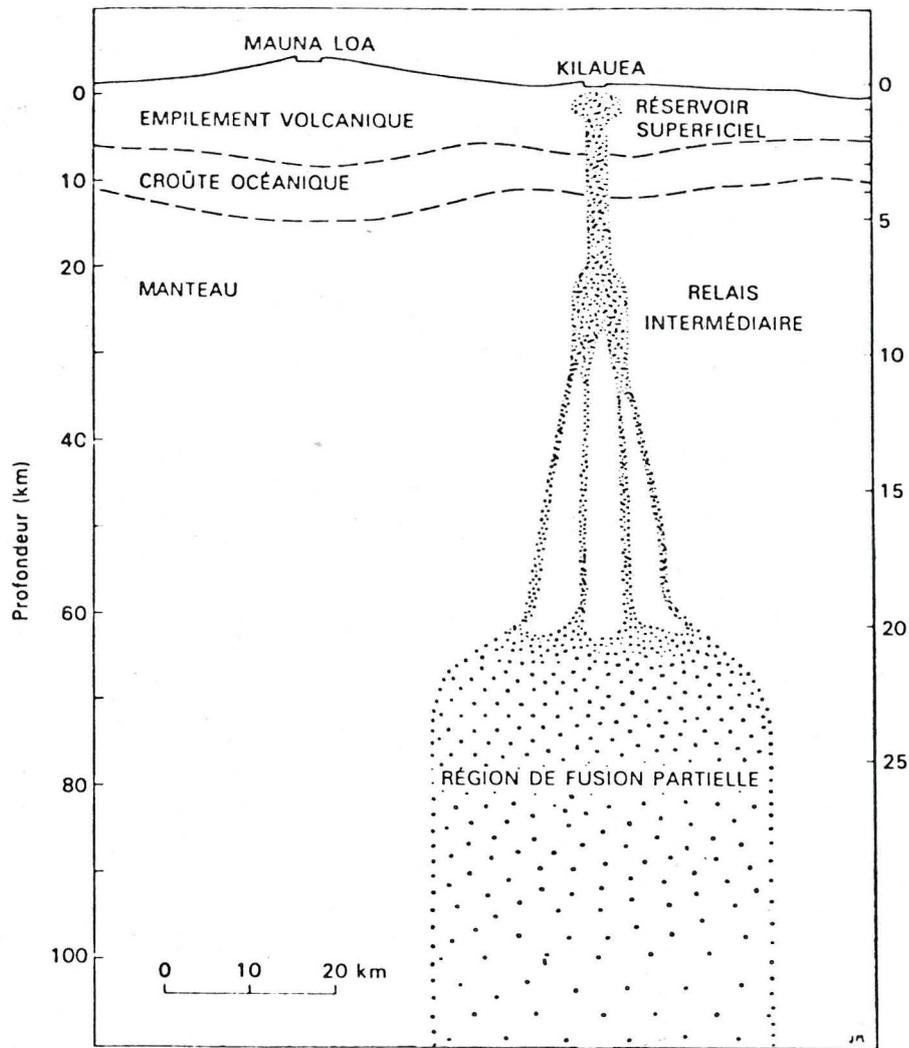
FA

Le pyroxène est riche en Ca : clinopyroxène comme l'augite ou des salites, ces clinopyroxènes sont souvent colorés en rose (teneur en Ti est importante plus de 2%)

Nous avons aussi la présence de feldspathoïdes.

Le calcul de la norme montre un déficit en SiO_2 et fait apparaître olivine et feldspathoïde virtuel.





Coupe hypothétique du Mauna Loa et du Kilauea (échelle vraie) indiquant les zones de fusion, de fractionnement et de stockage des magmas avant leur éruption (d'après WRIGHT, 1971).

Average chemical compositions of Hawaiian rock types (in weight percent)

	Melilitite and neph- elinite	Nephelinite	Ankaramite	Nepheline basanite	Oceanite	Alkalic basalt	Hawaiite	Tholeiitic basalt	Mugearite	Trachyte	Rhyodacite
SiO ₂	36.7	38.7	44.1	44.3	46.4	46.5	48.6	49.4	51.9	61.7	66.0
TiO ₂	2.8	2.7	2.7	2.6	2.0	3.0	3.2	2.5	2.6	0.5	0.7
Al ₂ O ₃	10.8	10.8	11.2	12.8	8.5	14.6	16.5	13.9	16.6	18.0	15.5
Fe ₂ O ₃	5.6	5.8	2.8	3.4	2.5	3.3	4.2	3.0	4.2	3.3	1.4
FeO	8.8	7.8	9.9	9.2	9.8	9.1	7.4	8.5	6.2	1.5	1.9
MnO	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
MgO	12.7	13.6	15.1	11.0	20.8	8.2	4.7	8.4	3.6	0.4	1.5
CaO	13.7	13.0	10.7	10.5	7.4	10.3	7.8	10.3	6.3	1.2	2.8
Na ₂ O	3.9	4.0	1.7	3.6	1.6	2.9	4.4	2.1	5.2	7.4	4.4
K ₂ O	0.9	1.1	0.5	1.0	0.3	0.8	1.6	0.4	2.0	4.2	3.3
P ₂ O ₅	1.1	1.0	0.3	0.4	0.2	0.4	0.7	0.3	0.9	0.2	0.5

Les laves de cette série alcaline sont peu abondantes à Hawaii, elles s'accumulent au-dessus des premiers édifices tholeiitiques, ses produits sont des basaltes alcalins à olivine, des hawaïtes, des mugéarites, en plus faible quantité des trachytes saturés en silice (MacDonald, 1949). Faisant suite à une longue période d'inactivité de plusieurs millions d'années, il y a parfois réapparition du volcanisme, par exemple à Ohahu où il y eut une émission de laves basiques fortement sous-saturée avec en particulier des néphélinites et des mélilites, le volume fut assez faible.

Les variations de composition des laves de la série tholeiitique résultent surtout de l'enrichissement ou de l'appauvrissement du magma en phéno-cristaux d'olivine magésienne.

Les variations dans la série alcaline des volcans Hawaïens expliquent pour une grande part, par le fractionnement d'olivine.

Wright a proposé un modèle de formation des laves du Kilauea: Genèse d'un magma picritique primaire à une soixantaine de Km de profondeur, puis ascension de ce magma jusqu'à 30 km; au cours de cette ascension s'effectue la séparation d'olivine, et en quantité variable de l'ortho et clinopyroxène. A partir de réservoirs situés à 20-30 km de profondeur se produisent le fractionnement d'olivine, de pyroxène et probablement de plagioclase, le magma remonte en surface et avant de faire éruption il transite dans des chambres magmatiques situées entre 2 et 4 km sous la surface. Là encore une certaine quantité d'olivine peut se séparer.

TUBES de LAVE

Genèse des tubes de lave

Rares sont les volcans présentant sur leurs flancs des tubes de lave (Hawaii, Islande, Canaries, Galapagos.) .

Car la formation d'un tube de lave dépend de nombreux facteurs bien caractéristiques :

-Les tubes de lave explorés à Hawaii se développent tous sans exceptions dans des coulées de type Pahoehoe : elles se caractérisent en surface par une croûte lisse parfois rugueuse, d'indice de viscosité très faible, une température très importante, et une pauvreté en gazs (type épimagma).

Cette fluidalité dépend de la composition chimique du magma : un magma riche en Mg, Fe, Ca contenant dans sa norme 45 à 52 % de SiO₂ , nous sommes en présence d'un magma basique.

Un magma basique présente plusieurs types: Pour l'île d'Hawaii le type tholeiite à olivine est le plus caractéristique.

La température de la lave est un facteur déterminant de sa viscosité, Hawaii présente lors d'éruption de fréquents lacs de lave. Ses lacs de lave permettent grâce à des réactions exothermiques se réalisant au niveau de la surface du lac de lave (réactions de dégazages) un réchauffement de la lave qui devient encore plus fluide .

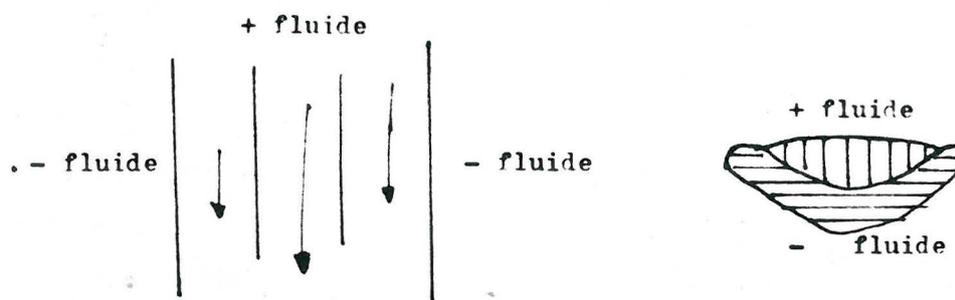
La morphologie de la coulée sera dépendante de la pente du terrain, l'existence d'une faible pente est un facteur supplémentaire pour la création des tunnels de lave .

Quand ces différentes modalités sont réunies que se passe t'il :

La coulée présente une décroissance de la température de l'intérieur vers l'extérieur en corrélation nous avons une augmentation proportionnelle de la viscosité .

Nous avons la formation d'un chenal de lave ou canal de lave .

Le mode d'édification du chenal de lave fait appel à l'existence d'une phase de séparation entre une masse plus fluide et une masse moins fluide; Cette phase de séparation se manifeste par la formation d'un mur .



Shémas explicatifs de la phase de séparation

Ces murs refroidis sont des isolants thermiques permettant une conduction de chaleur au niveau de la coulée très faible nous avons une conservation de la chaleur massique de la lave .

Ceci permet une fluidalité importante de la lave se traduisant par un écoulement en longueur important.

Le refroidissement de la coulée dans le chenal se fait au niveau de la surface d'échange avec l'atmosphère avec création d'une croûte s'épaississant et se stabilisant peu à peu, cette surface refroidie avance jusqu'à stabilisation avec la coulée ; la vitesse d'avancée de cette croûte est moins élevée que l'intérieur de la coulée à l'abri de la déperdition calorifique .

