

**RECHERCHES SCIENTIFIQUES
DANS LES PARCS NATIONAUX DU SÉNÉGAL**

I. GÉOLOGIE DES ILES DE LA MADELEINE

par Gilbert CREVOLA

IFAN-DAKAR

Août 1982

I. GÉOLOGIE DES ILES DE LA MADELEINE

par Gilbert CREVOLA (1)

I. INTRODUCTION

Situées à 3 km à l'ouest de Dakar, les îles de la Madeleine constituent l'un des témoins du volcanisme finitertiaire de la presqu'île du Cap-Vert.

L'île de la Madeleine — ou île aux Serpents —, l'île principale, se présente comme un plateau basaltique à surface faiblement inclinée vers le nord-ouest, limité par des falaises abruptes. Dans la partie sud de l'île s'ouvre la crique Hubert, raccordée au plateau par une surface en pente douce. Au sud-est de l'île se dressent plusieurs îlots déchiquetés dont le principal est l'île Lougne.

Jusqu'ici les îles de la Madeleine ont été surtout étudiées du point de vue pétrographique par GORODISKI (1952) et par COMBIER (1952), ce dernier s'étant spécialement intéressé aux pegmatitoïdes. Dans cette présentation géologique des îles de la Madeleine, on insistera particulièrement sur trois phénomènes dont l'intérêt dépasse largement le cadre géologique local : la prismation particulière et spectaculaire de la coulée, l'occurrence de pegmatitoïdes dans la masse de la coulée et l'intrusion dans celle-ci d'un pipe de tufs bréchiques.

II. CADRE GÉOLOGIQUE LOCAL

1. L'histoire géologique récente de la presqu'île du Cap-Vert

Dans la presqu'île du Cap-Vert, petit district volcanique isolé à l'extrémité occidentale de l'Afrique de l'Ouest, l'activité volcanique se manifeste à la fin du Tertiaire et au début du Quaternaire après l'arrêt de la sédimentation marine terminale du bassin sénégalo-mauritanien. Les dernières assises sédimentaires représentées à l'affleurement datent de l'Eocène inférieur et moyen : formations de l'hôpital, de la prison et de la plage Bernard, de la série sédimentaire de Dakar. Des calcaires à Lépidocyclines, d'âge oligocène, ne sont connus qu'à l'état de blocs dans les tufs de l'anse Bernard à Dakar. Le volcanisme est contemporain d'une phase d'émersion, accompagnée de déformations tectoniques. Les affleurements volcaniques sont, en effet, le plus souvent distribués sur les grands accidents régionaux.

Deux épisodes volcaniques à caractère basique alcalin et de durée inégale peuvent être distingués. Le premier, d'âge oligo-miocène (de 35,5 MA à 5,3 MA), est représenté par un grand nombre de petits pointements volcaniques démantelés par l'érosion, dispersés depuis Dakar jusqu'à l'est de Thiès. Le second, d'âge quaternaire ancien (1,5 MA à 1 MA), cantonné dans la tête de la presqu'île du Cap-Vert, correspond au volcan des Mamelles et aux coulées voisines. Entre ces deux périodes d'activité volcanique se place une importante phase d'altération continentale, qui donne naissance à une épaisse cuirasse ferrugineuse coiffant localement les formations du premier épisode volcanique.

(1) Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Dakar, et Institut de Géodynamique, Avenue des Facultés, 33405 Talence cedex, France.

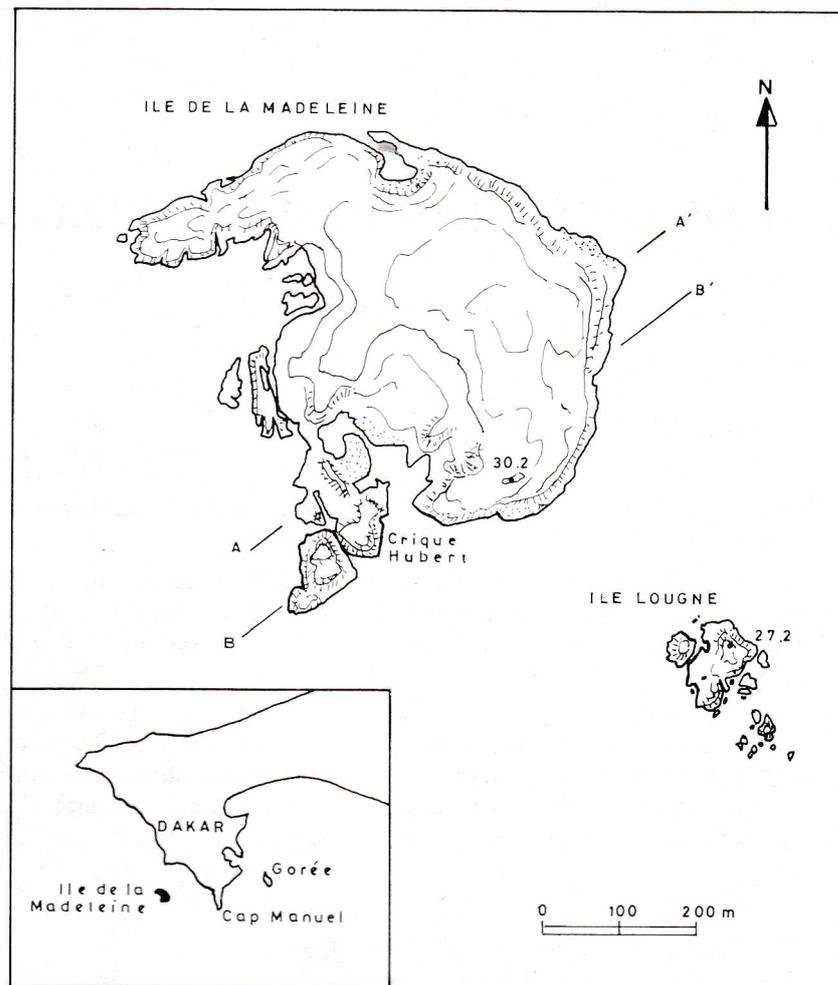


FIG. 1. — Carte schématique des îles de la Madeleine.

