

# Histoire géologique de la Martinique, (Petites Antilles) : biostratigraphie (foraminifères), radiochronologie (potassium-argon), évolution volcano-structurale

P. ANDREIEFF(1), J.C. BAUBRON(2) et D. WESTERCAMP(1)

Mots-clés : Oligocène sup., Néogène, Quaternaire, Faune foraminifère, Faune spécifique, Datation K-Ar, Manifestation volcanique (compartiment arc), Tectonique cassante, Martinique.

## Résumé

Les travaux menés ces dix dernières années dans le cadre du programme de cartographie géologique de la France à 1/50 000 ont permis de montrer que l'édification de la Martinique résulte d'une succession de phases volcaniques alternant au cours du Néogène avec des phases de sédimentation marine, et s'exprimant selon les époques dans différents secteurs de l'île.

Les levés détaillés ont été complétés par un important programme d'étude biostratigraphique des roches sédimentaires, et de datations absolues par la méthode K/Ar des laves (roches totales ou minéraux séparés). On a pu jalonner ainsi la mise en place dans le temps de ces diverses formations, et suivre dans l'espace les déplacements latéraux et longitudinaux du front volcanique.

La série sédimentaire s'avère être une des plus développées de l'archipel des Petites Antilles, puisqu'il est démontré qu'elle s'est déposée depuis l'Oligocène terminal jusqu'au Pliocène inférieur. Les attributions biostratigraphiques précises des différentes formations à l'échelle zonale des foraminifères planctoniques et leur confrontation aux âges numériques obtenus sur les laves associées, prouvent la validité et les possibilités d'application au domaine caraïbe du schéma biochronométrique récemment proposé par W.A. Berggren *et al.* pour le Néogène.

La fiabilité de l'ensemble des mesures radiochronologiques K/Ar réalisées sur des volcanites de la Martinique (90 au total), est présentée et discutée. Il apparaît que les datations conventionnelles affichant une concentration en argon radiogénique inférieur à 10%, ou concernant les laves apparemment saines mais en provenance de régions ayant subi des phénomènes hydrothermaux, ne sont pas exploitables. Il en est de même des âges numériques sur hornblende qui présentent des valeurs systématiquement trop élevées par rapport aux roches totales.

La notion de compartiment d'arc est introduite pour expliquer la distribution spatiale et temporelle de l'activité volcanique, et celle de bloc tectonique pour rendre compte du découpage de l'île selon des failles majeures de direction NE-SW. Au sein de ces deux types d'entité - qui ne se recouvrent que partiellement - le front volcanique habituellement se déplace progressivement d'est en ouest, tandis que parallèlement, (1) le contrôle essentiellement NW-SE du volcanisme s'estompe, (2) l'activité sous-marine devient aérienne, (3) le volume des laves émises diminue, et (4) les andésites et dacites calco-alcalines prennent le pas sur les basaltes et andésites basiques tholéitiques.

## Abstract

Work done during the last ten years in the framework of the programme for the 1:50 000-scale geological mapping of France has shown that the island of Martinique was built during the Neogene in alternating phases of volcanism and marine sedimentation, different stages of which are represented in different parts of the island.

Detailed fieldwork was accompanied by very full biostratigraphic study of the sedimentary rocks and K/Ar age determinations (whole-rock and mineral separates) on the volcanic rocks. This has made it possible to place the formation of these diverse rocks in a time sequence and to follow the lateral and longitudinal movements of the volcanic front.

The sedimentary succession has been shown to be one of the fullest developed in the Lesser Antilles, deposition having occurred from the latest Oligocene to the early Pliocene. Precise biostratigraphic attributions of the different formations to the planktonic foraminiferal zonal scheme and its comparison with the radiometrically obtained ages of the associated lavas proves the validity of the biochronometric scale recently proposed by W.A. Berggren *et al.* (1985) for the Neogene and the possibilities of applying it to the Caribbean area.

The reliability of the 90 K/Ar radiometric measurements made is discussed, and it is shown that conventional age determinations for which the concentration of radiogenic argon is less than 10%, and those on lavas which, although apparently fresh, are from areas that have undergone hydrothermal activity, are not valid. Radiometrically determined ages of hornblendes are similarly unusable, giving values that are systematically too high relative to whole-rock ages.

(1) BRGM, Service Géologique National,  
BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2.

(2) BRGM, Direction de la Technologie  
BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2.

Manuscrit déposé le 31 août 1987, accepté le 14 septembre 1987.

The notion of arc compartment is introduced to explain the spatial and temporal distribution of volcanic activity, and that of tectonic blocks to take account of the division of the island into segments by NE-SW major faults. Within these two types of unit, which only partly correspond to each other, the volcanic front in general migrates progressively east-west, while at the same time : (1) the essentially NW-SE control of volcanism becomes less evident, (2) the volcanic activity changes from submarine to subaerial, (3) the volume of lava erupted decreases, and (4) calc-alkaline andesite and dacite become dominant over tholeiitic basalt and basaltic andesite.