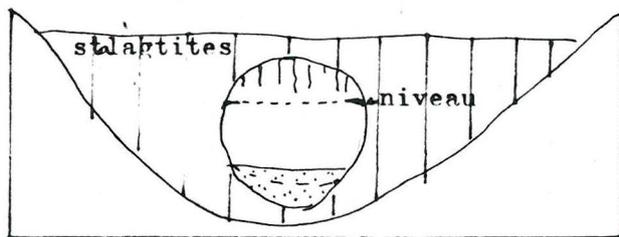
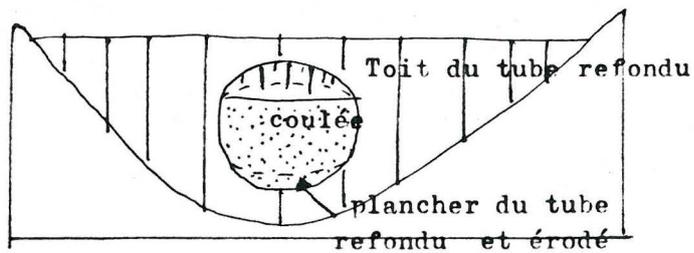
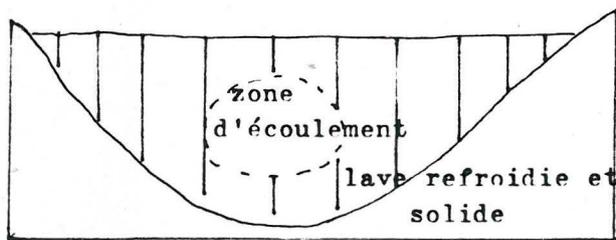
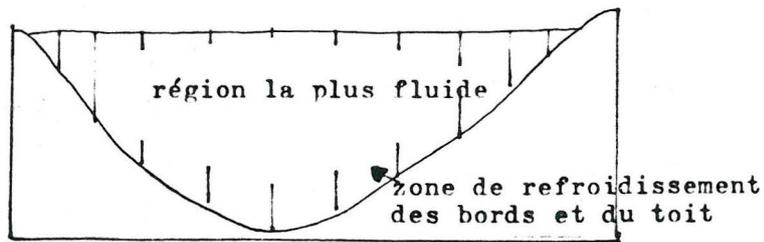
Le niveau du toit indique le niveau maximum de la coulée .

Un chenal de lave n'entraîne pas à chaque fois la création d'un tube de lave .

Des cavités de la lave peuvent se former dans des fractures: une coulée de lave passant dans une zone de rift , le front de coulée va descendre dans une fracture il n'y a pas la création de murs, nous avons seulement la formation d'un toit.



Vitrification du conduit par refonte

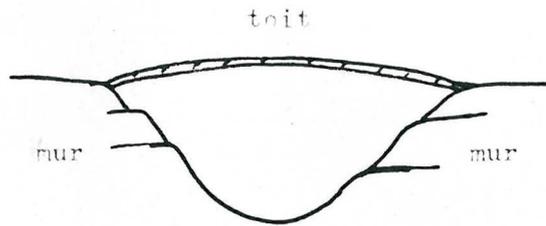


Shémas montrant les différentes étapes dans la formation des tubes de lave d'après

Gordon A. MacDonald et Agatin T. Abbot.



Panquette (Kazumura Cave)



Section d'un tube de lave

La coulée peut être confinée dans une vallée et sans passer par l'intermédiaire d'un chenal nous avons la formation d'un tube de lave . (voir schémas)

Morphologie des tubes de lave

Intérieurement le tunnel présentera une morphologie dépendante de la lave: Une section de tube est souvent circulaire ou ovoidale montrant l'isotropie de la conduction calorifique.

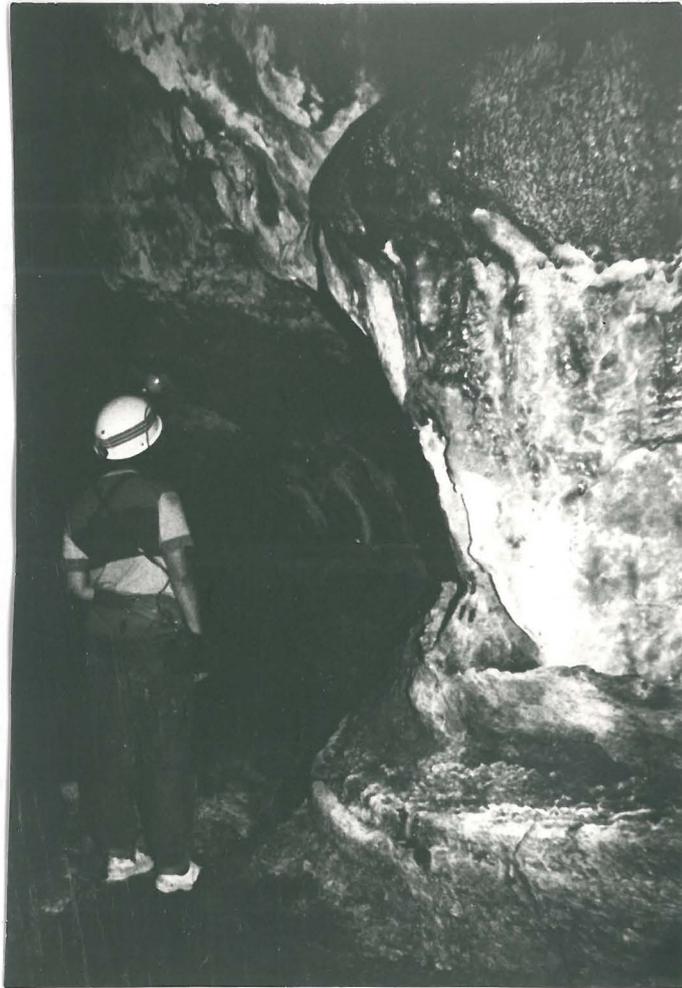
- Nous observons à l'intérieur de ses cavités des banquettes



section d'un tube de lave

Ses banquettes indiquent les différents niveaux de la coulée dans le tunnel de lave, si la diminution du débit se fait en continu nous n'observerons pas de banquettes.

Les banquettes peuvent être dues à un "recreusement" du fond ou blancher de la cavité, le creusement est la conséquence de la refusion et de "l'érosion" par le flot de lave des bords de la cavité.



Kazumura Cave

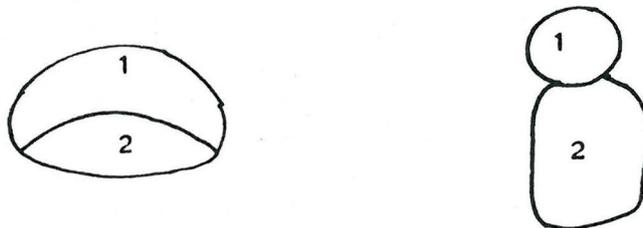
Sur cette photo l'on voit très bien les différents niveaux
de la coulée

- Un témoin de l'abaissement progressif du niveau de la coulée de lave se trouve dans l'existence d'une striation horizontale des murs de la cavité.
- Certains segments montrent ce que nous avons appelés "double tunnel".

Dans un même tunnel se trouve un ou plusieurs planchers formant un tunnel dans un tunnel;

Le flot de lave coulant dans le tunnel de lave se comporte comme une coulée normale. Le dégazage peu important permet le refroidissement de la surface de la coulée, qui forme une croûte et si le niveau de la lave reste constant assez longtemps, nous aurons la création d'un nouveau toit avec la formation d'un nouveau tunnel de lave. (voir topos)

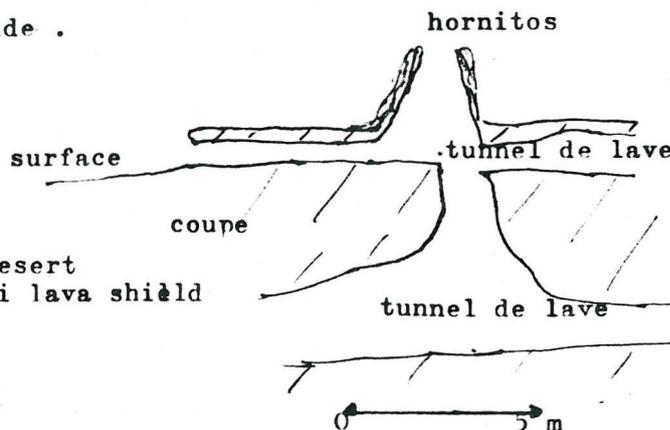
Nous pouvons sur ce principe avoir 3 à 4 planchers successifs.



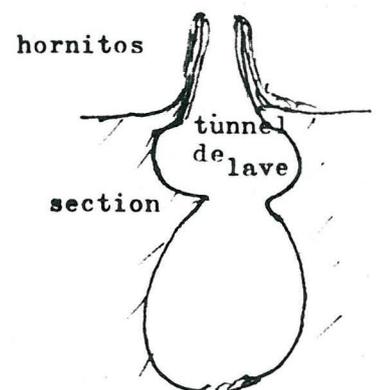
sections de tubes de lave montrant un " double tunnel "

- Les tubes de lave ne sont accessibles que par des ouvertures dues aux effondrements du toit pendant sa formation ~~ou~~ après sa mise en place.

Pendant la formation du tube de lave la pression hydrostatique peut être suffisamment forte pour soulever le toit de la lave créant une intumescence; la pression hydrostatique est tellement forte parfois qu'elle peut créer des hornitos qui sont des petits cônes à parois très raides, dus à l'éjection d'une lave très fluide .

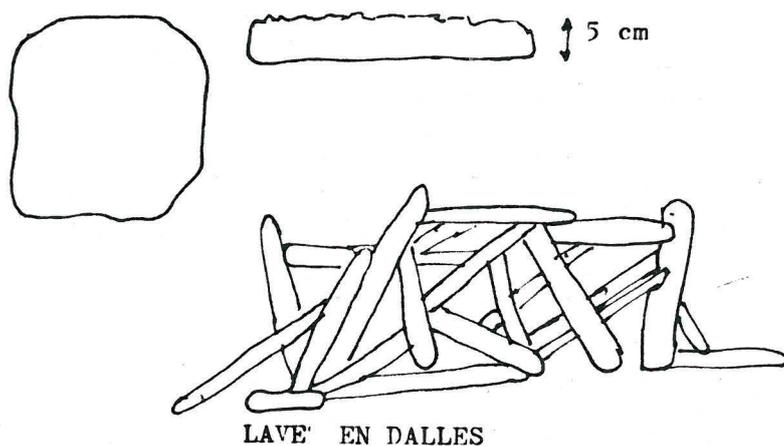


cavité de Kau desert
entre Mauna iki lava shield
et iki trail



Quand la source de la coulée se tarie (lac, cratère) le flot de lave continue sa descente jusqu'à épuiser la réserve ; Nous avons remarqué que cette dernière coulée se présentait sous la forme d'une petite rigole, amorce d'un chenal. Cette coulée est la plupart du temps de type pahoehoe, mais nous avons observé des coulées de type AA (lave formée d'un amoncellement de petits blocs scoriacés, cet aspect scoriacé est dû à la fragmentation de la lave par les gaz de cette lave peu fluide)

des coulées en dalles : elle se présentent sous la forme d'un amoncellement de dalles aux bords bien découpés, de faible épaisseur (3 à 5 cm), ces laves caractérisant la transition entre les laves pahoehoe et les laves aa. Nous avons une fracturation importante de la croute de la coulée, formant des plaques flottantes qui entrent en collision les unes contre les autres au fur et à mesure que la coulée ralentit.