2. Les témoins du volcanisme miocène

Les formations volcaniques des îles de la Madeleine, de la pointe de Fann, du cap Manuel et de l'île de Gorée, datées du Miocène et coiffées par une cuirasse ferrugineuse, se rattachent au premier épisode. Elles représentent des témoins émergés d'un ensemble volcanique plus vaste, maintenant démantelé par l'érosion, appelé « système volcanique de Dakar » (GORODISKI, 1952). L'extension de ce volcanisme au sud et à l'est de Dakar nous est révélée par l'existence de hauts fonds rocheux de nature volcanique (banc du Séminole, banc de la Résolue, par exemple) et par les données de la géophysique. Il existe en effet au large de Dakar de nombreuses anomalies magnétiques locales et le centre de l'importante anomalie gravimétrique de Dakar est situé en mer (MEAGHER *et al.*, 1977). Des profils sismiques réalisés dans la baie de Rufisque montrent, de plus, l'existence d'un réflecteur impénétrable, souvent très épais, affleurant ou recouvert d'une pellicule de sédiment et considéré comme correspondant à des formations volcaniques (HORN *et al.*, 1974).

Ces quatre témoins géographiquement proches, assimilables à des lambeaux de coulée, sont séparés par des fonds rocheux de faible profondeur (10-15 m) ; une ligne de hauts-fonds (profondeur moyenne 6 m) relie l'île de la Madeleine au cimetière musulman. Ces lambeaux sont tronqués par une même surface d'érosion, qui plonge vers le nord-ouest. Les roches qui les constituent sont voisines : il s'agit de basanites très sous-saturées ou de

néphélines, associées à des pegmatitoïdes à gros grain dans trois des quatre gisements. Le type de prismation, à une seule colonnade de 20 à 30 m de hauteur, est le même à Gorée, au cap Manuel et dans la partie nord de l'île de la Madeleine.

Cependant, les âges radiométriques ne sont pas identiques : île de la Madeleine 5,30 MA et 6,90 MA, pointe de Fann 7,90 MA, cap Manuel 7,65 et 8,50 MA, Gorée 13,5 MA. De même, les textures et les compositions minéralogiques et chimiques des roches sont légèrement différentes. Ces divers témoins n'appartiennent donc pas à une coulée unique. Il semble plus vraisemblable que l'on soit en présence de lambeaux de coulées distinctes, issues d'un ou plusieurs centres volcaniques situés au large de Dakar. Ces coulées se seraient mises en place en plusieurs phases, durant le Miocène supérieur.

III. STRUCTURE ET HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Les îles de la Madeleine sont constituées par les vestiges d'une coulée très épaisse et prismée de lave basaltique traversée par des tufs volcaniques et surmontée par une cuirasse ferrugineuse en partie démantelée. La partie sud de l'île de la Madeleine correspond peut-être à un point de sortie. La succession lithostratigraphique s'établit comme suit (fig. 2) :

QUATERNAIRE RÉCENT	{	Sables éoliens (a)
		Plages anciennes (grès de plage)
----- limite d'érosion -----		
PLIOCÈNE	{	Cuirasse ferrugineuse et gréseuse (b)
----- limite d'érosion -----		
PLIOCÈNE	{	Frange d'altération latéritique (c)
----- limite d'érosion et d'altération -----		
FIN DU MIOCÈNE	{	Tufs de la crique Hubert (d)
5-7 MA		Coulée de basanite (e), de dolérite (f)
		et de pegmatitoïde (g)

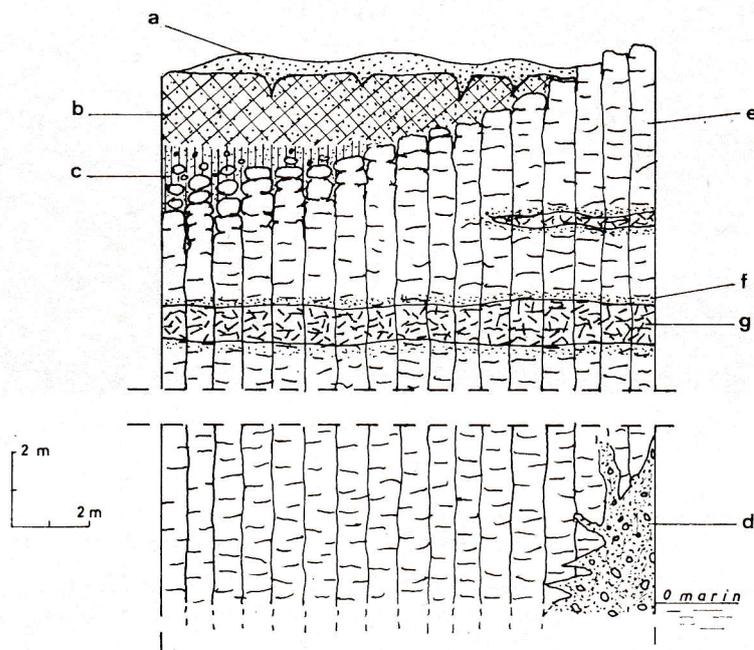


FIG. 2. — Colonne lithostratigraphique synthétique.

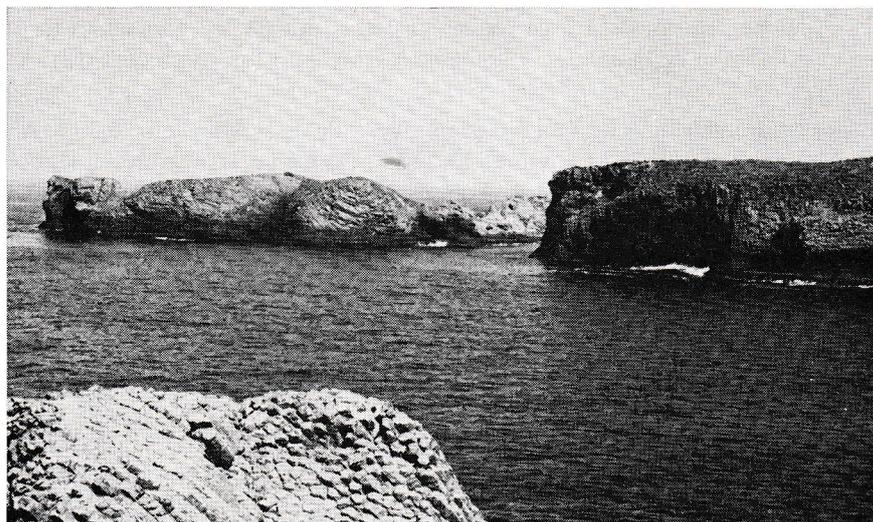


PHOTO 1. — Vue du sud-est de l'île de la Madeleine.



PHOTO 2. — Vue de la crique Hubert.

Le substratum de la coulée, constitué de calcaires et de marno-calcaires éocènes de la série de Dakar, n'affleure pas. On en rencontre cependant des éléments dans les tufs qui occupent le fond de la crique Hubert.

