

LE VOLCANISME TERTIAIRE ET QUATERNAIRE DE LA PRESQU'ILE DU CAP-VERT

II. PHASES D'ACTIVITE ET STRUCTURE DU VOLCAN DES MAMELLES

par G. CREVOLA

--o--

Le volcan des Mamelles est un appareil central polygénique édifié au cours de trois phases d'activité relevant de dynamismes différents.

Nous proposons ici un essai de reconstitution de l'histoire de ce volcan basé sur l'étude des produits émis et sur l'étude de la structure des vestiges respectés par l'érosion (1). Nous nous appuyerons sur les travaux antérieurs complétés et modifiés par des observations nouvelles.

A - LES GRANDS TYPES DE DYNAMISMES VOLCANIQUES : L'EXEMPLE DU VOLCAN DES MAMELLES

La classification des dynamismes volcaniques se fonde sur la qualité des matériaux prédominants émis (gaz, lave visqueuse, lave fluide), qui dépend de l'état physique du magma au moment de l'éruption. La morphologie des appareils, elle-même sous la dépendance du dynamisme, n'intervient qu'en second lieu.

Cette classification retient quatre types majeurs de dynamismes volcaniques (fig. 1) dénommés et définis comme suit :

- Type explosif - vulcanien ou phréatique - ou domaine des nuées volcaniques : type défini par la très grande abondance des gaz libérés au moment de l'explosion ; les gaz transportant cependant avec eux des éléments solides (suspensions) ou liquides (émulsions) constituent des nuées volcaniques (exemples : champignon ou panache vertical plinien, nuées rasantes ou débordantes se déplaçant horizontalement).

- Type mixte strombolien ou domaine des projections : ce type est caractérisé par des alternances d'explosions modérées projetant des matériaux grossiers (bombes en fuseaux, lapilli) et des émissions de lave relativement fluide. L'appareil qui en résulte est un strato-volcan mixte.

- Type effusif ou hawaïen ou domaine des coulées : ce type est défini

par la grande prédominance de lave liquide au moment de l'éruption, les projections étant très réduites. Dans les cratères très surbaissés de ce type, on trouve généralement un lac de lave permanent qui déborde de temps à autre en donnant naissance à de vastes coulées très fluides.

- Type extrusif ou dôméen ou domaine des extrusions : ce type est caractérisé par la très grande dominance des produits liquides, de haute viscosité au moment de l'éruption, qui s'accumulent autour du point de sortie en donnant naissance à des cumulo-dômes.

Les volcans, même de petite taille comme celui des Mamelles, peuvent présenter au cours de leur histoire plusieurs phases d'activité relevant de dynamismes différents, auxquelles correspondent divers types d'appareils successifs. Il importe donc de bien dégager les critères permettant d'individualiser les diverses phases et de caractériser leurs dynamismes respectifs.

Dans le cas des Mamelles, l'étude des produits rejetés et des structures des témoins d'appareils successifs permet de distinguer 3 grandes phases correspondant aux trois premiers types de dynamismes cités, certaines de ces trois grandes phases se subdivisant elles-mêmes en plusieurs épisodes. La structure type des appareils classiques est souvent difficile à reconstituer, car des phénomènes tels qu'effondrements volcano-tectoniques, intrusions, érosion entre deux phases d'activité, l'ont passablement compliquée ; de plus, l'érosion de cet appareil, d'âge déjà respectable - environ un million d'années - n'a laissé subsister pour certaines phases (les deux dernières en particulier) que des témoins difficiles à relier entre eux.

B - LA PHASE INITIALE D'ERUPTIONS PHREATIQUES

Au cours de cette phase seules sont émises des pyroclastites.

I. Les tufs stratifiés

Nous désignerons les pyroclastites de cette phase par le terme de tufs stratifiés qui traduit bien leur aspect (2).

1) Gisement - stratigraphie

Les tufs stratifiés, dont le volume est voisin de $0,5 \text{ km}^3$, constituent un anneau de grand diamètre (7 à 8 km) et de faible hauteur (de 1 à 50 m, exceptionnellement 90 m) dont le centre, correspondant à l'ancien cratère, est occupé par les produits des éruptions suivantes.

L'étude des affleurements côtiers proches du cratère conduit à la distinction de deux formations (fig. 2) :

- l'une inférieure, de couleur claire et de faible épaisseur (quelques mètres), à granulométrie et stratification fines ;
- l'autre, supérieure, plus épaisse, de couleur plus sombre car plus riche en éléments basaltiques, à granulométrie et stratifications plus grossières. Dans l'anse de Ouakam, où son épaisseur atteint 35 m (contre 7 à 8 pour la première) elle présente des stratifications obliques à l'échelle de la dizaine de mètres ; elle est constituée par une alternance de passées à stratifications grossières et de passées conglomératiques sans stratification, à blocs pouvant atteindre 1 m^3 .

2) Lithologie

Les tufs stratifiés sont des tufs mixtes composés :

- d'éléments provenant de la pulvérisation du substratum immédiat du volcan (fragments de calcaire silicifié et de marnes à attapulgite des assises éocènes ; grains de sable des sables infrabasaltiques) ;
- d'éléments juvéniles : lapilli de couleur noire, mais aussi jaune ou orange (palagonitisation), (3), blocs anguleux noirs de basanite souvent fluidale, bombes fuselées (rares) ; tous ces éléments, généralement équants et limités par des cassures nettes, sont réunis par un ciment cinéritique très fin. La taille moyenne des éléments est comprise entre 0,1 mm et 1 à 2 cm. Dans les affleurements proches du cratère, on trouve cependant des éléments de taille plus importante, de quelques centimètres à quelques décimètres.