LAVE EN DALLES

La lave présente parfois une coloration rouge due à l'oxydation.

Les tubes de lave ne sont pas simplement une curiosité ils sont importants dans la notion de déplacement de la lave, et dans leur rôle de construction de l'île type bouclier volcan.

— Moyen de Protection envers les Tubes de Lave —

Les volcans hawaïiens ne sont pas dangereux il n'existe pas de phénomènes explosifs mais l'existence de ses tubes de lave permet des coulées allant jusqu'à 50 km de leur lieu d'émission et pouvant menacer les agglomérations cotières.

Des moyens de protection sont mis en oeuvre ou ont été réalisés par le Hawaiian Volcano observatory et le Civil Defense d'Hawaii ,certains avec succès comme ceux réalisés en 1935 et 1942 ,sous la coordination de Jaggar, par 2 fois des coulées du Mauna Loa ont menacé la ville de Hilo .

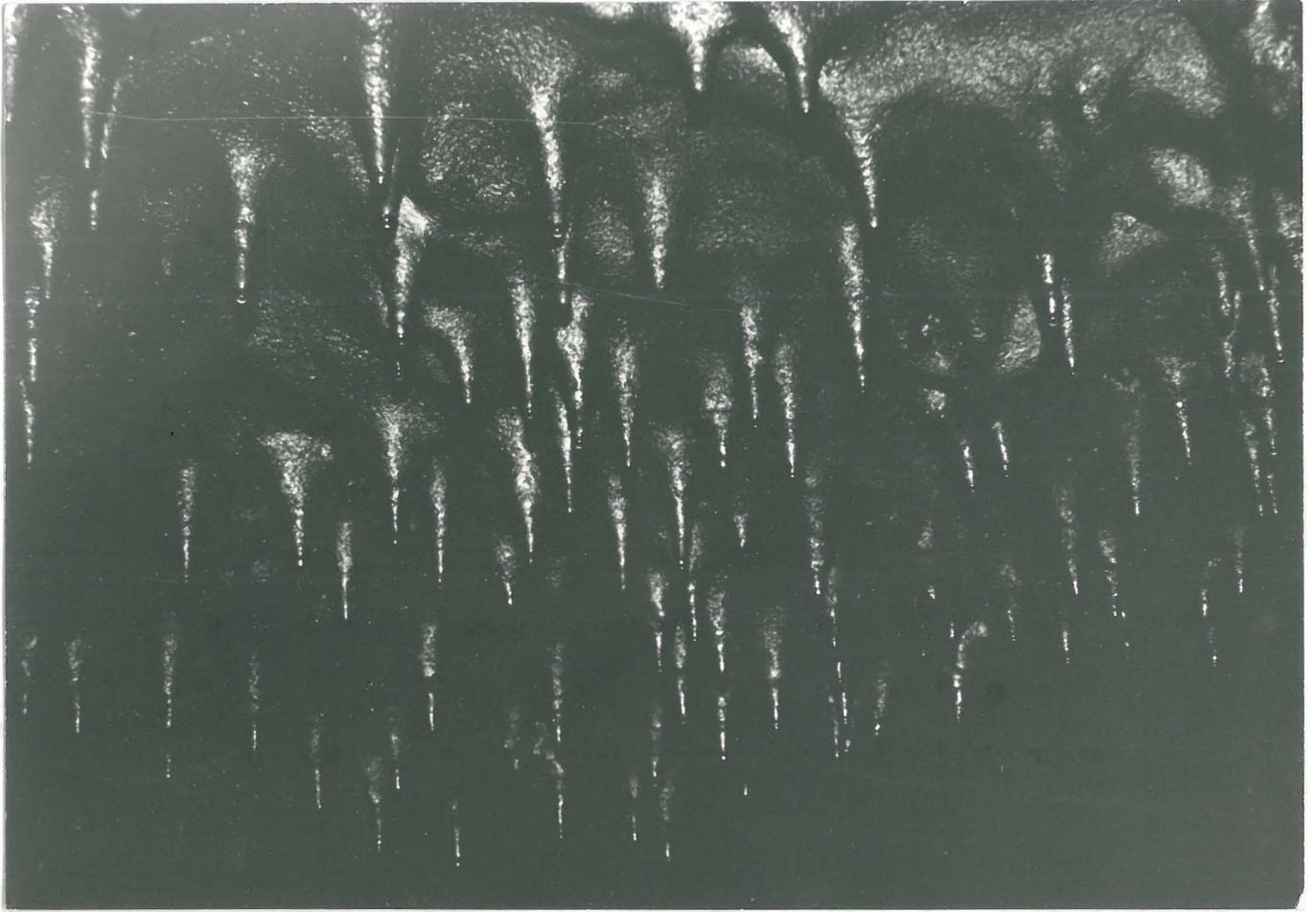
En 1935 un tunnel de lave transportant un fleuve de lave Pahoehoe a été bombardé par l'aviation américaine,ses bombardements ont réussi à ouvrir le toit du tunnel de lave ,et à provoquer un brassage de la lave suffisant pour qu'il y ait dégazage permettant d'obtenir une lave d'indice de viscosité élevé et un arrêt à l'avance de la coulée.

En 1942 Jaggar était en présence d'une coulée de type AA ,un bombardement par avion brisa les bords de la coulée permettant une déstabilisation de la coulée et d'amoinrir la force destructive du front de coulée.

Mac Donald et d'autres géologues ont suggéré l'édification de barrières au S.W de Hilo permettant la déviation de tout flôt de lave descendant des pentes du Mauna Loa ou du rift E du Kilauea. Ces barrières n'ont pas besoin d'être importantes en hauteur ,les coulées n'étant jamais épaisses .

Actuellement des essais de bombardements ont été réalisés par J.P Lockwood avec l'armée de l'air américaine sur d'anciens tubes de lave :

Ces avions ont une telle vitesse qu'il faut positionner exactement l'objectif à atteindre, par la pose d'un récepteur (il faut quelqu'un pour le poser ,problème !)



Toit en herse (Kazumura Cave)

STALAGMITES et STALAGMITES

de la LAVE

Comme dans les cavités karstiques, les stalagmites et stalagmites existent dans les tubes de lave. Leur génèse est cependant différente, dans un tube de lave les stalagmites ne sont pas formés par un dépôt d'une eau percolante, elles naissent et se forment lors de la création du tube de lave.

Les gazs résiduels de la coulée type Pahoehoe (pauvre en gazs) ont un volume assez important et à l'abri de l'atmosphère pour obtenir la température suffisante et nécessaire pour une refonte des parois de la cavité.

Ses parois montrent une fois refroidie un aspect vitrifié, lisse, de retrempe.

Les stalagmites se présentent sous la forme de tubes très fins de 3 à 5 mm de diamètre et 40 cm de longueur maximal. Ce tube sur sa plus grande longueur est régulier et présente plusieurs types de terminaisons: en torsade ou sous forme de pelotes de gouttes de lave agglutinées.

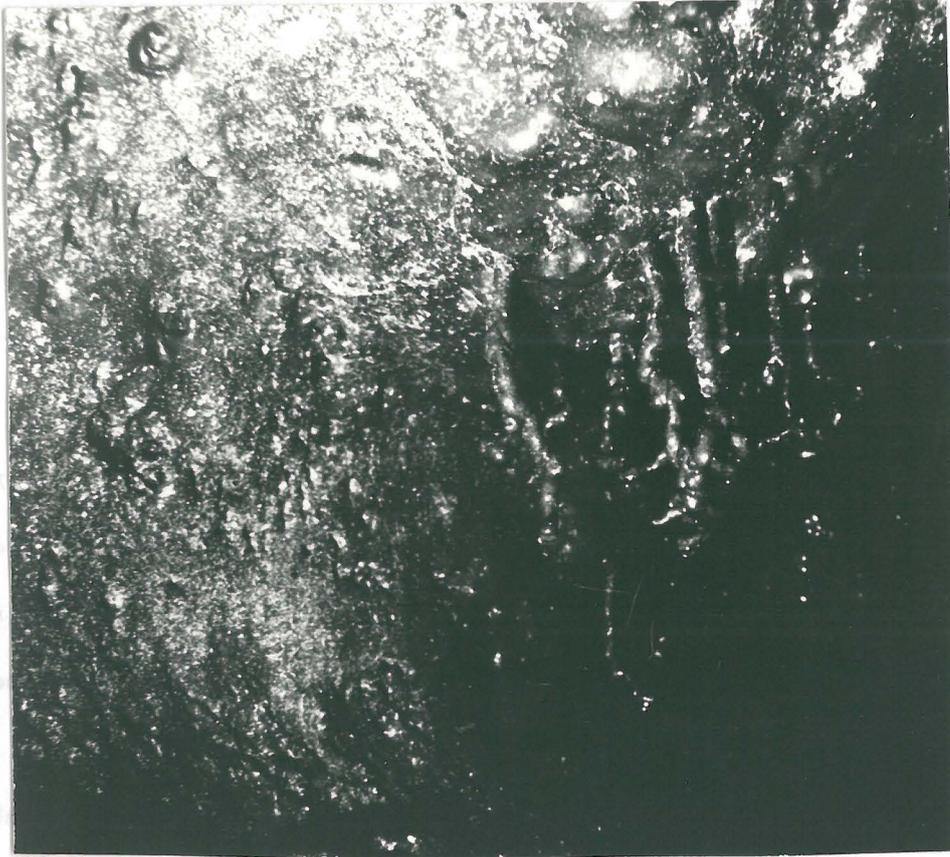
Dans une même cavité les terminaisons onduleront et se plieront dans une même direction suivant la direction apparente des gazs dirigeant les gouttes d goulinants le long des stalagmites dans une direction bien précise.

On peut supposer l'existence d'inversion des courants de gazs lorsque une même stalagmite montre des ondulations, même si domine une direction.

Nous pensons que ses inversions de courants de gazs sont possible quand une ouverture ou plusieurs se crées dans un tube de lave, permettant la formation de nouveaux courants de gazs dans une direction opposée à la direction de la coulée.

Souvent nous avons remarqué que les stalagmites présentent une goutte d'eau s'accrochant à la terminaison, cette goutte d'eau tombant ensuite sur le plancher, il n'y a cependant aucun dépôt. Nous sommes devant une eau météorique traversant un toit très mince.