La mise en place de la coulée a pu être fixée à la limite Miocène-Pliocène grâce à deux datations K/Ar effectuées au Laboratoire de Géo-chronologie de Clermont-Ferrand (CANTAGREL *et al.*, 1979) :

- dolérite, côte ouest de l'île à 100 m environ à l'ouest de la crique Hubert, au sommet de la falaise, $6,90 \pm 0,20$ MA ;
- basanite, petit piton au sud de la crique Hubert, $5,30 \pm 0,30$ MA.

Les tufs à blocs de la crique Hubert apparaissent intrusifs dans la coulée et correspondent à un dernier épisode volcanique, sans doute légèrement postérieur à la mise en place de la coulée.

La partie supérieure de la coulée a subi ensuite, au Pliocène, une altération latéritique suivie d'un cuirassement (NAHON, 1970). En certains points du plateau, des gravillons ferrugineux surmontant des basanites à débit en dalles et écailles de desquamation, représentent les vestiges de la frange d'altération latéritique des basanites (fig. 2 c). Cette frange d'altération a été tronquée ensuite par une surface d'érosion. Divers blocs de cuirasse ferrugineuse conglomératique et gravillonnaire sont les témoins d'une cuirasse secondaire allochtone, qui fossilise la surface d'érosion en reposant à la fois sur les basanites saines et les basanites altérées (fig. 2 b). Cette cuirasse secondaire, qui peut se raccorder à celle de la pointe de Fann et du cimetière musulman, correspond au cuirassement d'un ancien glacis incliné vers le nord.

Au Quaternaire, les îles de la Madeleine sont séparées du continent. Ceci suppose une importante phase d'érosion, sans doute postérieure au volcanisme des Mamelles puisqu'elle entame aussi les coulées du volcan des Mamelles. Le Quaternaire récent, enfin, est représenté d'une part par des sables éoliens qui, sur le plateau, recouvrent par place les témoins de la cuirasse ferrugineuse, et d'autre part par des grès de plage consolidés (*beach rock*) que l'on trouve en certains points du pourtour de la crique Hubert et sur la côte nord de l'île.

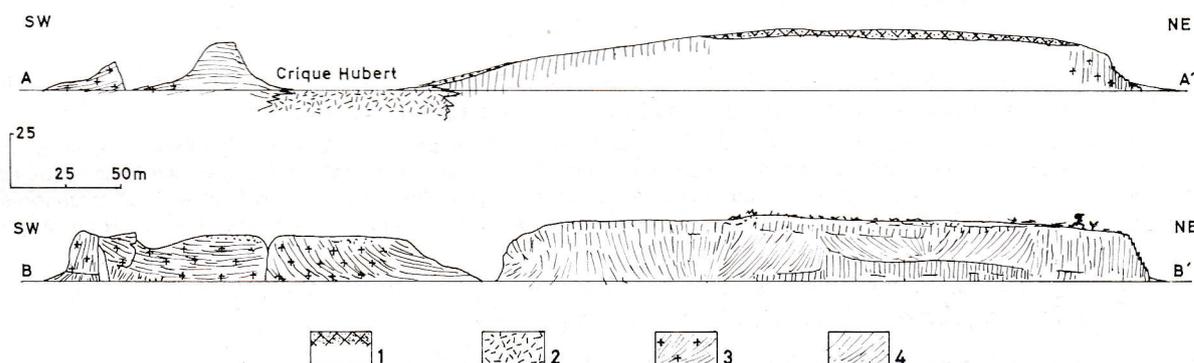


FIG. 3. — Coupes schématiques du sud-est de l'île de la Madeleine : 1, latérite ; 2, tufs ; 3, dolérite et pegmatitoïde avec prismation ; 4, basanite avec prismation.

IV. LA PRISMATION DE LA COULÉE

1. Description de la prismation

L'île de la Madeleine et l'île Lougne paraissent bien représenter les témoins d'une seule coulée très épaisse. Pourtant les laves de la partie sud de l'île de la Madeleine et celles de l'île Lougne montrent une prismation complexe très différente de celle, assez simple, que l'on peut observer dans la partie nord de l'île et dans les coulées de la tête de la presqu'île du Cap-Vert.

Dans le nord de l'île, comme dans la tête de la presqu'île du Cap-Vert, on observe en effet, soit une seule colonnade de prismes d'assez fort diamètre (environ 1 m), soit deux colonnades faites de prismes de diamètres légèrement différents. Parfois une zone à débit en plaquettes s'intercale à la partie moyenne de la coulée entre les deux colonnades (fig. 4 A et B).

Sur la côte est de l'île, au nord de la crique Hubert, à l'extrême sud de l'île et dans certaines parties de l'île Lougne, les deux colonnades (« vraie colonnade » à la base et « fausse colonnade » au-dessus, selon la terminologie habituelle) deviennent bien distinctes. La vraie colonnade présente des prismes verticaux, assez réguliers, d'assez fort diamètre (un mètre environ). Les prismes de la fausse colonnade sont plus ou moins réguliers, ont tendance à s'incliner et ont un diamètre plus faible (moins de 50 cm) que ceux de la vraie colonnade. Le contact entre vraie et fausse colonnade est une surface plane ou courbe, assez régulière (fig. 4 C et D).

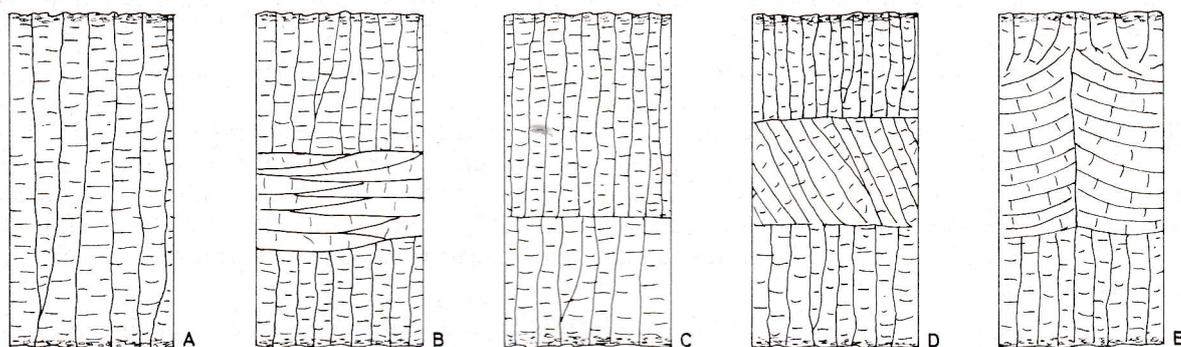


FIG. 4. — Quelques types de prismation des laves basaltiques.