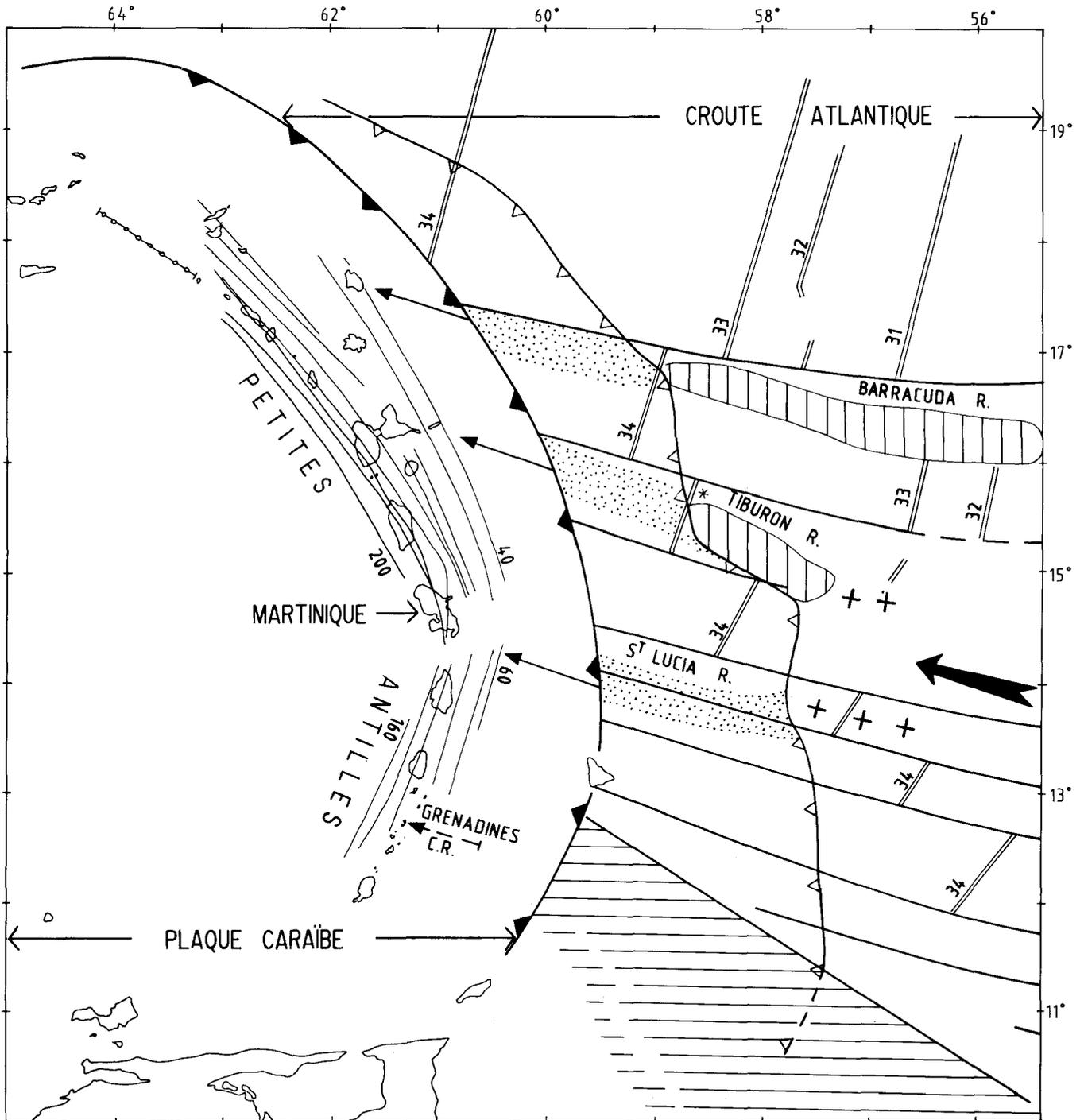


Fig. 1.- Carte des Petites Antilles et du proche Atlantique localisant la Martinique et les principaux reliefs de croûte océanique.

Ligne avec triangles noirs : trace de la subduction. Ligne avec triangles ouverts : front de déformation du prisme de la Barbade. Hachures verticales : rides océaniques asismiques. Traits fins : isobathes du plan de subduction tous les 20 km. Pour plus de détail, voir fig. 5 in Ph. Bouysse et D. Westercamp, 1988.

## I - Introduction

Cette note dresse un bilan des travaux conduits par le B.R.G.M. en Martinique depuis 1973, dans le cadre du lever de la nouvelle carte géologique de l'île à 1/50 000.

Les premiers résultats de ces travaux ont été publiés à l'occasion de la 7<sup>ème</sup> Conférence géologique des Caraïbes qui s'est tenue à Pointe-à-Pitre en Juillet 1974, et modifiaient déjà profondément les conceptions antérieures (A. Senn, 1940 ; L. Barrabé, 1955 ; J. Butterlin, 1956 ; H. Grunvald, 1965). Ils concernaient : (1) la structure géologique générale de la presqu'île des Trois-Ilets, du secteur sud-est de l'île, et de la montagne Pelée (D. Westercamp, 1974a, b, c), (2) l'âge des formations sédimentaires et édifices volcaniques associés (P. Andreieff *et al.*, 1976), (3) la mise en place du massif volcanique des Pitons du Carbet (D. Westercamp, 1976a). Certains prolongeaient des actions antérieures conduites dans le cadre des recherches géothermiques de la Société EURAFREP, et du laboratoire de pétrographie de l'Université de Paris-Sud (D. Westercamp, 1972 ; H. Bellon *et al.*, 1974 ; B. Pelletier, 1974).

Si par la suite un premier essai de synthèse apparaît dans l'Atlas géographique de la Martinique (G. Lasserre edit., 1977) puis dans un guide géologique régional (D. Westercamp et H. Tazieff, 1980), il faut attendre la fin des travaux de terrain et de laboratoire en 1983 et la tenue du symposium sur la géodynamique des Caraïbes à Paris en février 1985, pour qu'un schéma évolutif global et cohérent de la géologie de la Martinique se dessine (D. Westercamp *et al.*, 1985a).

Ce schéma, qui est présenté ici, sera détaillé dans la notice de la nouvelle carte géologique de la Martinique (D. Westercamp et P. Andreieff, à paraître), notamment pour ses aspects stratigraphiques et pétrographiques.

La minéralogie et la géochimie des laves font l'objet de synthèses spécifiques, de la part de M. Fichaut (1986) pour la montagne Pelée et de M. Escalant (1988) pour le reste de l'île. Les phénomènes hydrothermaux anciens sont étudiés plus particulièrement par M. Zorpi (à paraître).