Les stalagmites se localisent principalement dans la marge étroite existant sous la forme d'un arc de cercle dans la surface de liaison entre le mur et le toit de la cavité. Si une banquette (empreinte du niveau de la coulée) est proéminente par rapport

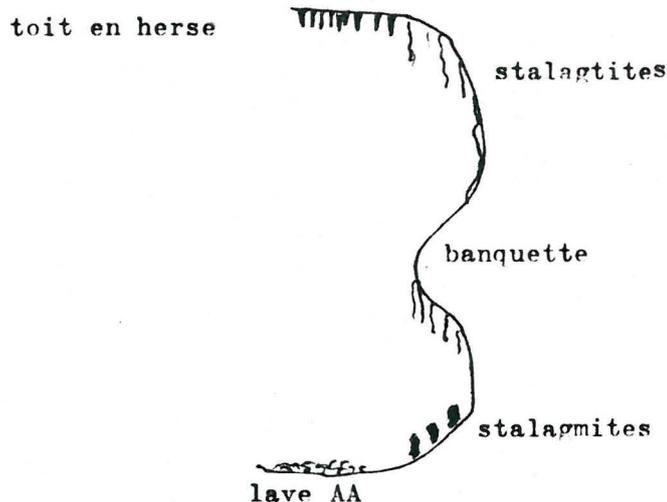


Stalagtites (Kazumura Cave)

au mur du tube de lave elle pourra révéler à son niveau inférieur des stalagtites.

Le toit de la cavité est le plus souvent sous la forme d'un toit en "herse", la lave refondue n'est pas suffisamment fluide pour permettre un écoulement créant la stalagtite, sauf certaines conditions (Halemaumau cave) .

Il n'y a pas de différence entre les stalagtites et stalagmites qui ont même structure et texture que l'ensemble de la coulée.



Les stalagmites sont moins fréquente que les stalagtites (sur les 9677 m de développement de Kazumura Cave, une portion de 100 m seulement présente des stalagmites) .

Les stalagmites se présentent sous la forme d'un amas de gouttes dégoulinant du plafond, cet amas peut monter en hauteur jusqu'a 15 - 20 cm, la formation de ses stalagmites necessite plusieurs facteurs :

Un flot de lave tarie ou limité par un simple chenal au centre de la cavité, la stalagmite pouvant se fixer et croître sans être emportée par la lave.

Une température des gazs suffisantes permettant la refusion à l'intérieur du tunnel.

L'existence des stalagmites est très dépendante des facteurs internes et se signale par une formation très rapide .

P R E S E N T A T I O N

des C A V I T E S de la L A V E de L' I L E D' H A W A I I

Toutes les cavités sauf Kaumana Cave se situe dans la caldera du Kilauea ou sur ses flancs.

- Halemaumau Cave : caldera du Kilauea, débouche dans Halemaumau cratere
- Thurston Lava Tube : au bord du Kilauea Iki
- Dallas Cave f flanc Est du kilauea
- Kazumura Cave : flanc est du Kilauea
- Kau Cave: desert de Kau à l'W du Kilauea
- Fracture Cave : dans la zone du rift S-W
- Mauna ulu Cave : zone du rift Est
- Kaumana cave : pente du Mauna Loa

HISTORIQUE des EXPLORATIONS

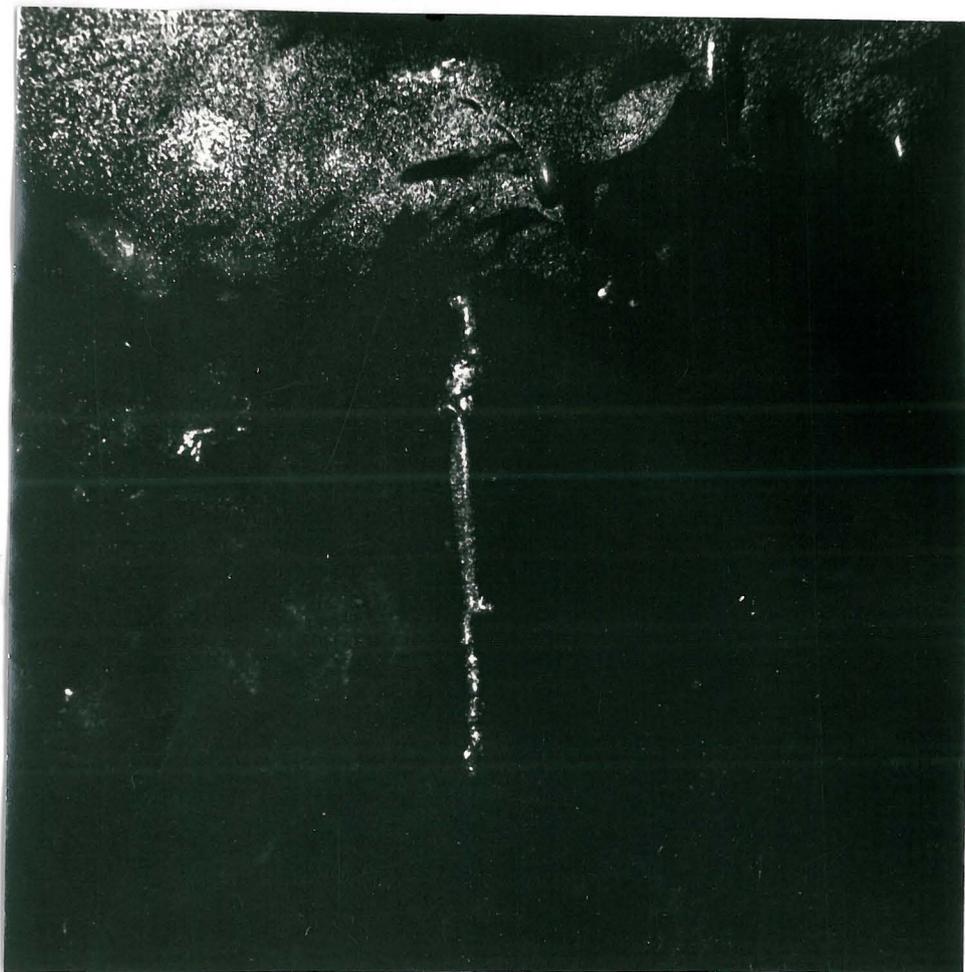
LES cavités de la lave ont toujours fait partie de la vie du peuple hawaïen, servant d'abris et de lieu de sépultures ..

Aujourd'hui ses cavités servent parfois de cave , permettant de conserver dans les meilleures conditions le vin, et l'importance de leurs nombres et de leurs volumes posent des problèmes dans l'édification de nouvelles routes ou d'habitations.

Dans les années 1960 le Civil Defense d'Hawaïi a entrepris l'inventaire des entrées des cavités d'Hawaïi et une exploration sommaire, sans topos réalisant une estimation du volume de la cavité dans le but de répartir la population en cas d'attaque nucléaire. De cette entreprise il ne reste que quelques panneaux rouillés aux bords des routes indiquant la proximité d'une entrée de cavité. Le H.V.O (Hawaiian volcano observatory) n'a connaissance que de l'entrée de quelques cavités dans son secteur de surveillance, mais sans aucune exploration sauf pour Thurston lava tube et Kaumana lava tube.

Pour Kazumura cave nous avons téléphoné à Gayne, Wayne et Howart qui les premiers ont exploré cette cavité pour une étude de la faune, aucune topo n'a été faite , et l'estimation variait de 5000 à 10000 m.

Si l'entrée de nombreuses cavités sont connues elles n'ont été explorés qu'en partie ou parfois pas du tout.



Stalagmite (Dallas Cave)

THURSTON LAVA TUBE

La cavité se trouve dans le Hawaii Volcanoes National Park, cette cavité est aménagée pour les touristes, de nombreux panneaux indicateurs le long de la route qui fait le tour du cratère Kilauea; au visitor center prendre la route en direction de Kilauea Iki Crater; Un parking se trouve devant le chemin menant à Thurston Lava Tube. Le chemin descend dans un petit cratère: Kaluauki, pit crater de 150 m de diamètre.

Geologie

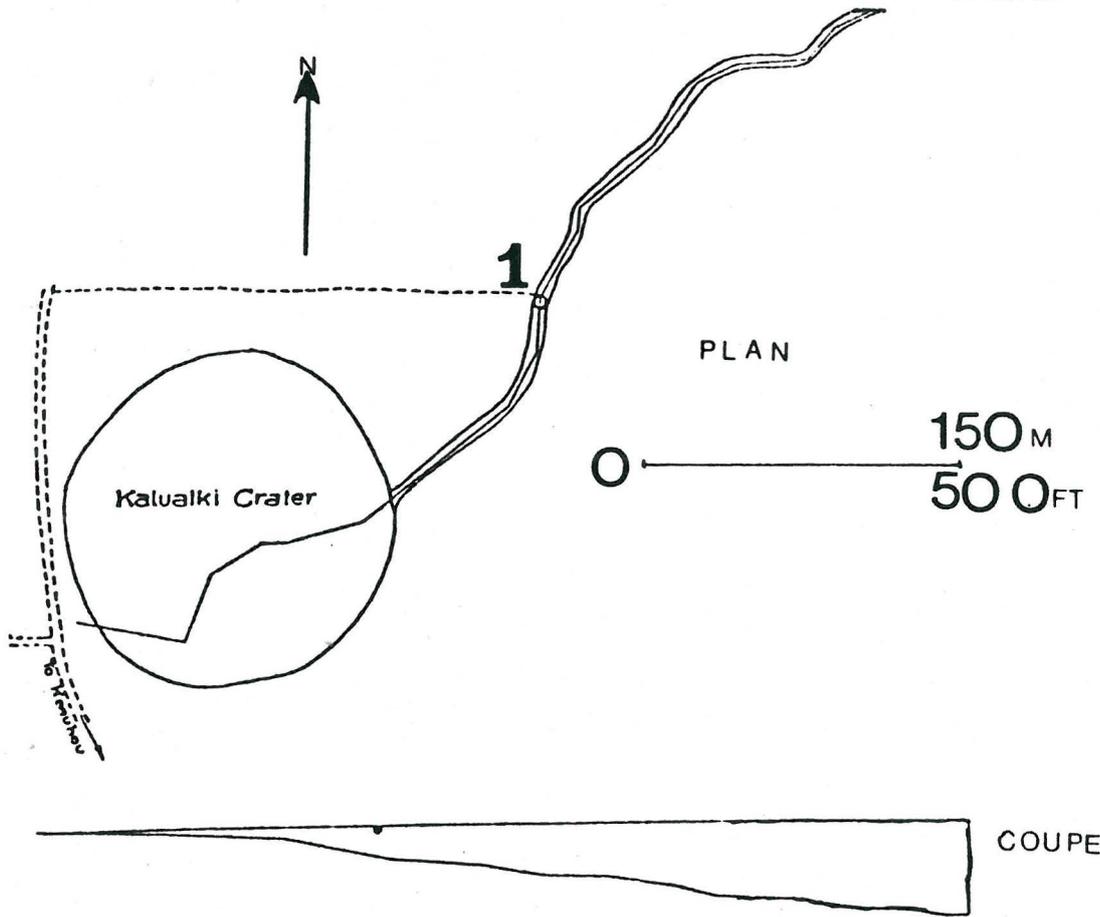
Thurston tube doit provenir d'une coulée du Kilauea Iki, Thurston tube a été recoupé par la formation du pit crater Kaluauki, la cavité se trouve dans les laves de type pahoehoe.