La partie sud de l'île, sur le pourtour de la crique Hubert, et certaines parties de l'île Lougne présentent un type de prismation spectaculaire et inhabituel pour la région qui a vivement intéressé les précédents auteurs, si l'on en juge par leurs descriptions (photos 1, 3 et 4).

Pour CHAUTARD (1907)

« Le débit prismatique y est extrêmement accusé et agrémenté de plissements et torsions des prismes extrêmement accentués ».

Plus récemment, COMBIER (1952) donne du sud de l'île la description suivante :

« Il [le sud de l'île] est divisé en secteurs d'une trentaine de mètres de hauteur, séparés par de profondes coupures au fond desquelles gronde la mer. Des gerbes de colonnes basaltiques d'axe courbe mais quasi horizontal paraissent se jeter l'une contre l'autre. On croirait saisir — depuis longtemps figé — le mouvement même des laves qui jaillissaient de la profondeur et se rencontraient en chocs gigantesques. A l'extrémité sud de l'île, inaccessible, l'axe des colonnes se relève jusqu'à la verticale et dessine une arche naturelle entourée d'écume » (fig. 3).

A ces descriptions, il convient d'ajouter les observations qui suivent. La coulée devient ici du type « à entablement de faux prismes » (KIEFFER, 1969). Elle comporte en effet :

— à la base, une zone épaisse de quelques mètres, prismée ou non ; dans le premier cas les prismes, réguliers et d'assez fort diamètre, sont à axe vertical ;

— au-dessus, un « entablement de faux prismes » épais d'une vingtaine de mètres ; les prismes subhorizontaux ou d'inclinaison variable, sont très longs, ont un axe courbe et un diamètre généralement plus faible que ceux de la base ; ils sont groupés soit en gerbes, soit en faisceaux courbes, à concavité tournée vers le haut, qui paraissent s'affronter le long de surfaces subverticales auxquelles correspondent actuellement de profondes entailles ménagées par l'érosion marine ; ces grandes entailles découpent le sud de l'île en compartiments de 50 à 100 m de large, comportant chacun un ensemble de prismes courbes. Le passage entre les deux parties de la coulée se fait soit insensiblement, soit le long d'une surface plane ou courbe, nette sur le pourtour de la crique Hubert et à l'extrême sud de l'île (fig. 4 E et photos 1 et 4).

2. Origine de la prismation

Remarquons d'abord que la prismation n'est pas systématique dans les coulées basaltiques. Lorsqu'elle apparaît, elle sera régulière (prismes verticaux, une ou deux colonnades) dans les coulées à écoulement linéaire parallèle à la base, et irrégulière (entablement à gerbes de prismes) dans les coulées où des mouvements de convection se produisent dans la masse encore liquide.

Dans le cas classique de coulées à deux colonnades de prismes verticaux (fig. 4 C), le refroidissement est régulier et se fait à partir de la base (contact avec le substratum) et à partir du sommet (contact avec l'atmosphère). Les surfaces isothermes sont parallèles au mur et au toit de la coulée.

Dans le cas de coulées à entablement de faux prismes (fig. 4 E), il faut tout d'abord remarquer qu'il existait vraisemblablement au-dessus de l'entablement une autre colonnade, peu épaisse, faite de prismes généralement

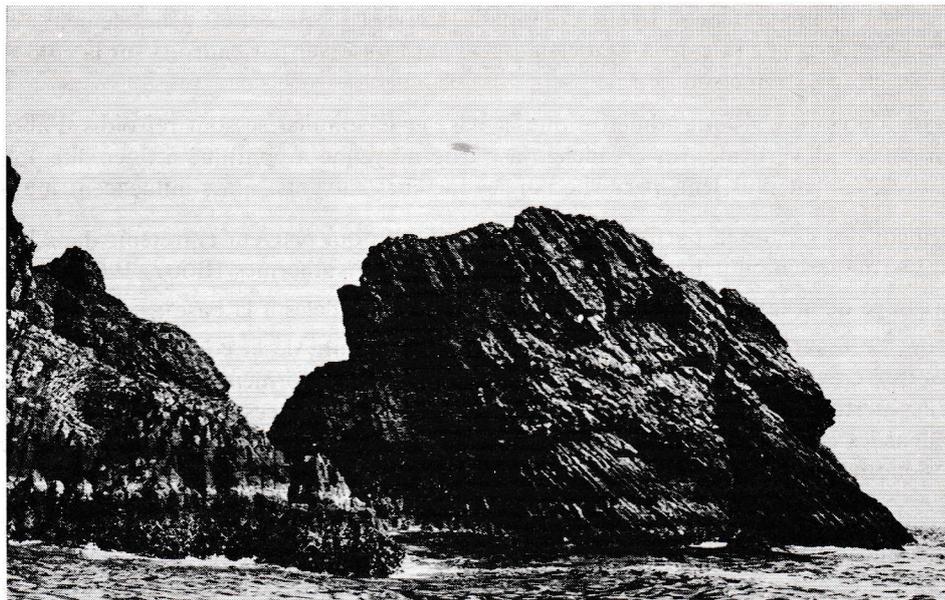


PHOTO 3. — Prismaticion des basanites à l'île Lougne.

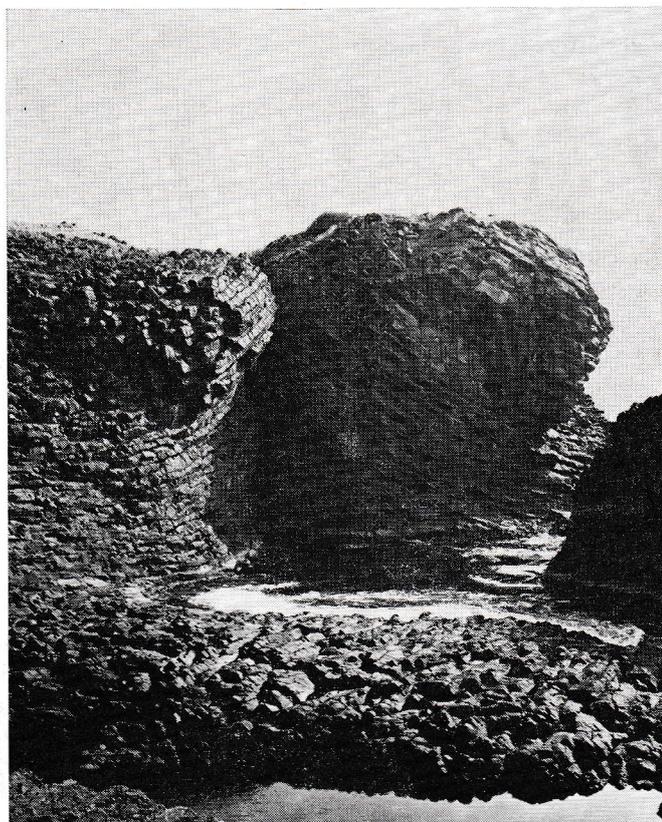


PHOTO 4. — Prismaticion des basanites au sud de la crique Hubert dans l'île de la Madeleine.

plus grossiers que ceux de l'entablement ; cette colonnade, souvent scoriacée, est généralement absente car elle est facilement érodée. Dans le cas de l'île de la Madeleine, on peut l'observer par endroits sur la côte est, avant l'entrée de la crique Hubert, et à l'extrême sud de l'île.