En se fondant sur la pétrographie, la granulométrie et l'allure de la stratification il est possible de distinguer 3 types de tufs, correspondant à 3 modes de mise en place distincts :

- des tufs bien stratifiés, sans pendage appréciable, à lits millimétriques à centimétriques, à nombreuses structures sédimentaires de type antidune (structure sédimentaire métrique de forme sinusoïdale, voir fig. 2) et stratifications obliques d'échelle décimétrique, avec parfois des gros éléments ne dérangeant pas la stratification ; ces tufs qui constituent la majeure partie des 2 formations sont des dépôts de déferlantes basales (fig. 2) ;
- des niveaux de cinérite de faible épaisseur (quelques centimètres) et à granulométrie très fine, contenant des pisolites volcaniques : ces niveaux résultent d'une pluie de cendre ;
- des blocs de grande taille dits "déformants", qui ploient les strates sur lesquelles ils reposent : il s'agit d'éjectas "balistiques".

II. Caractères des éruptions phréatiques

Ce type d'éruption, classique pour des magmas basiques, est caractérisé par des explosions exceptionnellement violentes dues à la production quasi instantanée d'énormes quantités de vapeur d'eau lorsqu'un magma entre en contact avec de l'eau (eaux souterraines, eaux de surface, eaux marines). En toute rigueur, le terme de phréatique doit être réservé au premier cas. Les principaux caractères de ces éruptions sont les suivants :

- la violence de l'explosion est sans commune mesure avec celle des explosions stromboliennes que l'on peut retenir pour caractéristiques des magmas basiques. Ici un épiphénomène - rencontre du magma avec de l'eau au voisinage de la surface - transforme radicalement le dynamisme ;
- l'explosion se déroulant sous la surface du sol, les pyroclastites sont mixtes ; la lave, refroidie et fragmentée rapidement au contact de l'eau, est trempée et émise à l'état consolidé ;
- la plus grande partie des pyroclastites est transportée horizontalement en suspension dans des nuages de gaz développés à la base de la colonne centrale d'explosion. Ces nuages de gaz ou déferlantes basales (4) se déplacent très rapidement (100 à 200 km/h), de manière centrifuge à partir du cratère, et déposent leurs matériaux en suspension comme le ferait un courant d'eau chargé de particules : ainsi s'explique la stratification

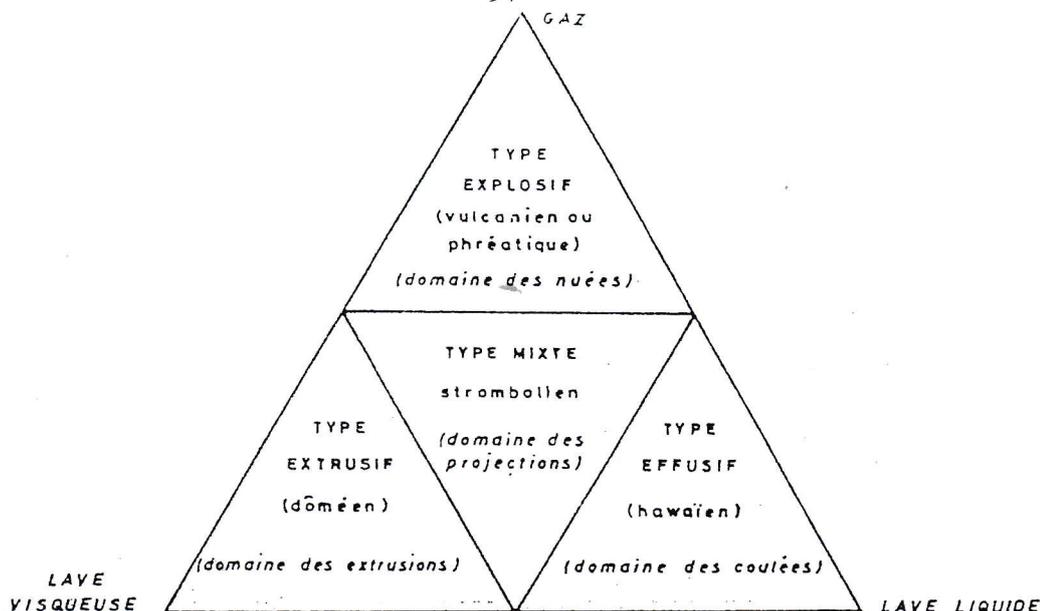


FIG. 1. - CLASSIFICATION DES DYNAMISMES VOLCANIQUES
(d'après B. GEZE, 1964)