## II - Histoire géologique

### 1 - Contexte géographique et géodynamique

La Martinique est la plus grande (1080 km<sup>2</sup>) des îles des Petites Antilles. Elle occupe la position centrale (61°W, 14°N) de l'archipel qui s'étend sur près de 900 km entre les Grandes Antilles au nord et Trinidad et les îles du Venezuela au sud, constituant ainsi la frontière occidentale de l'Atlantique-centre (fig. 1).

Cet archipel était classiquement séparé en deux arcs insulaires - l'arc externe ou ancien ayant fonctionné de l'Eocène au début du Miocène, et l'arc

interne ou récent, décalé vers l'ouest, actif depuis la fin du Miocène (P.H.A. Martin-Kaye, 1969) - résultats du chevauchement de la plaque caraïbe sur le plancher océanique atlantique (P. Molnar et L.R. Sykes, 1969).

D. Westercamp (1977, 1979) introduisit l'idée d'un arc intermédiaire pour rendre compte du volcanisme d'âge Miocène moyen de Martinique (mais aussi de Sainte-Lucie, et d'autres îles du sud de l'archipel) qui ne peut s'expliquer dans le modèle de P.H.A. Martin-Kaye. L'évolution pétrologique des laves miocènes, depuis des tholéiites d'arc jusqu'à des séries calco-alcalines relativement potassiques et enrichies en éléments radiogéniques, qui se conforme au schéma évolutif classique des arcs insulaires (J. Gill, 1970), confortait cette hypothèse. Le nouveau découpage proposé alors supposait un arc ancien anté-miocène, un arc intermédiaire miocène, et un arc récent post-miocène. Néanmoins, ce modèle, plus pétrologique que structural, expliquait mal la nette dichotomie spatiale et temporelle de l'archipel au nord de la Dominique et ses caractéristiques morphologiques générales (Ph. Bouysse, 1979).

Avec la poursuite des travaux de stratigraphie sur l'ensemble des Petites Antilles, notamment par le B.R.G.M. et collaborateurs dans le cadre du programme ARCANTE, va s'imposer la nécessité d'élaborer un nouveau modèle structural. Des preuves de l'existence d'un arc insulaire mésozoïque à l'aplomb des Petites Antilles, assurant le lien entre les Grandes Antilles au nord, et les Antilles néerlandaises au sud (P. Bouysse, 1988), sont trouvées à la Désirade (M. Le Guen de Kerneizon *et al.*, 1979 ; P. Bouysse *et al.*, 1983). L'existence d'un hiatus dans l'activité volcanique des Petites Antilles durant l'Oligocène supérieur et le Miocène basal s'impose également petit à petit. Il va permettre de lier le "saut" de l'arc ancien à l'arc récent à un changement géodynamique majeur dans le régime de subduction de l'Est-Caraïbe (arrivée d'une ride océanique compensée, flottable, devant le rebord de la plaque caraïbe à la mi-temps de l'Oligocène ; Ph. Bouysse et D. Westercamp, ce numéro), et de concilier les précédents modèles de P.H.A. Martin-Kaye (1969) et de D. Westercamp (1977). Aujourd'hui, on pense que les Petites Antilles témoignent de l'activité : (1) d'un arc insulaire au Mésozoïque supérieur, (2) d'un arc ancien, de l'Eocène basal à l'Oligocène inférieur sommital (âge compris entre 55 Ma et 30 Ma), et (3) d'un arc récent, depuis le Miocène inférieur (de 22 Ma à l'actuel), qui regroupe les "anciens" arcs intermédiaire et récent (Ph. Bouysse, *op. cit.* ; Ph. Bouysse et D. Westercamp, *op. cit.*).

Ainsi, le soubassement de la Martinique appartient au proto-arc mésozoïque, ses péninsules orientales jalonnent l'arc ancien anté-oligocène supérieur et tous ses principaux reliefs témoignent de l'activité de l'arc récent depuis le Miocène inférieur.

Si le blocage momentané du phénomène de convergence entre la plaque caraïbe et la croûte atlantique à la mi-temps de l'Oligocène préside aux grandes étapes de l'édification de l'île, la subduction de la ride océanique non compensée de Sainte-Lucie en face du tronçon de l'arc incluant les moitiés sud de Martinique et nord de Sainte-Lucie (G.K. Westbrook *et al.*, 1984) (*cf. fig. 1*) va contrôler,

pour partie et dès la fin du Miocène inférieur, les rapports volcanisme-tectonique, l'évolution pétrologique des séries de lave, et la distribution des phénomènes hydrothermaux (D. Westercamp, 1988 ; Ph. Bouysse et D. Westercamp, ce numéro).

## 2 - Les grands ensembles volcaniques et sédimentaires : présentation des outils de datation.

La Martinique s'est édifiée en alternant phases d'activité volcanique et phases de sédimentation marine. Les matériaux émis au cours des premières constituent le bâti et tous les grands reliefs de l'île : chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault, volcan-bouclier du Morne Jacob\*, strato-volcans des Carbets, du Mont Conil et de la Montagne Pelée, soubassement et cônes volcaniques de la presqu'île des Trois-Îlets, pour ne citer que les principaux. Les formations calcaires liées aux deuxièmes se présentent sous la forme d'affleurements discontinus et limités, intercalés dans les dépôts volcaniques ou les coiffant (fig. 2).

L'alternance de phases volcaniques sous-marines et sédimentaires, et de périodes d'activité volcanique aérienne, se prête particulièrement bien à une étude stratigraphique combinant l'utilisation de méthodes de datations radiométriques et biostratigraphiques. Les premières sont les seules à même de proposer des âges numériques de mise en place des laves d'origine aérienne. Les deuxièmes sont mieux adaptées aux formations volcaniques sous-marines, pour lesquelles la fiabilité des données radiométriques peut être parfois mise en doute en raison des phénomènes de trempe et d'altération hydrothermale qui ont affecté les laves pendant et après leur éruption. En revanche, l'attribution biostratigraphique précise des sédiments associés à ces laves est possible, grâce aux progrès réalisés ces dernières années dans le domaine des foraminifères planctoniques (W.A. Berggren, 1977 ; H.M. Bolli et I. Premoli-Silva, 1973 ; H.M. Bolli et V.A. Krashennnikov, 1977) et dans celui des grands foraminifères benthiques (J. Butterlin, 1981 ; P. Andreieff, 1983, 1985). Elle permet alors, par le biais de l'échelle biochronométrique récemment publiée par W.A. Berggren *et al.* (1985), de donner un âge numérique à ces dépôts, et par conséquent de dater indirectement les laves associées.