DESCRIPTION

La cavité se présente comme un tube unique de direction Nord Est, présentant un développement de 454 m pour une dénivellation de 22 m ce qui correspond à une pente de 2°5, la hauteur maximum est de 6 m et la largeur maximum de 6,70 m. Cette cavité est équipée sur 120 m d'installation électrique et de barrières, au bout de ses 120 m se trouve une ouverture qui permet au flot de touristes de s'échapper. La cavité continue sur 300 m mais de peu d'intérêt.

THURSTON'S TUBE

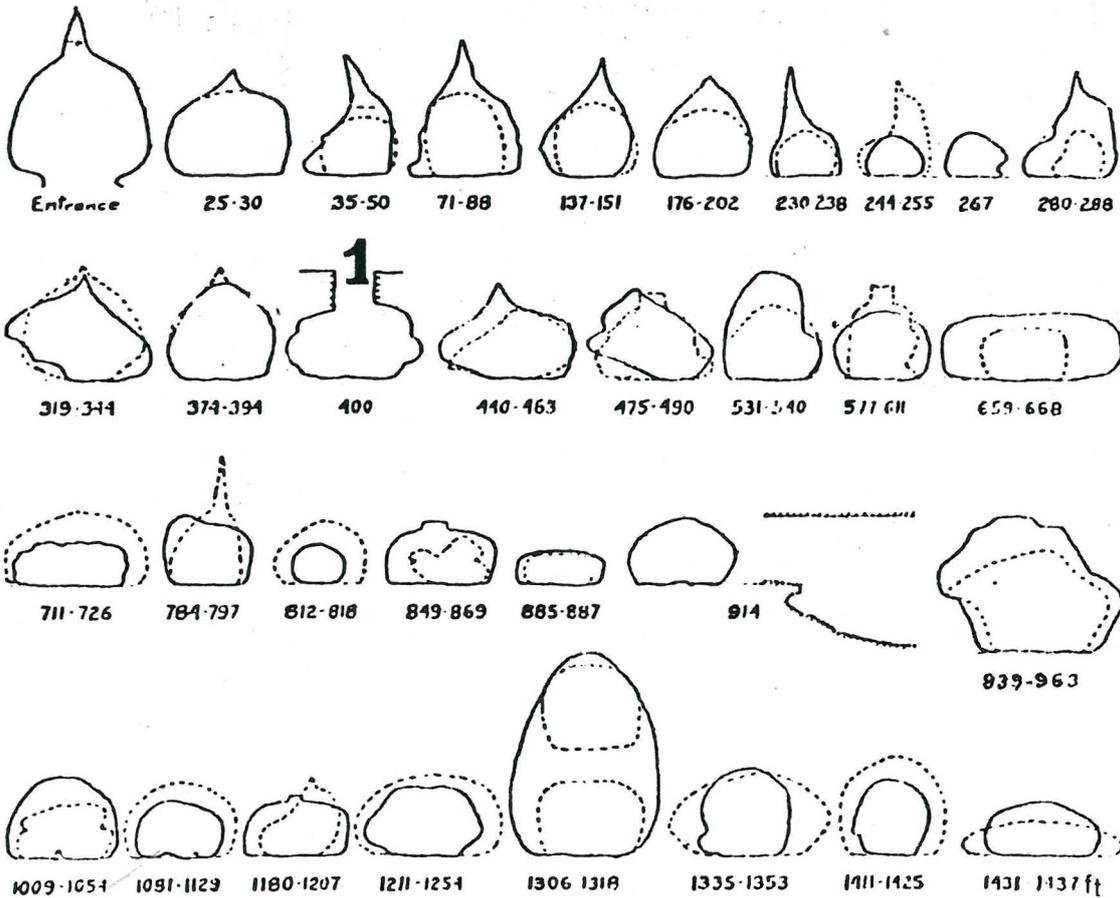
KILAUEA
HAWAII



L'échelle verticale est multipliée par 2 par rapport à l'horizontale

SECTIONS

Les sections débutent de Kaluauiki Crater



HALEMAUMAU CAVE (Kilauea Hawaii)

Situation

Halemaumau cave se situe dans la caldera du Kilauea, cette cavité prenant naissance sur la bordure Nord du cratère Halemaumau, ce cratère se situant au Sud-Ouest de la caldera du Kilauea.

La première entrée dont le toit est effondré sur 46 m se situe à $19^{\circ} 24' 45''$ de latitude Nord et $155^{\circ} 17' 00''$ de longitude Ouest .

Geologie

Ce tunnel de lave se situe dans les laves de 1919 . Nous pensons que cette cavité est née de l'éruption de 1919 qui a débuté le 7 Février et a duré 294 jours .

L'éruption est née dans Halemaumau, avec la formation d'un lac de lave qui est monté et a débordé dans la caldera du Kilauea, sous la forme d'une coulée de direction Nord.

Morphologie de la lave : La cavité se développe dans une coulée de laves Pahoehoe

Description

Cette cavité se présente comme un **conduit principal** accompagné de conduits annexes de faible développement. Le développement total est de 1156 m pour une dénivellation de 8 m ; Le conduit principal a un développement de 820 m. Halemaumau Cave présente dans son ensemble environ 70 m de toit effondré en tenant compte des 46 premiers m éboulés partant de Halemaumau Crater. Ses 70 m se décomposent en 2 ouvertures de plus de 15 m et 11 ouvertures de formes circulaires ou ovoidales allant de 2 à 4 m de diamètre

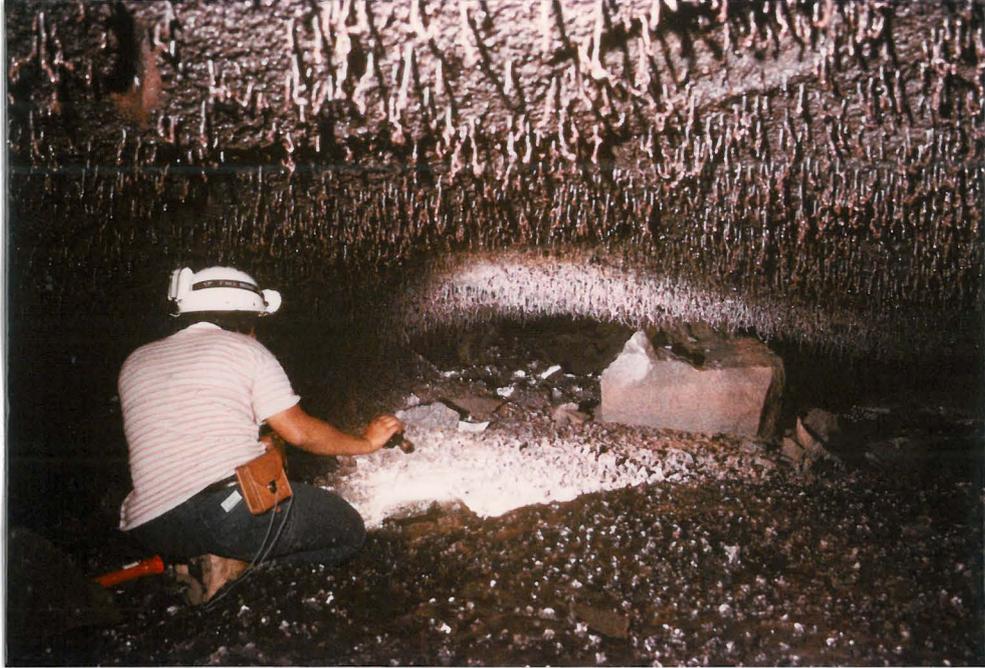
Les conduits annexes présentent un toit riche en stalactites, par contre le conduit principal ne présente que très rarement des stalactites de lave. Les stalagmites sont inexistantes on se trouve dans les petits conduits sous formes de pointes et formant un plancher dit en herse.

La direction générale de la cavité est Nord-Ouest pour les 2/3 de la cavité tournant ensuite dans la direction Nord-Est et pour les 30 derniers m de la cavité une direction Est.

La fin de la cavité rappelle par l'émission de vapeurs d'eau chaude que nous trouvons dans une caldera active.

Cette cavité se termine sur effondrement de la voute infranchissable.

Le conduit principal est haut de 2 à 4 m et d'une largeur de 4 à 12 m



Petits Conduits (Halemaumau Cave)

Remarques

Les nombreux effondrements de cette jeune cavité sont dus aux nombreuses crises sismiques affectant la zone sommitale et l'existence de fractures concentriques qui sont le résultat des contraintes d'équilibre, la cavité se situant à la périphérie de Halemaumau Crater. Depuis 1919 le cratère d'Halemaumau a subi 16 éruptions, la surveillance volcano tectonique montre une fracturation importante, lors d'événements sismo-volcaniques, ses fracturations de par leur fréquences et leurs nombres agissent comme un facteur non négligeable du déséquilibre du toit de la cavité.