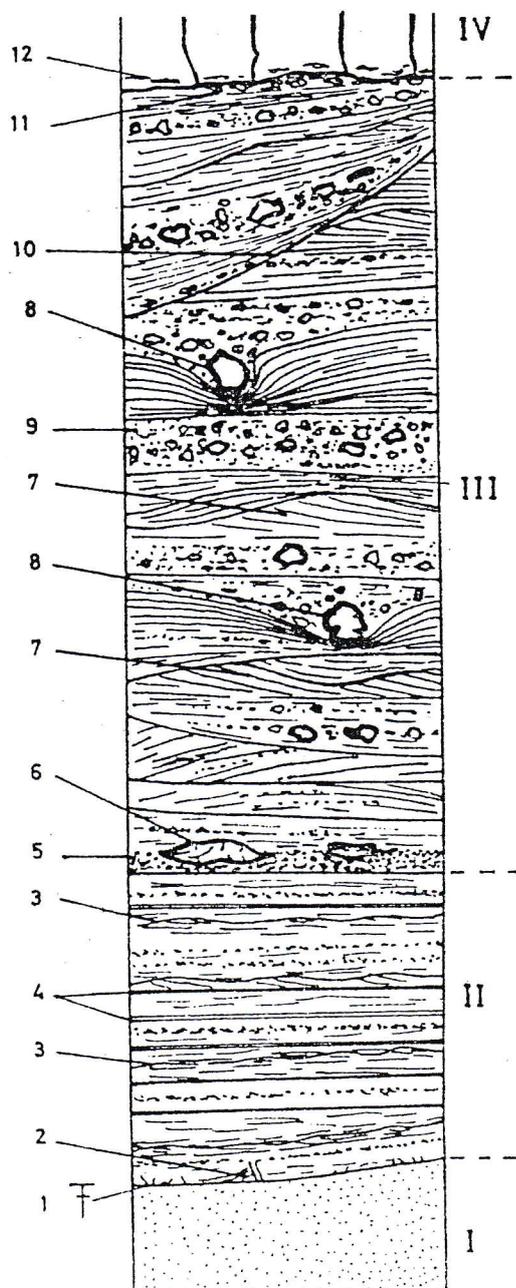


FIG. 2. - LES TUFFS STRATIFIES : LOG SYNTHETIQUE
(d'après des coupes relevées dans l'Anse de Ouakam).

I. SABLES INFRABASALTIQUES

II. FORMATION INFÉRIEURE

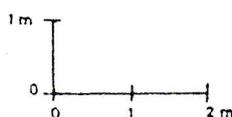
1 : flore fossile. 2 : lits relevés contre un tronc d'arbuste fossile. 3 : antidunes de petite taille. 4 : lits de cinérite à pisolites volcaniques.

III. FORMATION SUPÉRIEURE

5 : niveau à lapilli et ponces basaltiques. 6 : bombe volcanique correspondant à l'épisode strombolien. 7 : antidunes de grande taille et stratifications obliques à petite échelle. 8 : bloc déformant. 9 : niveau conglomératique sans stratifications. 10 : stratification oblique à grande échelle.

IV. COULÉE DE BASANITE

11 : scories à la base de la coulée. 12 : base de coulée avec vésicules allongées.



fine de ces dépôts et leurs structures sédimentaires qui sont des structures dynamiques de dépôt (fig. 3 A) ;

- le reste des pyroclastites est projeté verticalement dans la colonne centrale d'explosion : les plus grossières retombent immédiatement aux abords du cratère (éjectas balistiques) ; les cendres, par contre, restent en suspension dans l'atmosphère, puis retombent sous forme de pluies de cendres, au cours desquelles se forment par agglutination de cendres humides les pisolites volcaniques (fig. 3 A) ;
- lorsque le magma n'est plus en contact avec de l'eau, il y a passage à une activité strombolienne.

III. Essai de reconstitution de la phase d'éruptions phréatiques

Les explosions phréatiques ont pu avoir lieu à la limite substratum éocène - sables infrabasaltiques située à moins 60-70 m dans cette partie de la presqu'île ; les sables infrabasaltiques sont aquifères (nappe infrabasaltique contribuant actuellement à l'alimentation en eau de Dakar), contrairement aux marnes éocènes. L'origine de l'eau est à rechercher dans la nappe phréatique, à moins que des fissures aient pu permettre à l'eau de mer d'accéder en profondeur.

Un premier épisode est responsable de la mise en place de la formation inférieure (fig. 3 A) : les déferlantes basales se répandent sur un paysage assez plat de dunes continentales érodées, et ensevelissent une végétation herbacée et arbustive qui prospérait surtout dans les creux interdunaires (5). Il se forme un appareil très surbaissé de type maar, de faible hauteur, à large cratère, ce dernier étant vraisemblablement situé sous l'actuel champ de tir des Mamelles.

Puis il y a passage à une activité strombolienne qui édifie à l'intérieur du cratère un petit cône, dont il subsiste un témoin constitué par des scories noires sur la plage des Mamelles, au-dessus de la formation inférieure (fig. 3 B).

Dans le cratère de ce cône se consolide un culot de lave basanitique fluidale. Après cet épisode survient un effondrement, suivant des failles annulaires, qui agrandit le cratère : les tufs et les scories noires sont recoupés à l'emporte-pièce (fig. 3 C).

Un nouvel épisode, violemment explosif, correspond à la mise en place de la formation supérieure. Des tufs se déposent alors sur les surfaces correspondant aux parois internes du cratère d'effondrement et ont recouvert la formation inférieure et les scories noires au-dehors du cratère. Cet épisode est caractérisé par une participation plus intense du magma juvénile et par le caractère plus grossier des produits rejetés. Des stratifications obliques à grande échelle témoignent d'effondrements, de tassements, d'érosions naturelles ou dues au souffle de l'explosion au voisinage du cratère.