## 3 - Données K/Ar

### 3.1 - Origine

Les premières datations par la méthode du K/Ar sur des laves de la Martinique furent réalisées au laboratoire de pétrographie de l'Université de Paris-Sud (H. Bellon *et al.*, 1974 ; P. Andreieff *et al.*, 1976), dans les laboratoires d'analyse du B.R.G.M. (J.C. Baubron *in* P. Andreieff *et al.*, *op. cit.*), et à l'Université de Miami (F. Nagle *et al.*, 1976).

Une contribution importante provient ultérieurement de l'Université de Leeds, dans le cadre d'un travail intéressant l'ensemble des Petites Antilles (J.C. Briden *et al.*, 1979). A ces quelque 48 données

publiées s'ajoutent 9 datations inédites aimablement transmises par D. Rex (Université de Leeds) et 43 autres datations nouvelles réalisées au B.R.G.M. entre 1977 et 1983 au fur et à mesure de l'avancement des leviers géologiques. La localisation des échantillons analysés est indiquée sur la figure 3a et la liste des données numériques afférentes donnée dans le tableau 1.

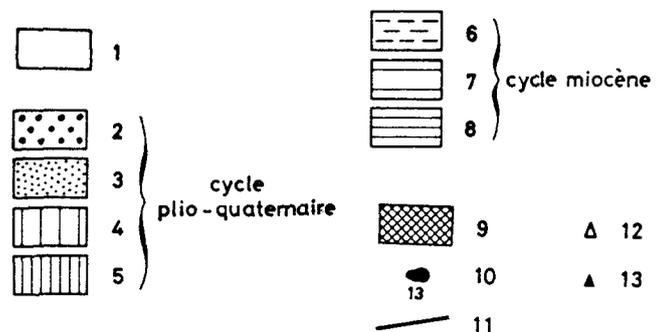
L'histogramme de fréquence des données brutes, avant que leur fiabilité ne soit discutée et qu'elles soient confrontées aux données de terrain et à la biostratigraphie (fig. 3a), révèle une activité volcanique quasi-continue depuis 21 Ma, avec trois maxima respectivement à 10 Ma, 7 Ma et 2,8 Ma (fig. 3b). Il subsiste cependant des périodes sans activité volcanique qui correspondent aux changements de cycle magmatique. Les maxima ne reflètent pas seulement des paroxysmes d'activité volcanique, mais aussi une densité d'échantillonnage plus grande.

### 3.2 - Technique analytique

La méthode analytique suivie au B.R.G.M. a été décrite par ailleurs (J.C. Baubron et J. Demange, 1977 ; J.M. Cantagrel et J.C. Baubron, 1983). Rappelons que les spectromètres utilisés ont été un AEI MS 20 et un VG MM 1200, respectivement avant et après 1980.

En plus des mesures classiques sur roche totale ou phases minérales séparées, trois "isochrones" ont été réalisées.

Pour ce faire les échantillons choisis ont été analysés plusieurs fois, avec des durées et des températures de dégazage différentes de manière à éliminer progressivement l'argon non radiogénique excédentaire. On a pu ainsi tracer des "isochrones" (fig. 4) dont l'intercept à l'origine indique une valeur moyenne du rapport initial de l'argon de rétention. Cette méthode, en l'absence d'échantillons multiples provenant d'une même formation, permet d'approcher plus précisément l'âge réel, surtout pour des échantillons peu radiogéniques dont la reproductibilité analytique apparaît mauvaise. A ce propos, certaines des erreurs analytiques affectant les datations publiées paraissent manifestement sous-estimées. Aussi nous considérons que les datations conventionnelles dont la concentration en argon radiogénique est inférieure à 10% de l'argon total mesuré, ne sont pas exploitables. On pourra vérifier, dans la description des ensembles géologiques qui suit, la justesse de cette assertion chaque fois qu'existeront d'autres éléments de datation géologiques, radiochronologiques ou biostratigraphiques.



\* On appelle morne, aux Antilles, un relief généralement peu aigu, une colline.