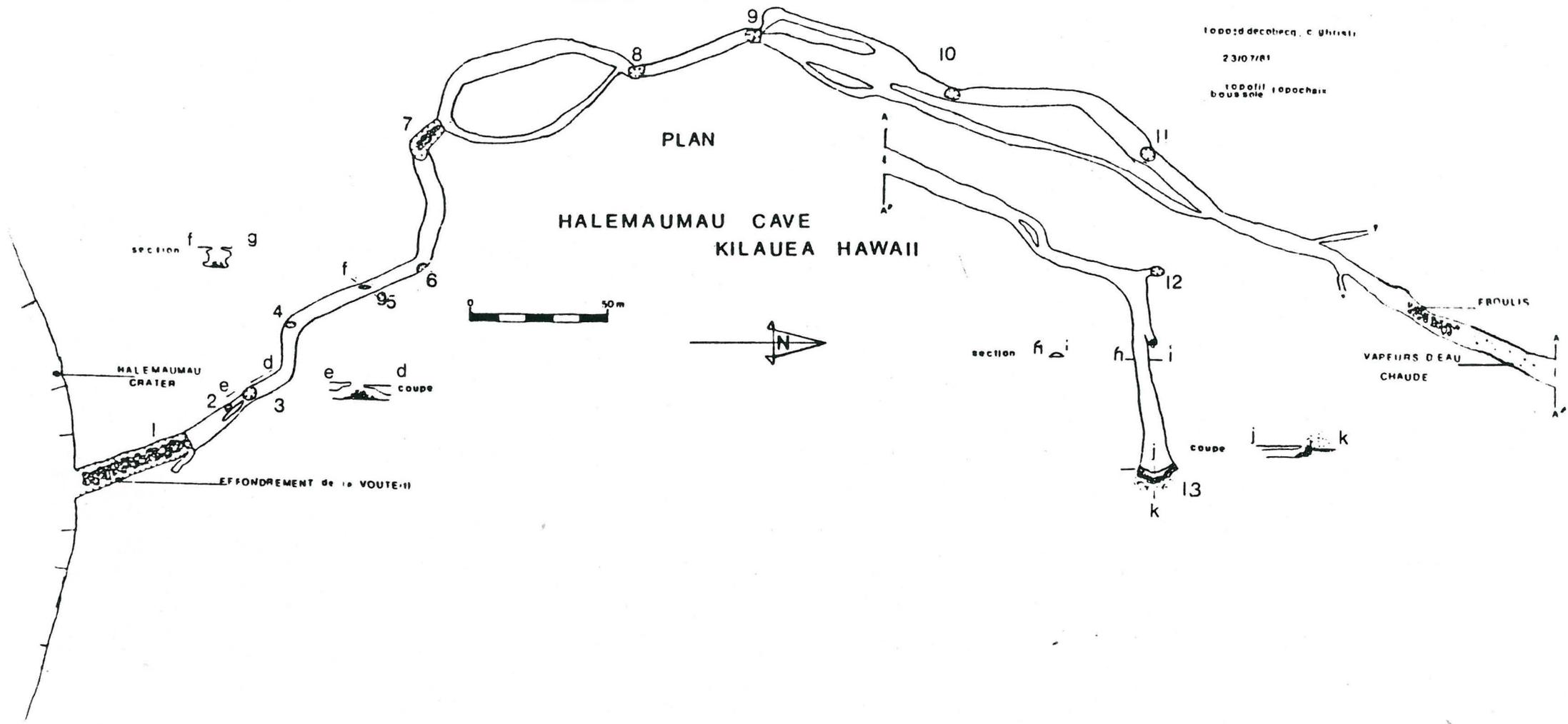
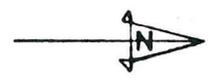
Le changement de direction de la cavité (90 °) est le **résultat** du front de la coulée butant sur le bord de la caldera du Kilauaea déviant la coulée vers l'Est. Nous pensons que si cette cavité a la particularité de présenter de nombreux conduits annexes au conduit principal, formant sur un plan des "îles", et une deltaïsation des conduits se serait la conséquence d'une pente très faible. Si les stalactites existent dans les conduits annexes nous pensons que le faible volume de ses conduits permet une température des gaz résiduels assez constante permettant une fonte du toit plus longue.

direction de la coulée
→

1000:1 d'écoulement, C. Ghisler
23/07/81
Topofil Topochair
boussole

PLAN

HALEMAUMAU CAVE
KILAUEA HAWAII



section f g

HALEMAUMAU CRATER

EFFONDREMENT de la VOUTE II

e d coupe

section h i

coupe j k

VAPEURS D'EAU CHAUDE

FRONLIS

DALLAS CAVE

Volcano Village Hawaii

Situation

Cette cavité se situe sur le flanc Est du Kilauea; L'entrée n° 4 est facile d'accès: en suivant la nationale 11 en direction d'Hilo, 1 mile après Volcano Village tourner à la première route à droite après un panneau indicateur d'altitude "1610 m", sur cette route tourner à la première rue à droite, puis tourner à gauche vous êtes sur l'avenue Jade, continuer sur 200 m, la cavité se situe à gauche de la route s'enfoncer sur 30 m dans la forêt de fougères, un sentier y est tracé.

Geologie

Dallas cave se situe dans des laves de type Pahoehoe, son âge est indéterminé, antérieur à 1832. Cette coulée proviendrait du Kilauea

Description

Cette cavité présente un développement de 1690 m, pour le calcul du développement nous avons pris en considération qu'un seul cheminement quand nous étions en présence d'un double tunnel de lave car se ne sont pas 2 tunnels distincts, c'est un même tunnel présentant parfois un tunnel de lave dans un tunnel de lave.

Dallas cave a environ 280 m de double tunnel.

La profondeur est estimée à 70 - 80 m sur la base d'une pente de 1°.

La cavité a une direction Est Ouest, la direction de la coulée Est.

Dallas Cave présente 4 effondrements du plafond, le plus important est l'effondrement de l'entrée n°4 avec 28 m d'effondrement.

le cheminement est simple, on descend le nuit de 14 m de l'ouverture n°4 on se dirige vers l'est, au bout de 20m un ressaut de 2 m nous sommes à la jonction avec une branche du tunnel qui se dirige vers un ancien lac de lave se situant sous le plancher de l'ouverture n°4.

Si nous continuons vers l'est le tube est unique et présente au bout de 800 m un nuit de 14 m qui tombe dans un ancien lac de lave.

La cavité continue avec le passage de quelques double tunnel, au bout de 1400m entre l'ouverture n°2 et 1 un ressaut de 7m.

Cette cavité se termine sur rien, nous nous sommes arrêtés devant un nuit estimé à une quinzaine de m de profondeur; plus de corde.



Ouverture n° 2 Dallas Cave

En bas du nuit d'entrée un mur de lave barrait le côté amont, un élargissement d'une ouverture permet de passer sans une remontée par le lac de lave, le côté amont continu mais n'apas été topographié

Remarques

Cette cavité présente de nombreux nuits et ressauts , inhabituels pour un tube de lave.

Présence de 2 lacs de lave subordonnée à une dénivellation importante.

Nous pensons que la morphologie de la cavité est due au fait que le fond topographique sur lequel le flot de lave s'est écoulé présentait de nombreuses dénivellations.

Les 2 lacs de lave présentent les memes caractères morphologiques des lacs de lave commun aux éruptions du Kilauea; La source magmatique en est la différence:

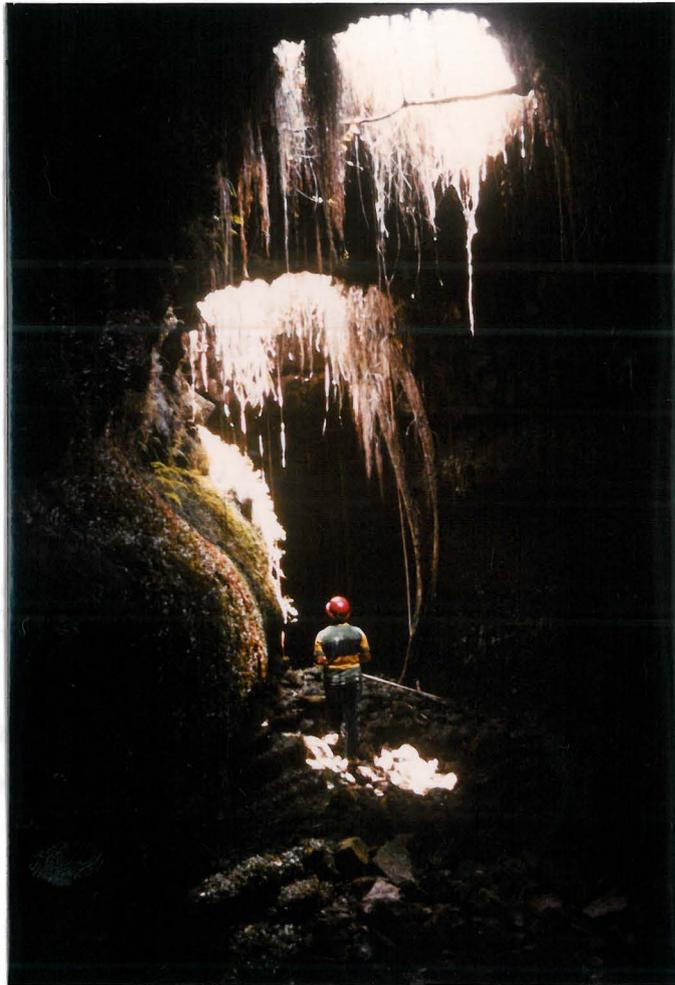
Les lacs de lave du kilauea se sont formés par l'éruption depuis le reservoir magmatique situé à une profondeur comprise entre 1 à 4 km sous le sommet du volcan, la lave s'épanchant dans une dépression topographique, les dykes qui alimentent le lac de lave se bouchent, le lac n'est plus alimenté et commence à se refroidir en se solidifiant.

Les lacs de lave de Dallas Cave ont pour origine une dépression topographique à l'aplomb d'une dénivellation ou cascade de lave, la source est une coulée se jetant dans le lac de lave, l'apport est externe, il n'y a pas d'apport interne par l'intermédiaire de dykes.

Ses lacs de lave de formes éllipsoidales d'une largeur de 12 à 18 m présente vers le centre une déflation, les bords du lac de lave se présentent sous l'aspect d'une surface horizontale large de 0,50 à 1 m, ils sont solidaires des murs de la cavité et forme une vire périphérique d'une hauteur de 0,50 à 1,5 m au dessus du lac de lave qui se présente sous la formes de grandes dalles aux bordures déchiquitées.

La déflation du lac de lave indique un refroidissement plus rapide des bordures du lac due a une plus forte capacité thermique, en même temps la surface du lac de lave s'est refroidie formant une croûte, prit en sandwiches une lave encore fluide a put s'écouler et causer la déflation de ce lac de lave.

Si les lacs de lave sont de formes éllinsoidales, nous pensons que cela est due à la dénivellation permettant a la coulée de s'étendre et d'avoir grâce à la gravité, une plus grande fluidalité et un brassage de la coulée qui retarde le refroidissement de la coulée .



Kazumura Cave Ouvertvres n° 10 et 11

KAZUMURA CAVE

Mountain View

Situation

Sur la route de Volcano à Hilo, on passe par Mountain View où l'on prendra la première route à droite (Kulani road South) après l'école de Mountain View.