L'appareil résultant de ces deux phases d'activités est un maar à très large cratère (1 km), fossilisé par les coulées de basanite (fig. 3 D).

C - LA PHASE STROMBOLIENNE

Cette phase a donné naissance à un cône mixte strombolien et aux coulées de basanite qui en sont issues.

I. Les produits de l'éruption

1) Les pyroclastites

Elles sont constituées de cendres, de lapilli, de blocs de lave massive et de bombes. Les lapilli sont souvent bulleux. Beaucoup de bombes sont généralement fusiformes et à surface lisse. Leur taille varie de quelques décimètres à 2 ou 3 m (bombe exposée devant le Musée Dynamique, par exemple). D'autres bombes sont décimétriques, subcylindriques et allongées avec une surface lisse portant quelques stries.

La granulométrie de l'ensemble est grossière, le litage est peu marqué. Ces produits pyroclastiques alternent avec des coulées généralement peu épaisses qui traduisent mieux la stratification de l'ensemble.

La couleur de ces produits est homogène, rouge, ce qui les distingue des brèches grossières de la formation supérieure de la phase précédente, ainsi que des scories noires. La teinte naturelle de la lave étant noire, il faut admettre que ces projections ont subi une action oxydante postérieure à leur dépôt, faisant passer le fer ferreux à l'état ferrique : cette oxydation se réalise par action calorifique dans la masse des projections chaudes accumulées.

2) Les laves

Les laves sont des basanites de couleur gris foncé, contenant de nombreuses enclaves de péridotite (enclaves vertes à l'oeil nu). Elles présentent trois types de gisements :

- elles peuvent constituer de petites coulées épaisses de quelques décimètres, interstratifiées avec les projections dans le cône volcanique ;
- elles ont pu s'épancher en dehors du cratère et couvrir une surface semi-circulaire de 4 à 5 km de diamètre autour du volcan. Dans les carrières de Fann on peut dénombrer 2 à 3 coulées superposées. Ces coulées, épaisses de 3 à 4 m, présentent généralement une structure en dalles à la base et une structure prismée au sommet. La première coulée repose sur les tufs par l'intermédiaire d'une semelle vitrifiée. Les autres coulées ont une base légèrement scoriacée et parfois une surface en lave cordée. Aux abords du cône, les diverses coulées sont séparées par des lapilli qu'elles ont entraînés avec elles ;
- elles peuvent enfin avoir un gisement intrusif :
 - + dans la Mamelle occidentale il existe des filons-couches peu épais, interstratifiés avec les projections et des filons, également peu épais, qui les recourent ;
 - + la falaise dominant la plage des Mamelles et celle limitant le camp Archinard montrent toutes les deux une épaisse masse (20 à 30 m) de basanite assez claire en gisement "laccolitique". Dans le premier cas la masse de basanite est intercalée dans les scories rouges, dans le second cas entre les tufs stratifiés et les scories rouges dans lesquelles elle émet des apophyses. Dans les deux cas la base et le sommet de ces masses ne sont ni scoriacés ni bulleux et elles présentent à leur extrémité un débit en dalles de type "pelure d'oignon". La signification de ces deux laccolites n'apparaît pas clairement en l'état actuel des études : filons-couches ayant alimenté une coulée latérale, masse intrusive passant à un culot figé dans le cratère ?

II. Essai de reconstitution de la phase stromboliennne

Dans le cratère du maar de la phase précédente s'est installé un cône mixte strombolien. Les vestiges de ce cône correspondent à la Mamelle occidentale et aux affleurements de scories rouges situés sur le pourtour du champ de tir, notamment au pied de la Mamelle orientale et dans la falaise en bordure de mer. Le cône initial, dont le cratère se trouvait vraisemblablement à l'emplacement du champ de tir, devait s'étendre largement en mer (fig. 3 E).

Ce cône résulte d'une activité explosive permanente projetant des bombes et des scories, et d'une activité effusive sporadique donnant naissance à des coulées en général peu étendues.

Vraisemblablement à la fin de cet épisode, des coulées beaucoup plus étendues sortent du cratère et s'épanchent dans deux directions (fig. 3 F) :

- vers le Nord et le Nord-Ouest, à partir d'un point proche du carrefour des Mamelles, ainsi qu'en témoignent plusieurs coulées superposées, visibles dans les carrières situées immédiatement au Nord du carrefour. Ce point de départ des coulées peut correspondre, vu sa position, soit à un égoulement, soit à une sortie latérale de lave ;
- vers l'Est et le Sud-Est : on peut voir à l'extrémité ouest du camp Archinard plusieurs coulées assez épaisses séparées par des scories. La masse de lave laccolitique semble avoir été aussi à l'origine d'une coulée latérale.

Signalons enfin l'existence d'un petit appareil adventif situé le long de la côte, dans les carrières de Fann. (voir article I, figure 5). Cet appareil de petite taille (80 m x 30 m) est constitué par :

- des brèches à éléments de dolérite tertiaire et à ponces basaltiques paléogéniques (3) de couleur verte ou jaune ;
- des scories et des blocs de lave pâteuse ;
- un culot de lave fluidale passant à des coulées prismées qui s'appuient sur les coulées de basanite provenant des Mamelles.