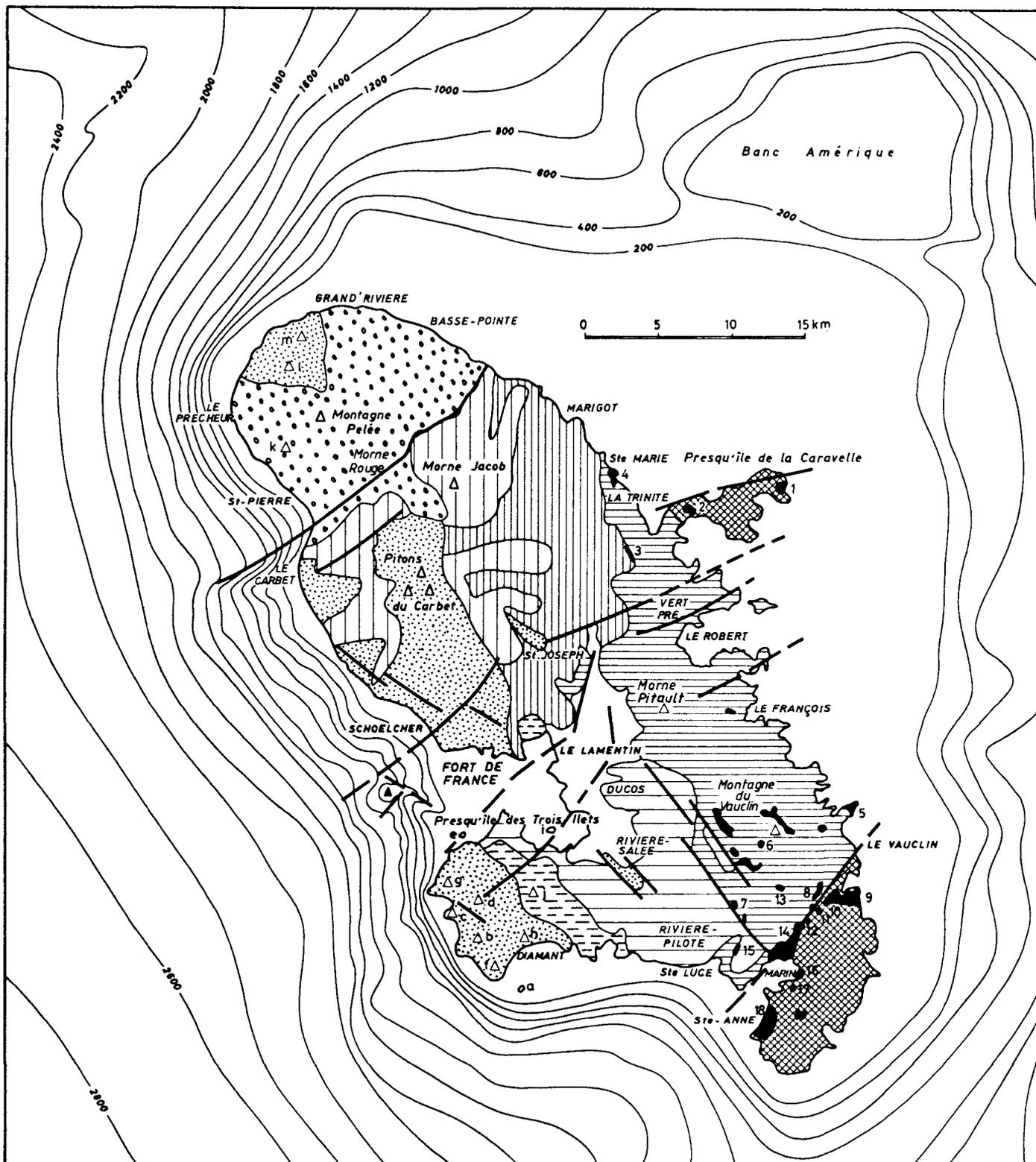


Fig. 2. - Esquisse géologique de la Martinique et localisation des formations et gîtes calcaires.

**Signification des caissons.**

1. Plaine quaternaire du Lamentin. 2. Ecoulements pyroclastiques de la montagne Pelée 3. Volcanisme récent du SW martiniquais et complexe volcanique des Caribets 4. coulées de lave de la première phase d'activité du volcan-bouclier du morne Jacob 5. coulées de lave et hyalocalstites de la deuxième phase d'activité du volcan-bouclier du morne Jacob 6. volcanisme du morne Pavillon 7. coulées de lave des axes volcano-structuraux Ducos - Rivière-Pilote et Rivière-Salée - Sainte-Luce 8. chaîne volcanique sous-marine de Vaucelin-Pitault 9. Formations du complexe de base et série volcanique de Sainte-Anne 10. Principaux gîtes de formation calcaire (voir détail ci-dessous) 11. Principales failles transverses 12. Principaux centres volcaniques (a = rocher du Diamant ; b = roches Genty ; c = pointe Burgos ; d = morne La Plaine ; e = îlet à Ramiers ; f = morne Larcher ; g = morne Réduit ; h = La Dizac ; i = Gros-Ilet ; j = morne Pavillon ; k = morne Julien ; l = piton Mont Conil ; m = morne Citron. 13. Centre volcanique sous-marin Bathymétrie (en mètre) d'après Ph. Bouysse *et al.*, 1985.

**Principaux gîtes de formations calcaires**

1 = Pointe de la Caravelle ; 2 = morne Castagne ; 3 = Bassignac ; 4 = Sainte-Marie - anse Dufour ; 5 = Pointe du Vaucelin ; 6 = Quartier La Boissière ; 7 = Quartier Baudelle ; 8 = Morne Carrière ; 9 = Macabou ; 10 = Habitation Malevaut ; 11 = Quartier Mancelle ; 12 = Morne Sulpice ; 13 = Quartier Lucette ; 14 = Le Marin ; 15 = Rivière-Pilote ; 16 = Quartier Baréto ; 17 = Habitation Petit-Versailles ; 18 = Sainte-Anne et pointe Dunkerque.