La route traverse des champs de cannes à sucre, après le passage d'un pont l'on arrive à un croisement, l'on prendra à gauche puis à droite, continuer sur cette route qui passe au bout de 2 miles à l'état de piste; Il faut suivre cette route sur 4 miles, il faut passer les routes C, D, E, F qui partent toutes à gauche; 150 m après le croisement avec la route F, se trouve un panneau indicateur, caché par les feuillages, ce panneau indique l'existence d'un abris antiatomique, c'est Kazumura cave; Un vague sentier part à gauche de la route, l'entrée se situe à 30 m de la route. Nous sommes en présence de l'entrée n°9 .

Geologie

Kazumura Cave est né d'une coulée de laves pahoehoe, pour le Docteur Moore cette coulée viendrait du Kilauea Iki, volcan faisant partie du système volcanique du Kilauea; Kilauea Iki se trouvant sur le bord Est de la caldeira du Kilauea.

Kilauea Iki se présente comme un petit bouclier satellite dont le sommet s'est effondré pour constituer un pit cratère.

Cette coulée serait vieille de 400 ans .

Description

L'entrée n°9 est peu engageante pour la cavité de la lave la plus longue du monde, elle se présente comme une simple ouverture circulaire de 5m de diamètre profonde de 1 à 2 m encombrée de blocs et de fougères.

cette entrée correspond au plafond qui s'est effondré, vers l'ouest la cavité continue sur 15 m; à l'Est après une descente de 3 à 4 m entre les blocs et le plafond, nous arrivons par le haut dans une galerie haute de 5m, large de 4m.

La direction de la coulée est Nord - Nord Est.

Dans cette galerie si nous partons vers l'aval le cheminement est simple, 8005 m de

progression à travers un métro ,entrecoupé de quelques ressauts faisables en escalade. ce metro est haut de 2 à 6 m et large de 3 à 12 m; Parfois quelques éboulis semble terminer la galerie mais en passant sur les bords qui sont moins éboulés l'on arrive à continuer, cette galerie très haute parfois présente dans la progression une diminution de la galerie on croit que le tunnel va s'arreter, on se baisse ,on rampe sur quelques m on se releve et nous nous retrouvons dans le métro.

L'aval présente 43 m de double tunnel et 8 ouvertures.

L'aval se termine dans un petit conduit comblé par un éboulis infranchissable, en passant par l'exterieur et par repérage du cheminement de la cavité il est possible de continuer l'aval

Si nous repartons de l'entrée n°9 vers l'amont, la galerie est plus petite haute de 2 m et passe sous l'entrée n°9, pour s'élargir ensuite et nous retrouvons un métro. l'amont présente un développement de 1672 m avec 119 m de double tunnel et 5 ouvertures, l'amont se termine sur une ouverture non franchissable comblé d'eboulis .

Kazumura Cave présente un développement total de 9677 m pour un dénivelé au minimum de 200 m nous avons pris une moyenne de pente de 1° ceci est très faible.

Nous avons un ensemble de 162 m de double tunnel que nous n'avons pas tenu compte pour le calcul du developpement total, car présentant le meme cheminement.

Si cette cavité présente 14 ouvertures elle présente 9677 m de cheminement sans que l'on soit obligé de passer en surface pour continuer la progression;

On peut considerer Kazumura Cave comme un segment d'une longueur de 9677 m.

REMARQUES

Cette cavité est exceptionnelle par sa longueur et permet de mieux comprendre le danger que represente ses coulées pour les villes du littoral, le segment de kazumura cave se trouve à 20 km de son lieu d'emission ,continu sur les 10 kms d'exploration et doit certainement encore continuer. Cela représente une coulée d'une longueur minimum de 30 kms.

Kazumura cave présente de nombreuses stalagmites de laves ,la plupart de ses stalagmites se trouvent sur les bords, nous avons observés quelques stalagmites, seulement dans cette cavité et sur une portion de 100 m.

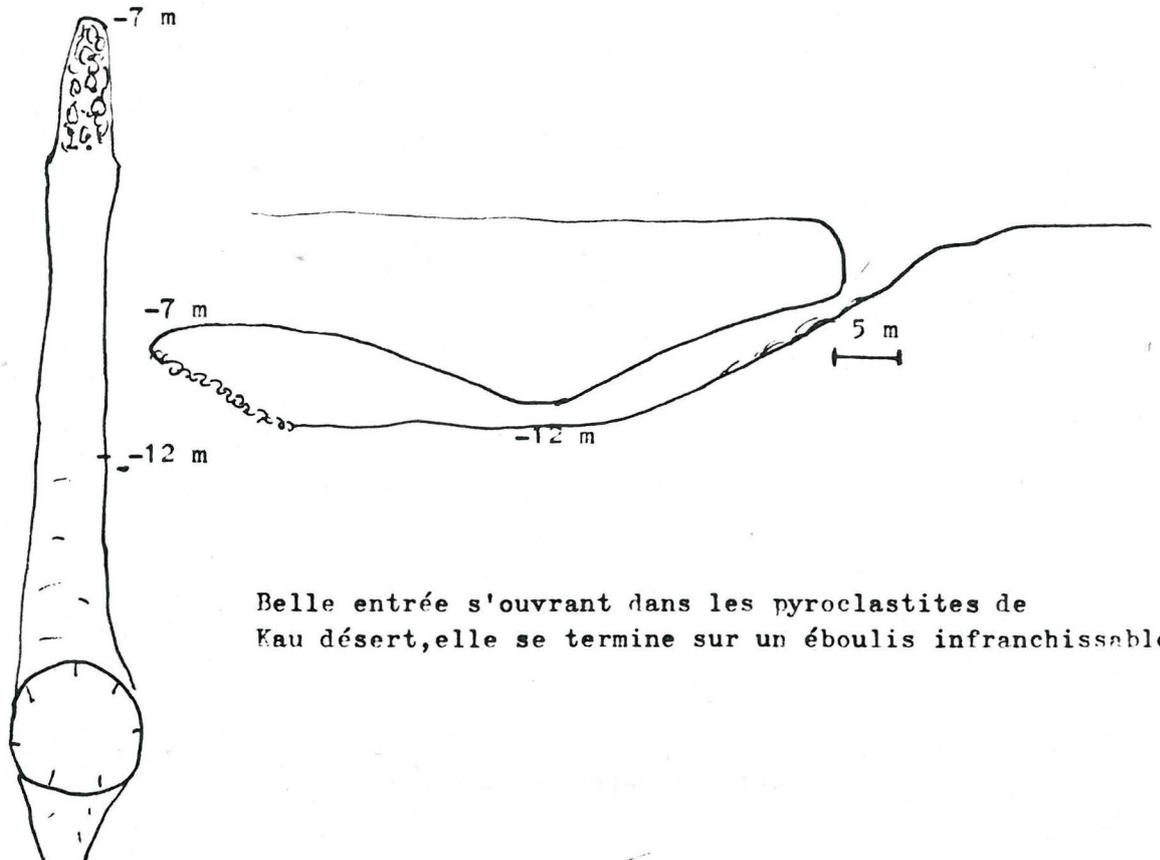
le plancher est parfois constitué d'une rigole passant au centre du plancher cette rigole indique le dernier flux de lave ;entre l'ouverture n°9 et 8 ,cette rigole présente une " minie coulée en dalles ".

En descendant vers le fond, juste après le passage de l'ouverture n°2, et à la fin du double tunnel, sous ce tunnel, nous avons trouvé 3 squelettes d'anciens hawaïens, 2 adultes et un enfant.

CAVITE KAU DESERT

Situation

Cette cavité se situe dans le desert de Kau ,à coté d'une station sismique.
A $19^{\circ} 24' 20''$ de latitude Nord et $155^{\circ} 17' 40''$ de longitude Ouest,une piste y mène depuis la route contournant la caldera du Kilauea.



Belle entrée s'ouvrant dans les pyroclastites de Kau désert,elle se termine sur un éboulis infranchissable

Plus en avant dans Kau desert ,nous avons observés dans un des twin pit crateres : débouchant à l'intérieur de ce cratère 3 tubes de laves,de nombreux auteurs ont remarqué la présence de tunnels de lave débouchant dans les pits crateres, et expliquant ce fait par des conduits de lave véhiculant la lave d'un cratère à l'autre. Nous pensons que la création du pit crater est indépendant des tubes de lave; Car les tubes de lave sont nombreux,chaque tube de lave pouvant être recouvert à son tour par une autre coulée,batissant l'ile d'Hawaii sous la forme d'un bouclier volcan.Le pit crater c'est effondré en recoupant par hasard ses tunnels de lave .