Dans ce type de coulée, il faut admettre que la base et le sommet se sont refroidis d'abord et ont acquis une prismation régulière et verticale. En revanche, la partie moyenne a continué à fluer plus longtemps et a été soumise à un refroidissement plus lent, perturbé par les facteurs suivants, qui s'influencent mutuellement :

— dégagement des gaz de la partie inférieure de la coulée qui peuvent entretenir dans la partie moyenne des réactions exothermiques modifiant la répartition des surfaces isothermes (BOUT, 1967) ;

— lent brassage de la lave qui ne s'écoule plus en lames parallèles à la base ;

— ouverture de fissures dans les parties moyenne et supérieure de la coulée (WATERS, 1960). Ces fissures sont comparables aux crevasses transversales ou longitudinales qui se forment lors de l'avancement d'un glacier de montagne ; elles perturbent l'écoulement en créant de nouvelles surfaces de refroidissement subverticales sur lesquelles se moulent les isothermes. Par suite des variations de densité, entraînées par la nouvelle répartition des températures, des mouvements de convection se produisent dans la lave encore visqueuse.

Dans le cas du sud de l'île de la Madeleine (fig. 3), ce dernier facteur semble avoir joué un rôle déterminant, donnant ainsi naissance aux grandes fissures subverticales, agrandies postérieurement par l'érosion marine. En certains points, on peut vérifier que la prismation sub-horizontale est perpendiculaire à la fluidalité subverticale de la lave. Ceci démontre soit l'existence d'un brassage final de la lave dû à la naissance de nouvelles surfaces de refroidissement, soit la proximité d'un point de sortie.

V. PÉTROGRAPHIE DES LAVES

1. Description pétrographique des divers types de laves

Dans l'île de la Madeleine coexistent au sein d'une même coulée trois types différents de roches basiques (COMBIER, 1952).

a) Une *basanite* très sombre, à grain très fin, à xénocristaux d'olivine et nodules de péridotite, présentant quelques amygdales remplies de zéolites.

En lame mince (fig. 5 A), cette roche à texture microlitique montre quelques xénocristaux d'olivine de grande taille (1 à 5 mm), des phénocristaux d'olivine assez abondants et de petite taille (0,1 à 0,5 mm), des cristaux de pyroxène extrêmement abondants et de petite taille (0,1 à 0,2 mm) et quelques lattes de plagioclase également de petite taille (0,1 à 0,2 mm). Le tout baigne dans une mésostase principalement constituée de cristaux interstitiels de néphéline ; on note aussi de petits grains de titanomagnétite, de petits cristaux de biotite et de petites aiguilles d'apatite.

Le caractère mélanocrate de cette roche, la présence de néphéline, la rareté des plagioclases en font une basanite ou une mélabasanite proche des néphélinites.

b) Une *dolérite* très sombre, non vacuolaire, à grain moyen (1 à 1,5 mm) et à texture doléritique visible à l'œil nu.

En lame mince (fig. 5 B), cette roche à texture doléritique se montre constituée de phénocristaux de grande taille (0,5 à 2 mm) : grandes lattes de plagioclase zoné, cristaux d'olivine et de pyroxène zoné. Les interstices entre les phénocristaux sont remplis de petits cristaux d'olivine, de plagioclase, de pyroxène, d'orthose, de titanomagnétite à habitus squelettique, d'apatite et de rhönite.

Cette roche apparaît plus leucocrate que la précédente, ne semble pas contenir de néphéline et contient des minéraux alcalins de fin de cristallisation.

c) Un *pegmatitoïde* (LACROIX, 1928) à texture doléritique et à gros grain, présentant de gros cristaux de plagioclase et de pyroxène (1 mm à 1 cm).

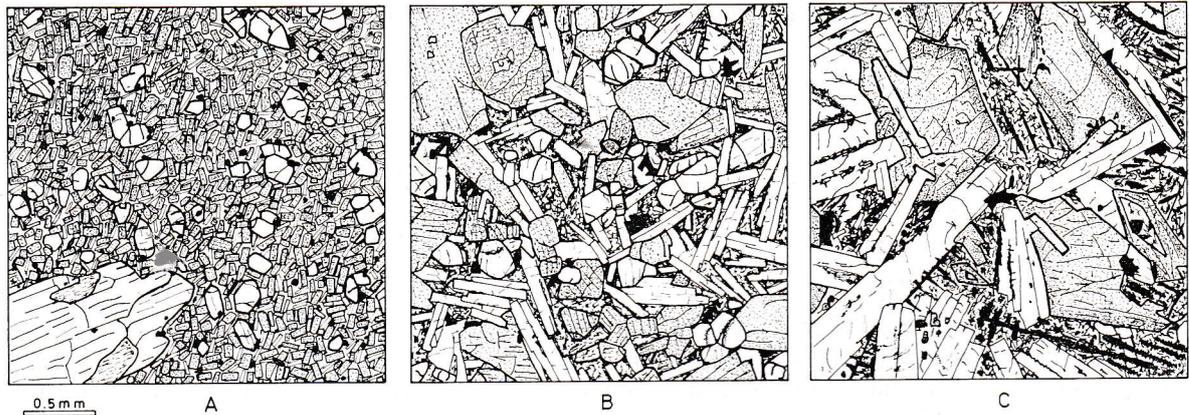


FIG. 5. — Aspect en lame mince des trois types de laves : A, basanite ; B, dolérite ; C, pegmatitoïde.

En lame mince (fig. 5 C), cette roche est caractérisée par :

- sa texture doléritique à gros plagioclases zonés ; les intervalles sont occupés par de gros pyroxènes zonés ou par un enchevêtrement de cristaux squelettiques d'olivine, de pyroxène et de titanomagnétite, d'aiguilles d'apatite et de petits minéraux alcalins ;
- l'abondance de pyroxènes et la rareté de l'olivine qui ne constitue pas de phénocristaux ;
- l'habitus squelettique des derniers minéraux formés ; en particulier, on note la présence de titanomagnétite en peigne ;
- la présence dans la mésostase de petits minéraux de fin de cristallisation à caractère alcalin (aegyrine, rhönite, riébéckite ?) ;
- la présence de zéolites dans le fond de la roche.