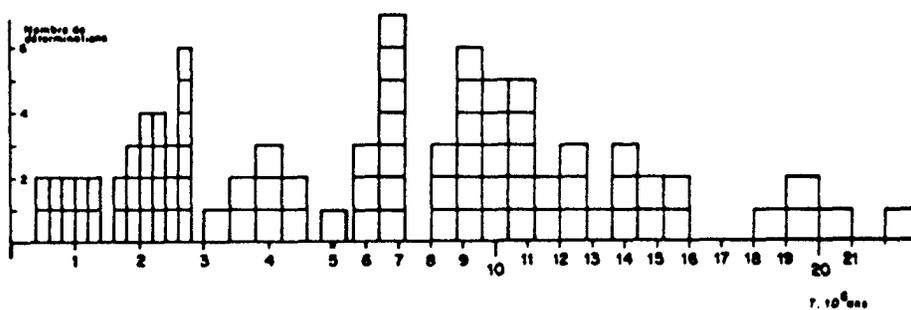
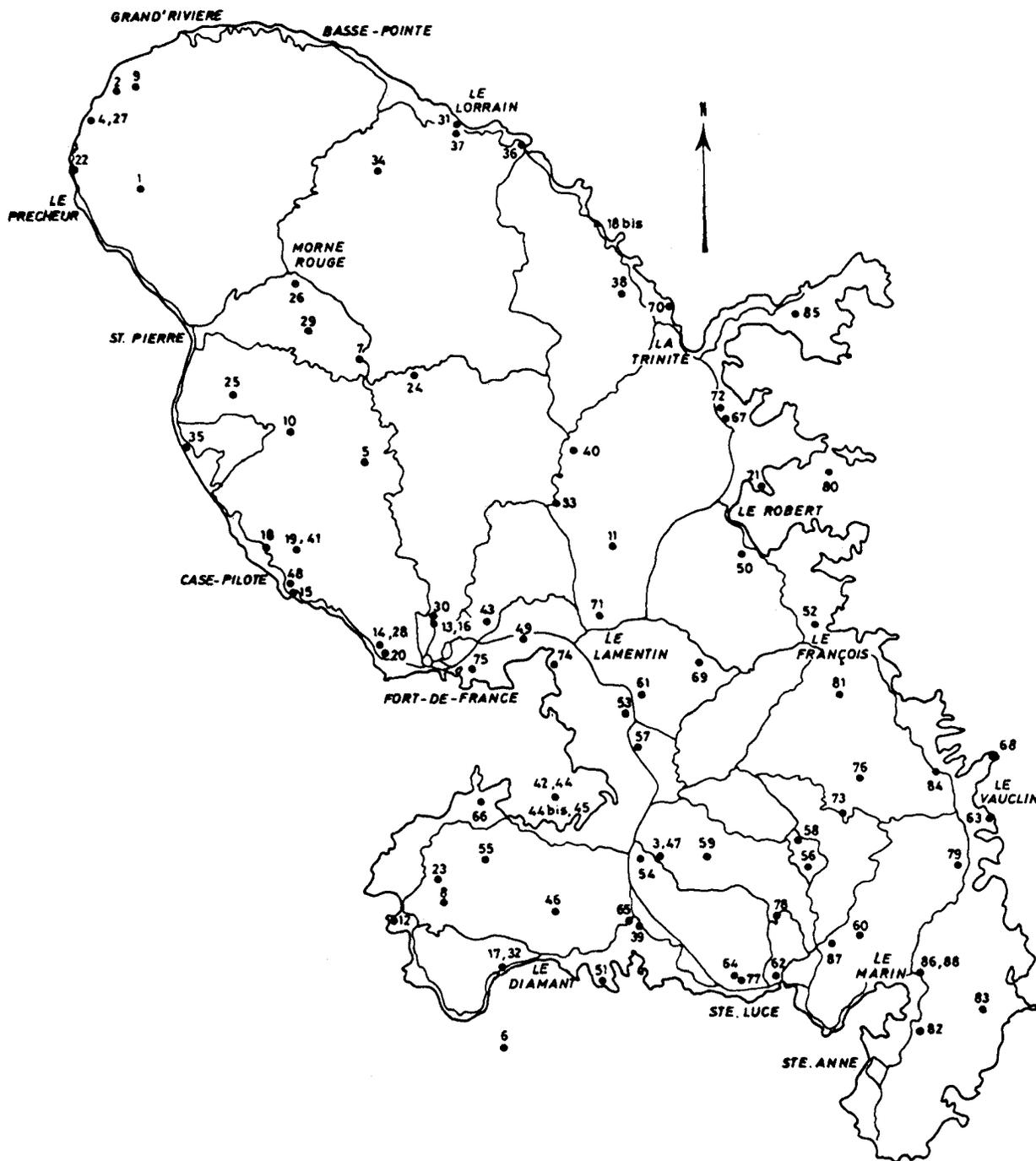
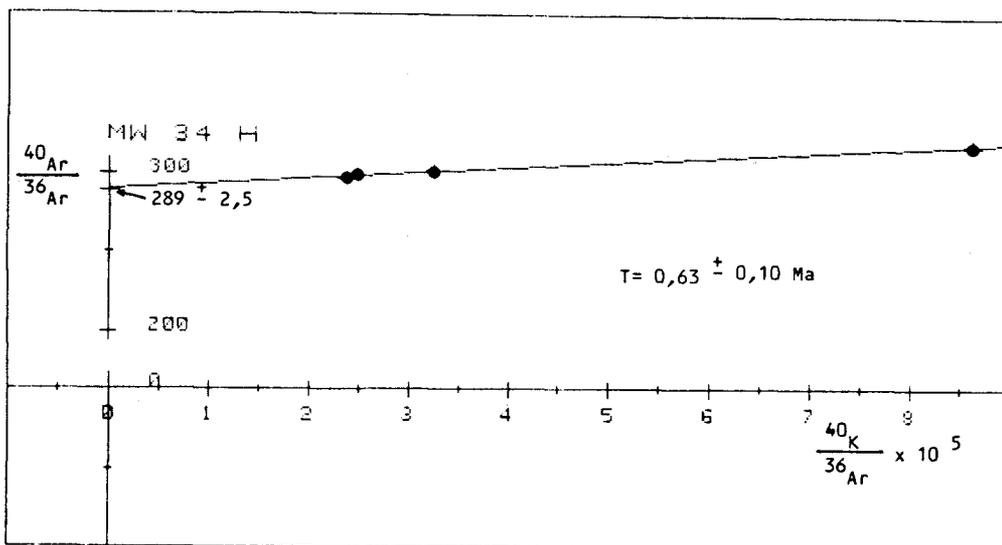
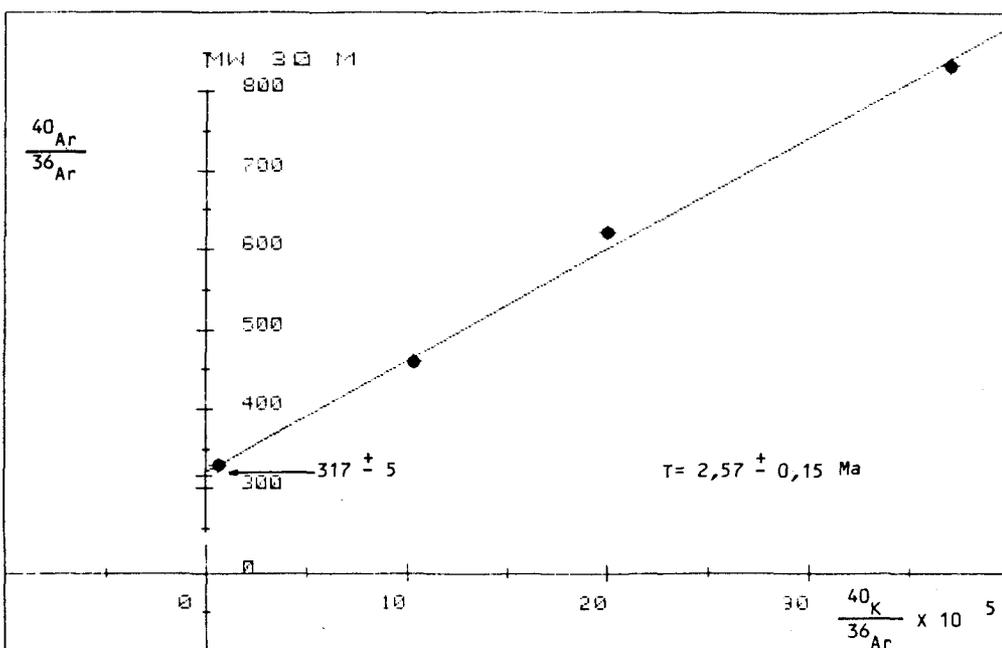