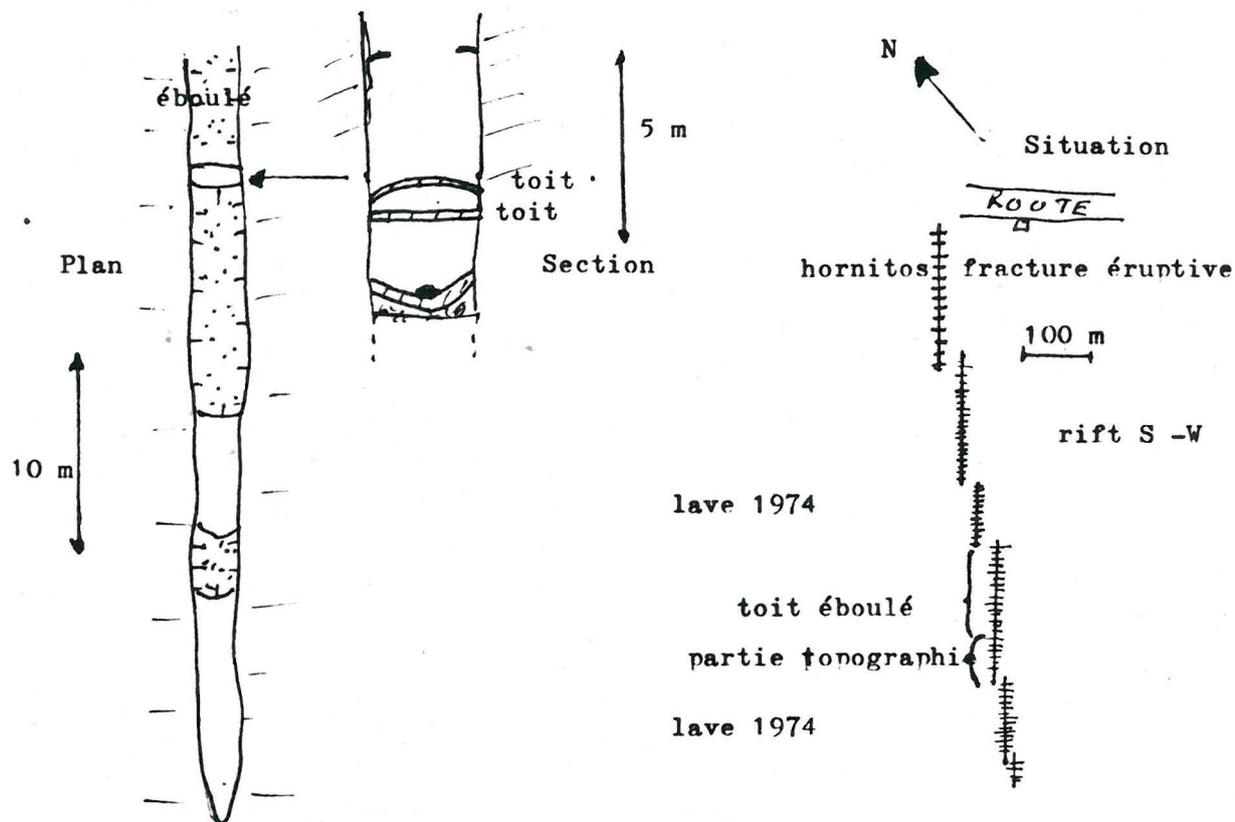


Cavité du rift Sud - Ouest

Cavité du rift S-W

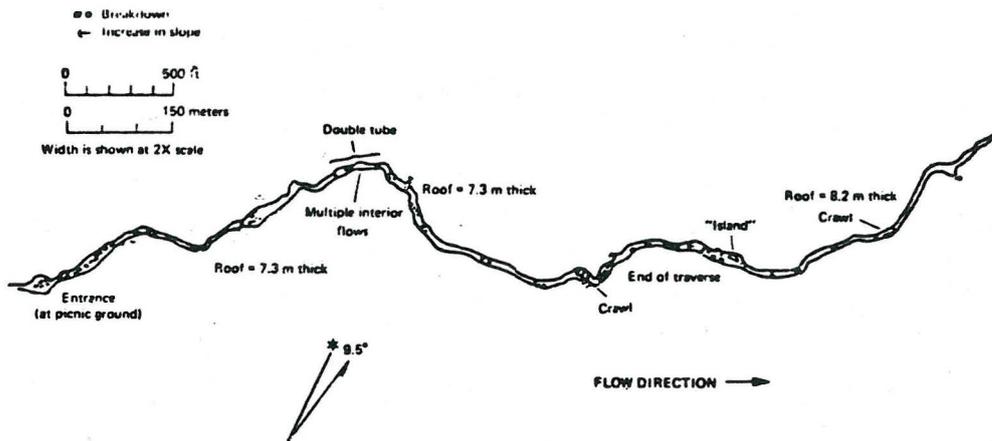
Situation:

Cette cavité se situe dans une fracture du rift S-W, de la route aux panneaux explicatifs sur les rifts, s'avancer sur 450 m vers le désert en suivant les fractures.



Cette cavité de la lave n'est pas née d'une intrusion de lave dans la fracture, cette lave vient de l'extérieur, elle s'est déversée dans la fracture. Les fractures du rift S-W sont large 0,5 à 5 m, profonde de 10 à 20 m

KAUMANA LAVA TUBE



plan de Adams et von Seggern, 1969

SITUATION

De la ville de Hilo prendre la nationale 20 ou Saddle road en direction de Kona, au bout de 6.5 km à droite de la route se trouve un terrain de pique-nique, l'entrée de kaumana tube se situe dans ce terrain de pique-nique.

GEOLOGIE

Le 5 Novembre 1880 débuta dans le rift nord-est du MAUNA LOA une éruption depuis Puu Ulaula. La coulée était initialement du type AA, mais les dernières éruptions produisirent des laves pahoehoes.

En Juillet 1881 la coulée était proche de Kaumana et E.D Baldwin observa du 12 Juillet au 29 Juillet la formation de cette cavité. La cavité est formée dans les laves pahoehoes.

DESCRIPTION

Le tube de lave est coupé en deux, le plan ne représente que l'aval de kaumana tube. Le développement de la cavité est d'environ 1000 m. L'effondrement de la voûte s'étend sur une courte distance dans le tube et permet une observation des différents phénomènes de formation de ses tubes de laves.

Toponymie des termes Hawaïiens

L'alphabet Hawaïien comprend 12 lettres : 5 voyelles, 7 consonnes.

Les consonnes (h, k, l, m, n, p, w).

- Aa : Lave à surface tourmentée, surface sur laquelle on ne peut marcher pieds nus
Alae : l'oiseau sacré
Alo'i : La mare de boue
Halemaumau : la hutte de fougères
Hiiaka ; Déesse soeur de Pélé
Hilina : frappé, heurté
Hilo : La nouvelle lune
Hualalai : Qui fait obstacles aux coulées
Kanoho : le creux, le vide
Kau : la saison sèche
Kilauea : qui s'étale largement
Kilauea Iki : le petit kilauea
Koae : les guerriers
Kohala : le pandanus noyé
Kona : sous le vent
Kulani : semblable au paradis
Lua : puits, cratères
Lua manu : le cratère des oiseaux
Makaopuhi : l'oeil de la chouette
Mauna : montagne
Mauna kea : la montagne blanche
Mauna loa : la gigantesque montagne
Mauna Ulu : la montagne qui grandit
Napau : la fin
Pahala : culture sur champs brûlés
Pahoehoe : lave à surface lisse
Pali : falaise, talus
Pelé : déesse du feu, des volcans, de l'amour
Puna : le corail
Puu huluhulu : la colline qui tremble
Waimea : l'eau rougeâtre

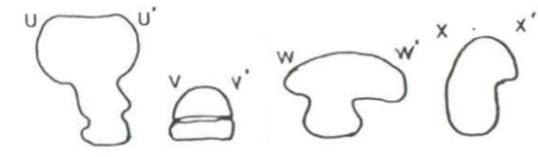
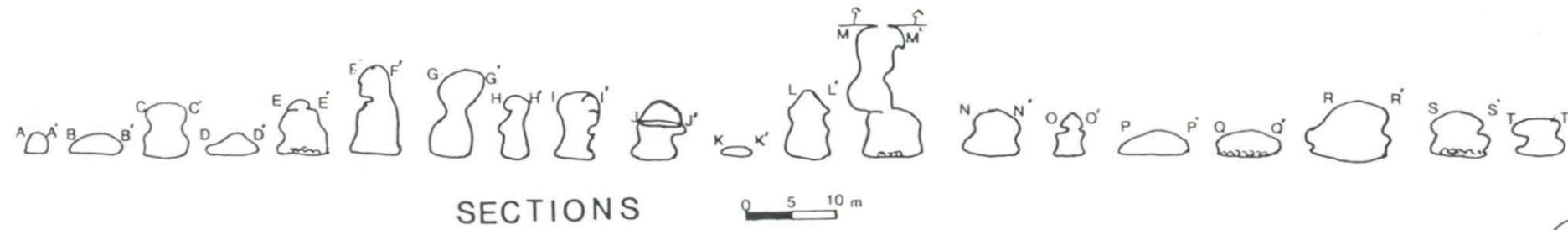
B I B L I O G R A P H I E

S O M M A I R E

- De Saint Ours.P:analyse morpho structural et surveillance tectonique d'un volcan actif ex:du Kilauea,thèse Orsay n°2536 :209p;1979.
- Finch & Emerson :mars 1924,sulphate,stalagtite tubes dans Hawaiian Volcano Observatory,bull 12,n°3,p 13-14 .
- -Finch;Rh:juillet 1926,lava tubes dans Volcano letters 82,
- Foucault.A & Raoult.J-F:dictionnaire de géologie,331 p,Masson 1980 .
- Girod.M : les roches volcaniques pétrologie et cadre structural,229 p,Doin 1978
- Greeley.R :Kaumana lava tube,Université de Santa Clara
- Jaggard,T.A:1931 Lava stalactite,stalagmite,toes and "squeeze ups" Volcano letters, Hawaii 345 .
- Peterson.D.W & Swanson.D.A :Observed formation of lava tubes 1970-1971 ,studies in speleology vol 2,pt.6,P.209-223
- Powers & Sidney:1926 ,Kilauea lava tubes ,hawaiian volcano Observatory,bull 8 n°3 ,p 46 - 49 .
- Mac Donald & Abbot: 1970,Volcanoes in the sea;The geology of Hawaii:univ.Press of Hawaii,Honolulu,441p .
- Rittman,A:1963,Les volcans et leur activité ,Masson et Cie.ed. 462 p
- Rittman,A:1978,Les volcans,Atlas ed,128 p .
- La dérive des continents,Pour la science,diff Belin,215 p .
- Spélunca:spécial n°2 1977,les grandes cavités mondiales .
- Spélunca :1980 n°3,P 114 - 115

DALLAS CAVE

VOLCANO VILLAGE HAWAII



DOUBLE TUNNEL

SECTIONS



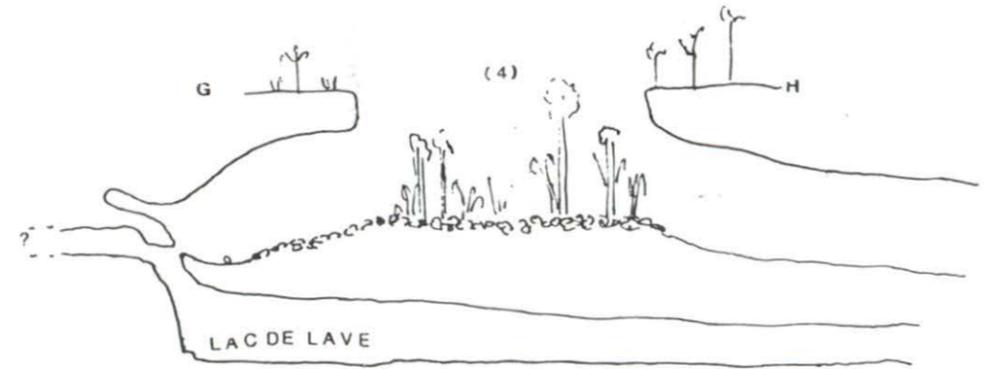
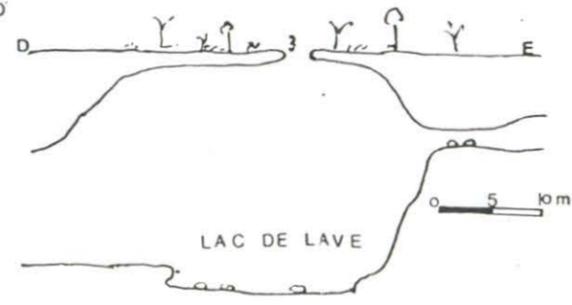
DIRECTION DE LA COULEE

PLAN



DOUBLE TUNNEL

COUPES



P15m

P14m

P14m

B

B