Les caractères particuliers de cette roche doléritique à gros grain, basique et alcaline, correspondent à ceux des pegmatitoïdes tels qu'ils ont été définis par LACROIX (1928).

2. Vue d'ensemble sur la pétrographie des laves

Ces trois types de roches sont basiques (2) ($\text{SiO}_2 = 42$ à 45 %), très sous-saturés (16 à 23 % de néphéline normative), alcalins ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5$ à $6,50$ %) et fortement sodiques ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 3$). Ce sont, compte tenu de leur composition minéralogique, des basanites ou des basanitoïdes.

Les basanites présentent un grain, une texture et une composition minéralogique très différents de ceux des dolérites (fig. 5). Il ne semble pas exister d'intermédiaire entre ces deux types de roches. En revanche, il existe tous les intermédiaires entre les dolérites et les pegmatitoïdes. Certains caractères des dolérites annoncent ceux des pegmatitoïdes : même type de texture, fin de cristallisation à tendance agpaïtique avec minéraux alcalins, présence de minéraux squelettiques.

Depuis les basanites qui, suivant la terminologie de LACROIX (1928) relative aux pegmatitoïdes, jouent le rôle de *laves conjointes*, jusqu'aux pegmatitoïdes, on observe les variations minéralogiques et chimiques suivantes :

- augmentation de la taille des minéraux ;
- augmentation de la teneur en plagioclases et zéolites ;
- diminution de la teneur en olivine ;
- apparition de minéraux de fin de cristallisation alcalins ;
- augmentation de l'acidité et de l'alcalinité, de la teneur en alumine ;
- diminution de la teneur en magnésie.

(2) D'après les analyses publiées par COMBIER (1952).

Ce type d'évolution, assez classique, se retrouve dans les autres gisements de pegmatitoïdes de la presqu'île du Cap-Vert (Gorée, Diack).

3. Gisement et relations géométriques des trois types de laves dans l'île de la Madeleine

Les basanites occupent en gros la partie nord-est de l'île de la Madeleine, les dolérites la partie nord-ouest et les pegmatitoïdes l'extrême sud, au sud de la crique Hubert. Notons que l'on retrouve des affleurements de dolérite et de pegmatitoïde à la pointe nord-est de l'île.

Les dolérites et les pegmatitoïdes présentent plusieurs types de gisements :

— « amas » décamétriques à hectométriques, par exemple pour les dolérites de l'ouest de l'île et les dolérites et les pegmatitoïdes du sud de la crique Hubert ; dans ce dernier cas, le contact entre dolérites et pegmatitoïdes d'une part et basanites d'autre part, bien visible à quelques dizaines de mètres à l'ouest de la crique Hubert au pied de la falaise, est subvertical et rectiligne ; au contact même, les prismes sont horizontaux et la fluidalité de la lave est subverticale, ce qui montre que le contact entre les deux types de roches est parallèle à l'écoulement de la lave ;

— horizons stratiformes centimétriques à métriques de dolérite et de pegmatitoïde au sein des basanites, par exemple à la pointe nord-est de l'île ;

— filonnets millimétriques à centimétriques, peu nombreux, de pegmatitoïde dans les basanites à proximité des amas et des horizons de dolérite et de pegmatitoïde.

Notons encore que

— le passage des basanites aux pegmatitoïdes peut se faire en quelques centimètres par l'intermédiaire de dolérites, les contacts entre chaque type de roche étant très francs, à l'échelle du millimètre ;

— les contacts parallèles à l'écoulement sont recoupés par les limites de prismes ; au passage d'un type de roche à l'autre, l'orientation des prismes reste inchangée ; en revanche, le diamètre des prismes se modifie, les prismes étant plus fins dans les basanites ;

— les limites d'érosion correspondent souvent aux limites lithologiques :

« les contacts sont inscrits dans la topographie, ils sont marqués par la disparition des paquets de colonnes et par des ruptures de pente » (COMBIER, 1952).

Ces observations géométriques démontrent clairement la contemporanéité de la mise en place des trois types de roches et confirment les observations réalisées par COMBIER.

4. Genèse et mise en place

Donnons maintenant quelques idées générales sur la genèse et la mise en place des couples « laves conjointes - pegmatitoïdes ».

LACROIX (1928) voyait plutôt dans les pegmatitoïdes un terme final de la différenciation de magmas ; il pensait en particulier que

«... Cette différenciation s'est effectuée sous l'influence d'agents volatils concentrés avec d'autres composés chimiques dans le dernier résidu non consolidé du magma, ce qui donne à celui-ci une fluidité plus grande expliquant sa cristallinité accrue par rapport à celle de la lave conjointe ainsi que les particularités de composition minéralogique et de structure... ».

Des travaux plus récents (RÉMY, 1965 ; GOER DE HERVÉ, 1968 ; LEFÈVRE, 1969 ; FERNANDEZ SANTIN, 1969) montrent que :

— les pegmatitoïdes s'individualisent précocement, dès le stade intratellurique, à partir du magma initial, ce qui aboutit à la séparation initiale de la lave conjointe et des pegmatitoïdes sous forme de deux liquides non miscibles, de composition chimique et de teneur en éléments volatils différents ;

— ces deux liquides s'écoulent et cristallisent sans se mélanger, les pegmatitoïdes constituant ainsi des entités au sein de la lave conjointe.

Les relations laves conjointes - pegmatitoïdes conduisent donc à envisager l'existence de magmas non miscibles.

VI. LES TUFs BRÉCHIQUES DE LA CRIQUE HUBERT

Les tufs occupent la partie centrale de la crique Hubert où ils ne sont découverts qu'à marée basse. On peut alors les observer sur la plage nord, près du débarcadère, ainsi que sur l'avancée de terrain qui isole de la mer une vasque d'eau claire dans la partie ouest de la crique.

1. Pétrographie des tufs

Il s'agit de tufs bréchiqes mixtes, de couleur gris-vert ou marron, à granulométrie et à stratification grossière. Ils sont constitués d'éléments de taille variable (du mm à 50 cm) de roches sédimentaires de la série de Dakar et de roches volcaniques basiques, réunis par des fines, de la calcite et des zéolites. Les fragments de grande taille sont généralement anguleux, alors que ceux de petite taille sont arrondis.