Fig. 3.- Données K/Ar pour la Martinique  
 a) carte de localisation des échantillons analysés (numéro croissant avec l'âge)  
 b) histogramme des résultats bruts.

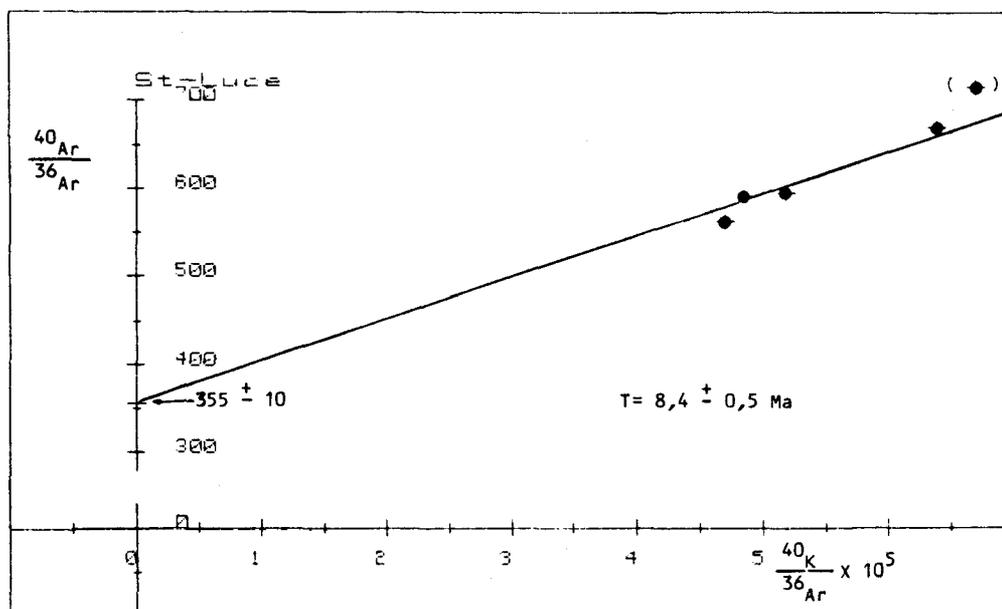
HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA MARTINIQUE



a



b



c

Fig. 4.- Isochrones sur roches totales et sur amphibole (cf. tableau 1)  
 a) le morne Bigot (roche totale; éch. 23)  
 b) le "dôme" ponceux de Rivière-Salée (roche totale; éch. 3)  
 c) la hornblende de l'andésite acide de Sainte-Lucie (éch. 62).