La brève histoire de cet appareil peut être retracée de la façon suivante :

- a) Explosion vraisemblablement phréatique créant un cratère au sein des coulées de basanite issues des Mamelles.
- b) Activité explosive donnant des scories et des blocs de lave pâteuse.
- c) Intrusion et épanchement d'une lave basanitique fluidale.

D - LA PHASE HAWAÏENNE D'ÉMISSION DE DOLÉRITE

Au cours de cette phase, seules sont émises des coulées de dolérite.

I. Les dolérites

Les dolérites sont des roches chimiquement et minéralogiquement proches des basanites, mais elles s'en distinguent par leur texture, par leurs minéraux de grande taille ménageant des vides entre eux et par leur couleur claire. Elles ne contiennent jamais de nodules de péridotite. Elles présentent trois types de gisements :

- Coulée massive qui semble unique, tout au moins dans les carrières de Fann. Cette coulée, épaisse de 5 à 10 m, se divise en gros prismes, eux-mêmes divisés en articles, à partir desquels s'individualisent des boules à la surface altérée de la coulée. Cette coulée ne présente pas de zones scoriacées, ni à la base, ni à son sommet. A l'intérieur de la coulée des zones bulleuses de couleur plus foncée se présentent en lits centimétriques horizontaux et en cylindres verticaux ou "tubes de gaz", de quelques centimètres de diamètre.

- Nombreuses coulées bulleuses épaisses de quelques centimètres à quelques décimètres, remplissant un cratère d'effondrement à l'emplacement du champ de tir des Mamelles. La base et le sommet de ces minces coulées, qui ont subi une oxydation, sont brun-rouge, alors que le centre est de couleur grise. La surface de ces coulées "en dalles" montre des figures d'écoulement rappelant celles des laves cordées.

- Filons annulaires ou "cone-sheet" : l'un de ces filons large de 5 à 10 m est bien visible sur toute la hauteur de la falaise du champ de tir. Ce filon est constitué d'une dolérite compacte à la base, et qui devient très bulleuse vers le sommet du filon. Sur le pourtour du champ de tir il existe de nombreux blocs de dolérite identique ; ces blocs sont alignés et correspondent à l'affleurement d'autres filons se raccordant au premier.

Ainsi, en plan, les filons dessinent des cercles tangents correspondant dans l'espace à des cônes tangents à sommets dirigés vers le bas (fig. 3 I). Ces cônes se relient en profondeur à une cheminée ; l'image d'un entonnoir ou d'entonnoirs emboîtés rend bien compte de ce dispositif.

Ces filons (fig. 3 H et I) recourent les scories rouges stromboliennes avec leurs fines coulées interstratifiées, et la masse de basanite en gissement laccolitique d'une part, et les dolérites "en dalles" d'autre part. Le filon extérieur sépare sur toute la partie sud de la falaise du champ de tir les dolérites "en dalles" des scories stromboliennes.

II. Essai de reconstitution de la phase hawaïenne

Après la phase strombolienne, pour laquelle la lave était une basanite à nodules de péridotite, une phase qu'on peut qualifier d'hawaïenne est caractérisée par l'émission de dolérites très fluides.

Dans l'aire correspondant au champ de tir, un effondrement circulaire se produit au sein du cône strombolien, créant un cratère d'effondrement ou "pit-crater", de 500 m de diamètre environ (fig. 3 G).

Dans ce cratère se mettent en place de minces coulées de dolérite très fluides qui s'étalent très largement, comme le ferait de la pâte à crêpe dans une poêle. De temps en temps des éboulements se produisent dans la paroi du cratère et donnent naissance à des épandages de scories stromboliennes que l'on trouve interstratifiées entre les coulées. Ces coulées successives finissent par remplir tout le cratère.

Des filons annulaires se mettent ensuite en place en utilisant l'ancienne surface tronconique d'effondrement (fig. 3 H et I).

Au-delà du cratère une épaisse coulée de dolérite a recouvert une partie importante de la presqu'île : elle s'est épanchée vers le Sud-Est jusqu'à la pointe de Fann et vers le Nord-Est jusqu'à l'aurotoute (fig. 3 H).

Cette coulée a pu être alimentée par les filons annulaires, mais sur le terrain il n'existe plus aucune relation entre eux. Il est également possible qu'une partie des dolérites ait été alimentée par des filons distincts de celui des Mamelles : dans le secteur des Almadies les "Toundis" correspondent vraisemblablement à des points de sortie de dolérites.

La troisième phase présente donc des caractères qui permettent de l'approcher d'une phase de dynamisme hawaïen : pas de projections connues, grande fluidité des laves. Par contre elle ne donne pas naissance à un appareil nouveau : seules se sont produites des modifications de la structure des appareils superposés des deux premières phases.

x

x

x

Le volcan des Mamelles montre au cours de son histoire une variation dans le type d'activité ; trois grandes phases ont pu être ainsi distinguées :

- une phase initiale d'éruptions phréatiques où seules des pyroclastites mixtes sont émises donnant naissance à un appareil de type maar ;
- une phase strombolienne caractérisée par l'édification d'un cône mixte et l'émission de coulées de basanites ;
- une phase hawaïenne caractérisée uniquement par l'épanchement de dolérites.