Certains éléments arrondis de roches sédimentaires sont compacts et présentent des cassures courbes, ce qui leur confère un aspect analogue à celui des éléments « en pomme de pin » ou « en balle de golf » décrits dans certains maars d'Australie par OLLIER & JOYCE (1974). Notons que les calcaires à Lépidocyclines du type de l'anse Bernard n'ont pas été identifiés dans les tufs de la crique Hubert.

Les blocs de roches basanitiques de grande taille sont constitués par de la basanite massive, de couleur sombre, à texture normale. En revanche, les éléments de petite taille (du mm au cm), les plus nombreux, sont de teinte plus claire et présentent une texture particulière, non vitreuse, à phénocristaux et cristallites, caractéristique d'un refroidissement relativement rapide. De la hornblende peut se rencontrer dans le tuf en cristaux millimétriques à centimétriques. Enfin, notons que l'on n'observe ni bombes, ni scories parmi les éléments basanitiques.

2. Mode de gisement et relations entre les tufs et la coulée de basanite

Les rapports des tufs avec la coulée de basanite, ainsi que certains caractères de leur stratification montrent qu'ils sont intrusifs dans cette coulée.

— L'altitude de leur sommet est supérieure à celle du bas des prismes de basanite visibles sous l'eau, à environ -3 m dans la vasque et à environ -6 m à l'entrée de la crique Hubert. Les tufs occupent donc une cavité creusée dans la masse des basanites (fig. 3, coupe AA').

— Sur le pourtour de la crique Hubert, on peut observer des injections de tufs dans la coulée basanitique. Sur la plage, près du débarcadère, des filonnets et des sills de tuf d'épaisseur centimétrique à décimétrique recoupent les basanites, la stratification des tufs étant parallèle aux épontes et le grain devenant plus fin au contact. Dans la falaise qui domine la vasque à l'ouest, un dyke subvertical, d'épaisseur métrique, recoupe la coulée et s'y digite (fig. 6 A). Sur la plage sud, des injections de tufs se font parallèlement aux dalles de basanite (fig. 6 B et C).

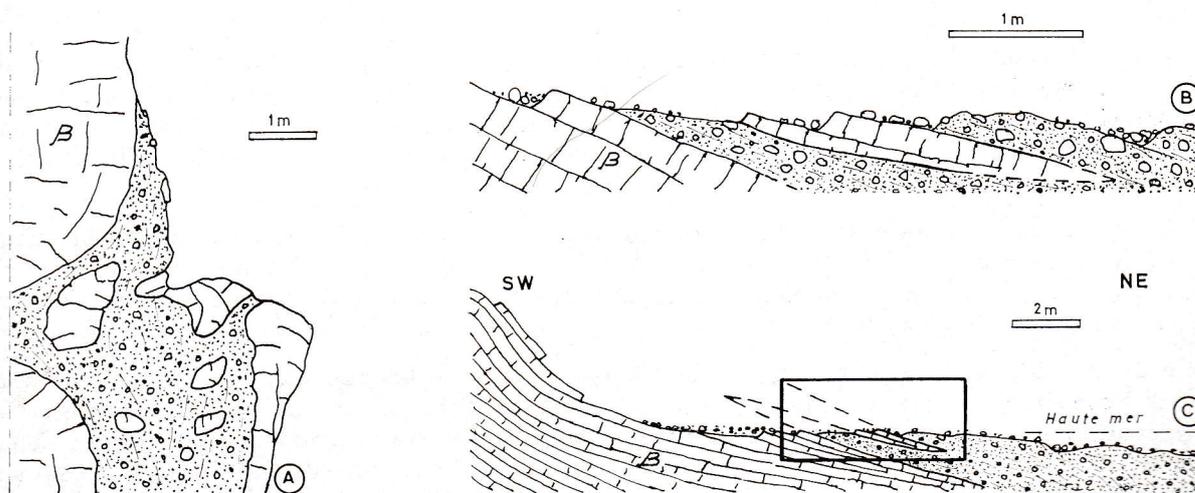


FIG. 6. — Exemples de rapports entre les tufs et la coulée de basanite sur le pourtour de la crique Hubert.

— La stratification des tufs présente souvent un fort pendage ; c'est en particulier le cas au sud de la crique Hubert où des pendages de 45 à 60° ont été relevés.

3. Interprétation du mode de gisement des tufs

Ces observations conduisent à considérer les tufs bréchiques de la crique Hubert, intrusifs dans les basanites, comme constituant le remplissage d'un pipe mis en place en traversant à l'emporte-pièce la coulée basanitique préexistante. A la périphérie du pipe, les tufs s'injectent dans la coulée en dykes et sills en utilisant les discontinuités existantes : limites de prismes, limites de dalles. L'origine de la dépression correspondant à la crique Hubert s'explique ainsi aisément, l'érosion ayant pu déblayer plus facilement les tufs stratifiés que les basanites massives environnantes.

Un pipe correspond à un type particulier d'appareil volcanique, essentiellement souterrain : il s'agit d'une sorte de cheminée verticale, de forme tronconique, évasée vers le haut et remplie de tufs bréchiques mixtes présentant une stratification redressée. Le mécanisme invoqué pour la formation des pipes est celui de la fluidification (CLOOS, 1941 ; HOLMES, 1965 ; HAWTHORNE, 1975), c'est-à-dire le transport de matériaux en suspension dans un gaz : éléments de magma juvénile fragmenté, éléments de roches encaissantes provenant de l'abattage des parois du pipe. Les gaz sont soit des gaz juvéniles séparés précocement du magma, soit de l'eau de l'encaissant vaporisée. Le processus débute par l'ouverture d'une fissure qui entraîne une chute de pression et provoque une détente brusque des gaz. Il se poursuit ensuite de lui-même, la cheminée s'agrandissant progressivement par abattage des parois dont les fragments sont emportés vers le haut par les gaz, le magma liquide étant lui-même émulsionné.

Certains caractères pétrographiques des tufs confirment également le processus de mise en place par fluidification : il s'agit de leur caractère mixte, de la forme arrondie des éléments de petite taille due à leur abrasion, des textures particulières des éléments basanitiques de petite taille, de l'absence de bombes et de scories, de la présence d'éléments « en pomme de pin » ou « en balle de golf » (OLLIER & JOYCE, 1974).

Ce type très particulier de manifestation volcanique est classique dans certaines régions qui sont le siège d'un magmatisme basaltique très sous-saturé ou kimberlitique. Dans la presqu'île du Cap-Vert, on trouve une dizaine de pipes et un grand nombre de dykes et sills de tufs bréchiques (CREVOLA, 1978). L'intérêt de l'appareil de tuf de la crique Hubert est de montrer, au contact de l'encaissant, le passage du pipe à des sills et des dykes, ce qui ne s'observe que rarement.

VII. CONCLUSION

Les îles de la Madeleine représentent l'un des témoins du « système éruptif de Dakar », ensemble volcanique d'âge miocène supérieur, s'étendant en mer au sud de Dakar. Elles sont constituées par un lambeau de coulée de lave, associé à un pipe de tufs volcaniques bréchiques. Ces formations volcaniques présentent plusieurs particularités remarquables que l'on peut retrouver dans d'autres pointements volcaniques, d'âge miocène, de la presqu'île du Cap-Vert.

Le sud de l'île de la Madeleine montre une prismation spectaculaire, à entablement de prismes horizontaux. L'origine de cette prismation doit être recherchée dans l'ouverture de profondes fissures verticales, à la partie supérieure de la coulée en voie de consolidation, ce qui va modifier la disposition des surfaces de refroidissement. Le développement de prismes horizontaux peut s'observer aussi à Diack, mais il y revêt une ampleur moindre.

L'île de la Madeleine montre la coexistence de trois types de roches basiques, distincts par leurs textures et par leurs compositions minéralogiques et chimiques : basanite, dolérite et pegmatitoïde. Les relations entre ces trois types de laves, particulièrement nettes dans le sud de l'île, sont démonstratives d'une mise en place simultanée. L'île de la Madeleine apparaît, de ce fait, comme un terrain de choix pour l'étude des pegmatitoïdes. Des pegmatitoïdes se trouvent aussi dans d'autres pointements volcaniques d'âge miocène : Gorée, cap Manuel, cap des Biches, Rufisque, Diack. Seul ce dernier gisement à une importance comparable à celui de l'île de la Madeleine.

La dépression occupée par la crique Hubert correspond à un pipe de tufs bréchiqes, intrusif dans la coulée de basanite. A la périphérie du pipe, les tufs bréchiqes s'injectent dans la coulée de basanite, sous forme de sills et de dykes. Ce type particulier de manifestation volcanique est fréquent dans la presqu'île du Cap-Vert où on compte une dizaine de pipes.

Ainsi, les îles de la Madeleine, malgré leur faible étendue, permettent d'observer dans de très bonnes conditions plusieurs phénomènes remarquables qui sont caractéristiques du volcanisme miocène régional.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Messieurs A.R. DUPUY, directeur des Parcs nationaux du Sénégal, et C. SAGNA, conservateur du Parc national des îles de la Madeleine, ainsi que leurs collaborateurs, qui ont facilité mes visites dans l'île de la Madeleine.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUT P. (1967). — Problèmes du volcanisme : V - La prismation différentielle des coulées basaltiques. *Rev. d'Auvergne*, t. 81, n° 1, p. 64-65.
- CANTAGREL J.M., CREVOLA G., LAPPARTIENT J.R. & TESSIER F. (1979). — Le volcanisme de la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal) : nouvelles données géochronologiques (inédit).
- CHAUTARD J. (1907). — Les roches éruptives de la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), vol. 7, p. 427-440.
- CLOOS H. (1941). — Bau und Tätigkeit von Tuffschloten Untersuchungen an dem Schwabischen Vulkan. *Geol. Rundschau*, 32, p. 709-800.
- COMBIER G. (1952). — Note sur les pegmatitoïdes de Gorée et de l'île aux Serpents. *Bull. Dir. Mines A.O.F., Dakar*, n° 10, p. 95-130.
- CREVOLA G. (1978). — Sills, dykes et pipes de tufs volcaniques bréchiqes fluidifiés dans la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). *C.R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 3, p. 135-139.
- FERNANDEZ SANTIN S. (1969). — Pegmatitoïdes in the Horizontal Basalts (Series I) of Lanzarote and Fuerteventura Islands. *Bull. Volcanol.*, t. 33, fasc. 4, p. 989-1007.
- GOER DE HERVÉ A. DE (1968). — Réflexions sur les pegmatitoïdes bulleux des carrières de dolérites de Bouzentès (Planèze de Saint-Flour, Cantal). *C.R. Acad. Sci., Paris*, t. 269, p. 2178-2181.
- GORODISKI A. (1952). — Notice explicative de la carte géologique du Sénégal à 1/20 000^e (feuilles Ouakam et Dakar). *Bull. Dir. Mines A.O.F., Dakar*, n° 10, p. 6-57.
- HAWTHORNE J.B. (1975). — Model of a Kimberlite Pipe. In L.H. AHRENS, J.B. DAWSON, A.R. DUNCAN & A.J. ERLANK (ed.), *Physics and Chemistry of the Earth*, 9, p. 1-16.
- HOLMES A. (1965). — Principles of Physical Geology. London, Edinburgh, Nelson, 1288 p.
- HORN R., LE LANN F. & TIXERONT M. (1974). — Recherche d'ilménite au large des côtes du Sénégal, seconde campagne : 1973 (Opération Rosilda). B.R.G.M., Rap. 74 SGN 256 MAR, 50 p.
- KIEFFER G. (1969). — Caractères des coulées de lave à entablement de « faux prismes ». *C.R. Acad. Sci., Paris*, t. 269, p. 2178-2181.
- LACROIX A. (1928). — Les pegmatitoïdes des roches volcaniques à faciès basaltique. *C.R. Acad. Sci., Paris*, t. 187, p. 321-326.
- LEFÈVRE C. (1969). — Etude minéralogique et chimique des laves et pegmatitoïdes du volcan des Rives (Hérault). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), vol. 11, p. 415-425.
- MEAGHER L.J., RUFFMAN A.S., STEWART J. McG., VAN DER LINDEN W.J.M. & ZUKAUSKAS W. (1977). — Le Baffin. Levé au large du Sénégal et la Gambie. Vol. 2. Contribution à la géophysique et à la géologie du plateau continental et de la marge continentale du Sénégal et de la Gambie, Afrique de l'Ouest. Ministère des Pêches et de l'Environnement et Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Ottawa, 85 p.
- NAHON D. (1970). — Nouvelles observations sur les faciès d'altérations anciennes au Sénégal et en Mauritanie. *Trav. Lab. Sci. Terre St-Jérôme, Marseille*, (A), n° 2, 50 p.
- OLLIER C.D. & JOYCE E.B. (1974). — Fluidisation and Bedrock Fragments in Ejecta. *Bull. Volcanol.*, vol. 38, 1, p. 116-123.
- RÉMY J.M. (1965). — Les laves et les pegmatitoïdes du volcan des Rives (Hérault). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), vol. 7, p. 410-412.
- WATERS A.C. (1960). — Determining Direction of Flow in Basalts. *Am. J. of Sc.*, vol. 258, p. 350-366.