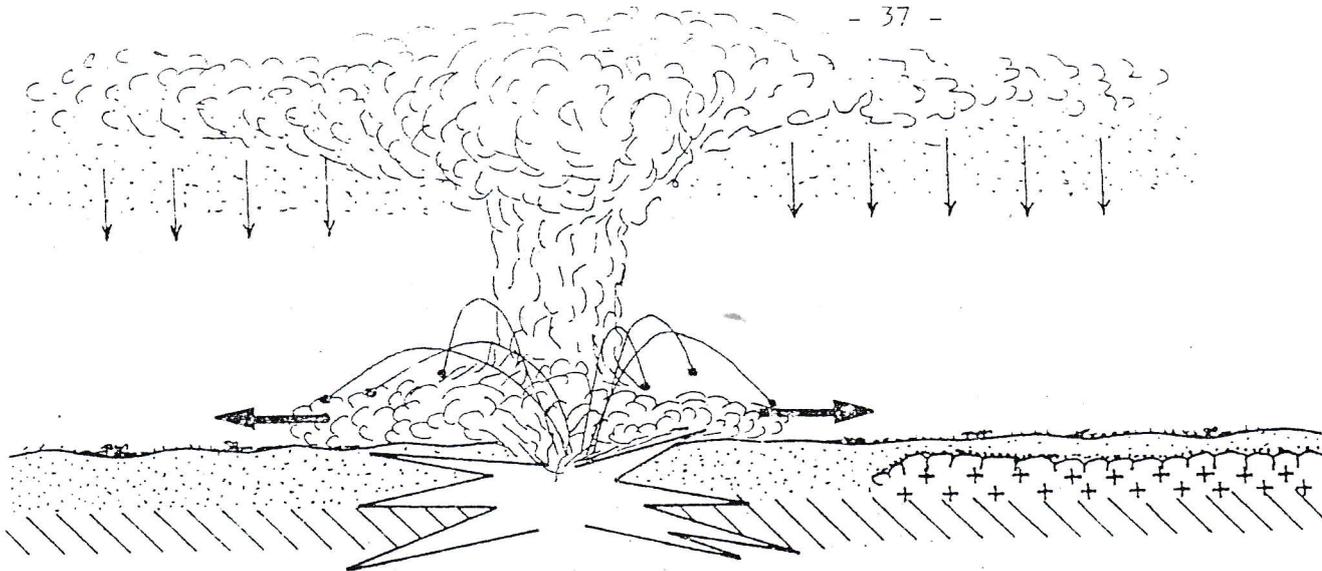
L'appareil des Mamelles résulte donc de la superposition et de l'emboulement de plusieurs appareils successifs. L'érosion a par la suite disséqué et déblayé une grosse partie de l'appareil ancien. Seule subsiste actuellement une moitié de l'appareil : la côte en donne une remarquable coupe permettant d'observer sa structure interne.

x

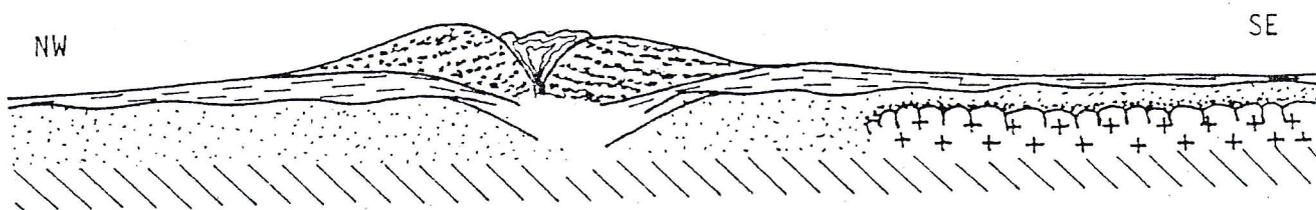
x

x

- 1) Une étude détaillée des principaux affleurements paraîtra dans un prochain numéro.
- 2) Classification des pyroclastites en fonction de la taille, employée ici :
Bloc > 64 mm > lapilli > 2 mm > cendre.
Bombe
- 3) Palagonitisation. Altération d'un verre volcanique basique par absorption de molécules d'eau ; le verre perd d'abord son isotropie et sa transparence (premier leur jaune, orange ou verte) puis il se dévitriifie en se transformant en produits argileux.
- 4) Le panache d'une explosion phréatique est en tous points analogue à celui d'une explosion nucléaire sous-marine ou de surface. On observe en particulier dans les deux cas l'existence de déferlantes basales à la base de la colonne centrale d'explosion. Les puissances de ces deux types d'explosions ont des ordres de grandeur comparables.



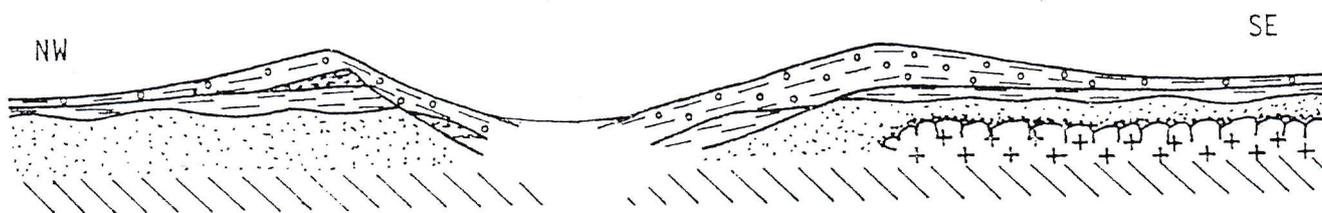
A - Explosion phréatique à faible profondeur avec déferlantes basales : mise en place de dépôts de déferlantes basales, chutes de blocs et pluie de cendres avec pisolites volcaniques.



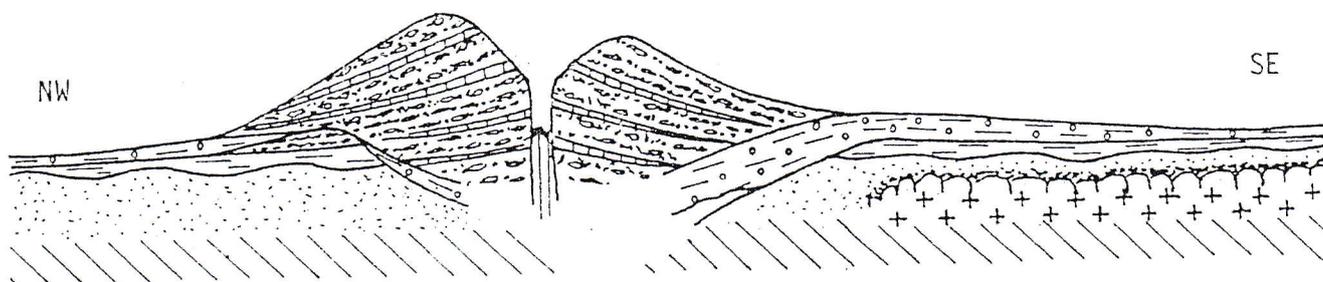
B - Dans le cratère de type maar une activité stromboliennne donne naissance à un petit cône volcanique (avec culot de lave figée dans le cratère).



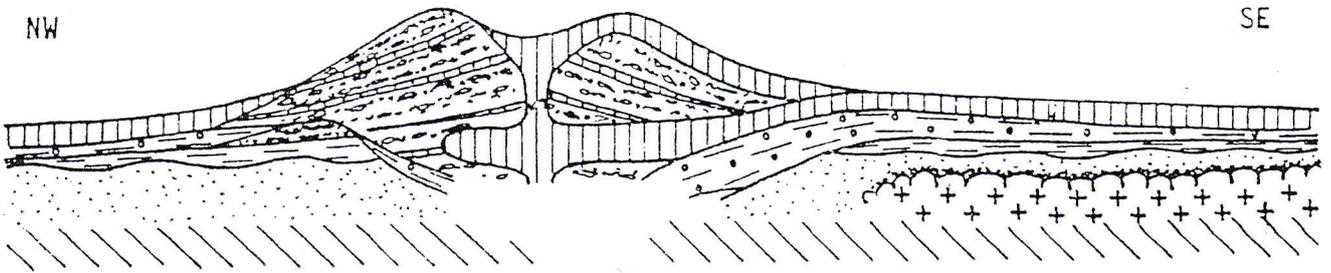
C - Effondrement suivant des failles annulaires.



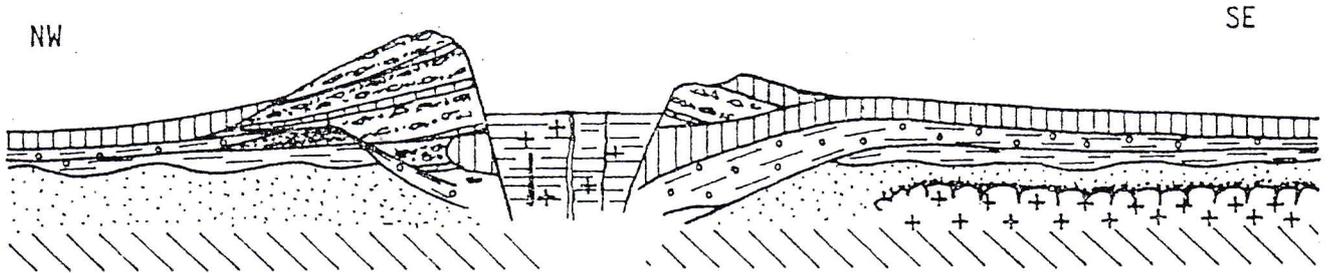
D - Nouvel épisode à explosions phréatiques : édification d'un maar.



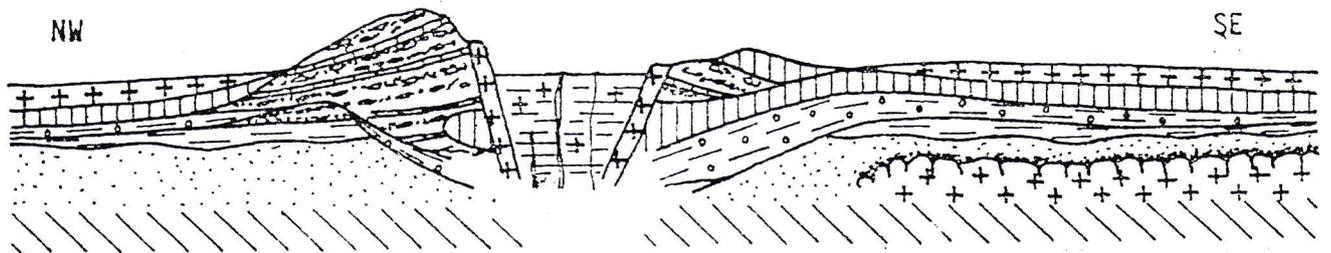
E - Eruption stromboliennne : émission de scories, de bombes volcaniques et



F - Emission de coulées de basanite, intrusion laccolitique de basanites.

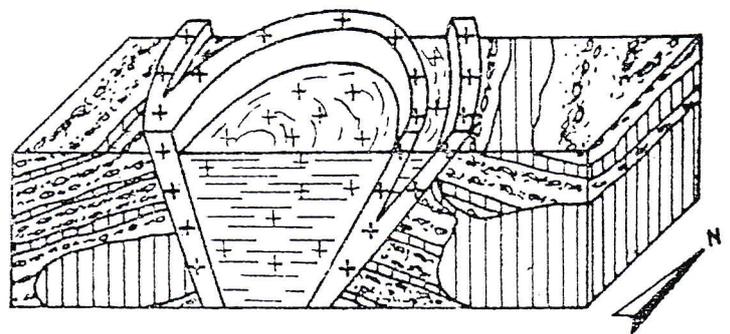


G - Individualisation d'un cratère d'effondrement : mise en place de minces coulées de dolérite dans ce cratère.



H - Mise en place de filons annulaires de dolérite ; mise en place d'une coulée de dolérite hors du cratère.

H - Bloc diagramme montrant la structure des filons annulaires et leurs rapports avec les formations encaissantes.



TUFS STRATIFIÉS

-  Formation supérieure
-  Scories noires
-  Formation inférieure

SUBSTRATUM

-  Sables infrabasaltiques
-  Dolérite tertiaire altérée
-  Assises éocènes

PHASE HAWAIIENNE

-  Coulée et filons annulaires de dolérite
-  Petites coulées de dolérite dans le cratère

PHASE STROMBOLIENNE

-  Coulée de basanite
-  Projections stromboliennes avec petites coulées

FIG. 3. - ETAPES DE LA FORMATION DU VOLCAN DES MAMELLES

Une des plus puissantes explosions phréatiques connues, celle du Krakatoa de 1883, avait une puissance évaluée à 200 mégatonnes.

- 5) Dans un prochain numéro un article de L. HEBRARD sera consacré à la flore ensevelie sous les tufs stratifiés des Mamelles.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

(Articles I et II)

- BLACK R. et GIROD M. (1970). - Late Paleozoic to Recent igneous activity in West Africa and its relationship to basement structure. *In African magmatism and tectonics*. T.N. Clifford and I.G. Gass éditeurs.
- CHAUTARD J. (1907). - Les roches éruptives de la presqu'île du Cap-Vert. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), v. 7, p. 427-440.
- CREVOLA G. (1974). - Les dépôts de déferlantes basales du volcan des Mamelles (presqu'île du Cap-Vert, Sénégal). *Ann. Fac. Sci. Dakar*, t. 27, à paraître.
- DEBANT P. (1961). - Les roches volcaniques récentes de la feuille de Ouakam au 1/20 000 (Sénégal). *Ann. Fac. Sci. Dakar*, t. 10 (1963), p. 79-154.
- FAURE H., VINCENT P. et ELOUARD P. (1967). - Les formations sédimentaires et volcaniques de la presqu'île du Cap-Vert : volcanisme pléistocène des Mamelles. Livret-guide des excursions du 6^e Congrès panafr. de préhist. et de l'étude du Quaternaire, 7 p. ronéo.
- FRAUDET P. (1970). - Contribution à l'étude des roches éruptives de la région de Thiès (Sénégal). D.E.S. UER Sc. nat. Univ. Lyon, 114 p.
- GEZE B. (1964). - Sur la classification des dynamismes volcaniques. *Bull. volcanologique*, t. 27, p. 237-257.
- GORODISKI A. (1952). - Notice explicative de la carte géologique du Sénégal au 1/20 000 (feuilles Ouakam et Dakar). *Bull. Dir. fédér. Mines Afr. occid. Fr.* (Dakar) n° 10, p. 5-7.
- HEBRARD L. (1973). - Découverte d'une flore ensevelie sous les cinérites du volcan quaternaire des Mamelles à Dakar (Sénégal). *Notes africaines*, Dakar, n° 137, p. 24-28.
- SPENGLER A. de, CASTELAIN J., CAUVIN J. et LEROY M. (1966). - Le bassin secondaire-tertiaire du Sénégal, *in* Bassins sédimentaires du littoral africain, 1^{ère} partie : littoral atlantique, symposium. *Assoc. Serv. géol. afr.*, Paris, p. 80-94.
- TESSIER F. (1954). - Notice explicative sur la feuille Dakar-Est. Carte géol. A.O.F. au 1/200 000, Dakar, 83 p., 1 carte h.t.

Le lecteur pourra également se reporter aux articles et comptes rendus d'excursions ayant trait au volcanisme tertiaire et quaternaire de la presqu'île du Cap-Vert, parus dans les numéros 9, 17 et 44 du Bulletin.