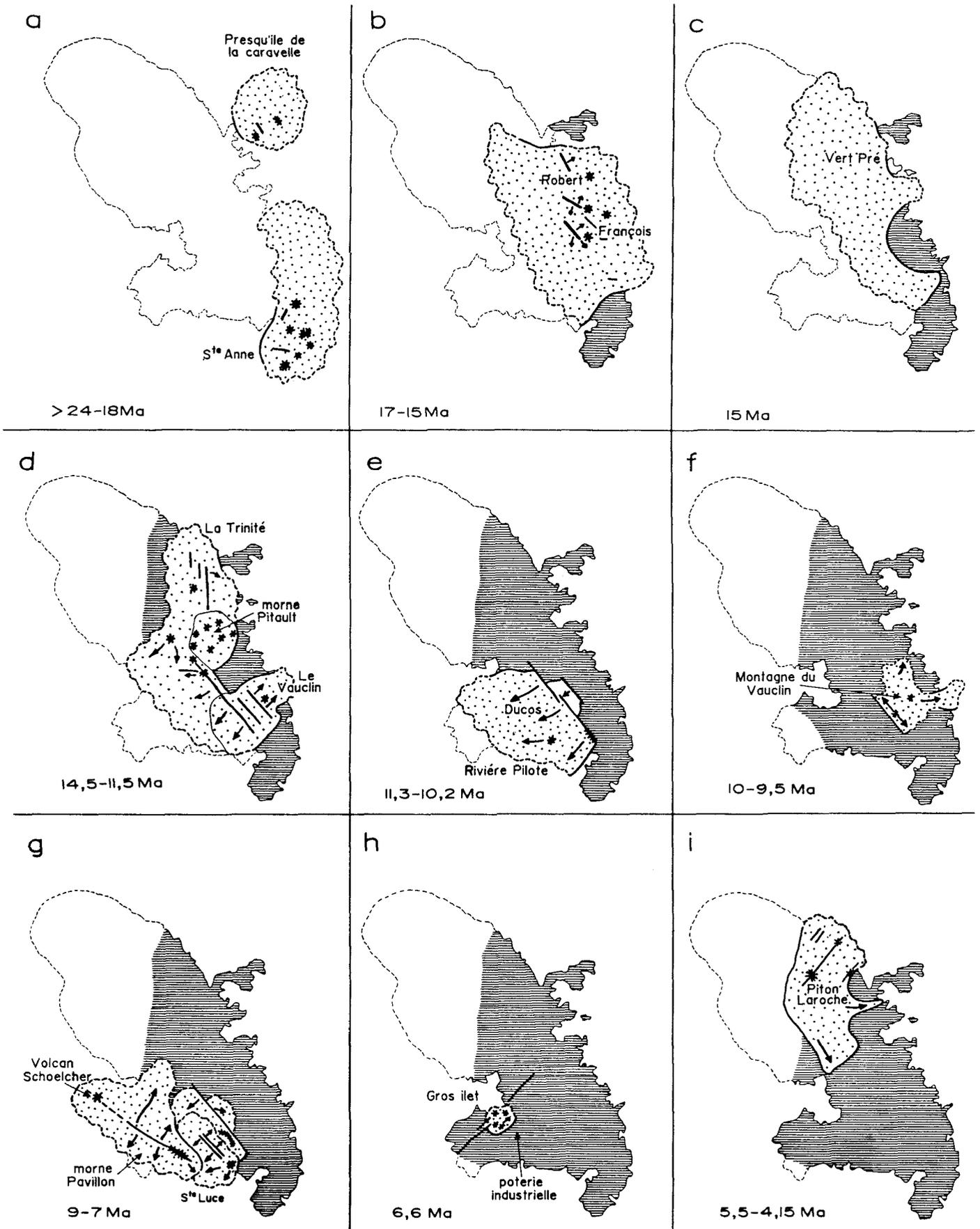
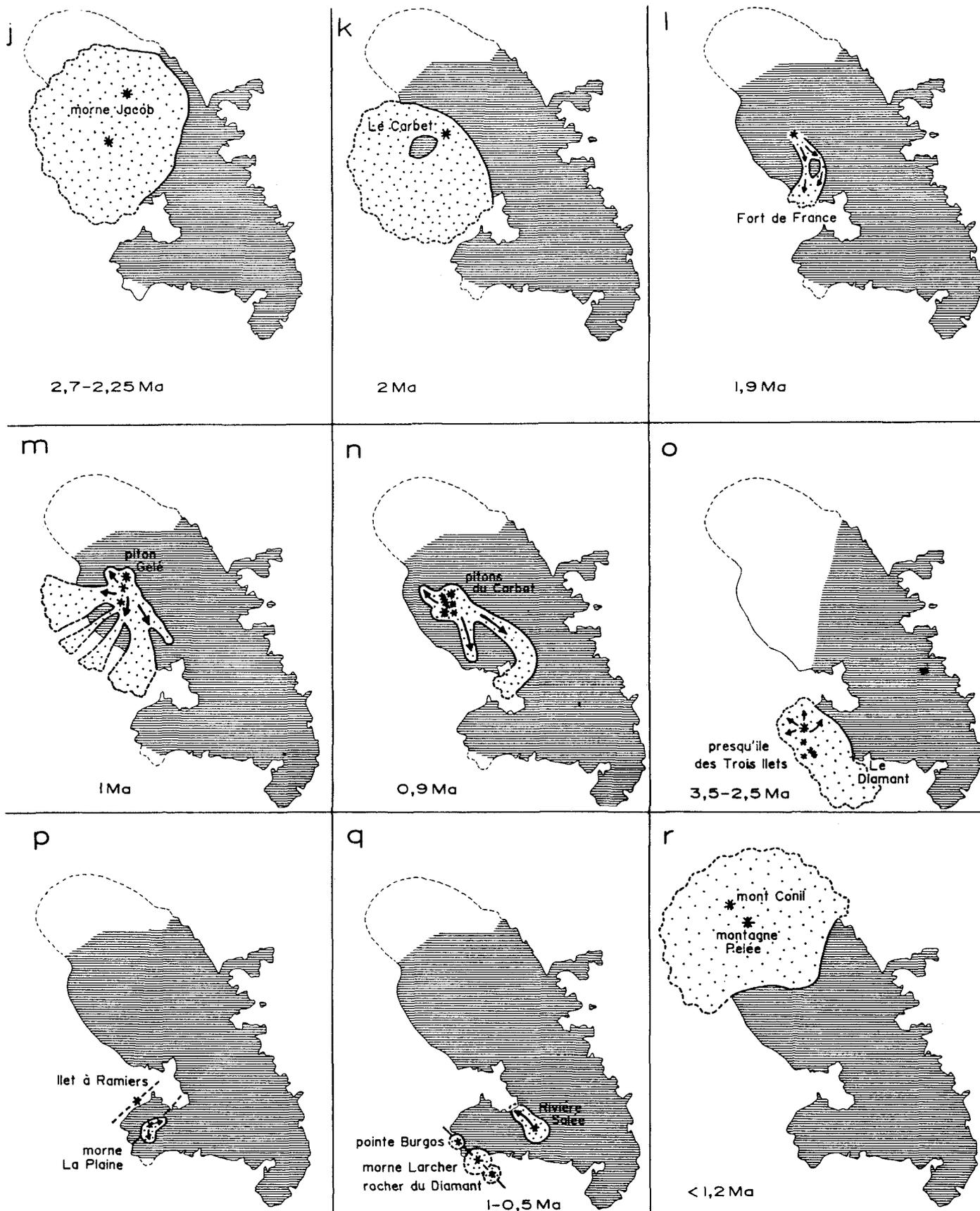


Fig. 5.- Schémas structuraux des principales phases d'activité volcanique en Martinique :

- a = complexe de base et série volcanique de Sainte-Anne ;
- b = la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault ;  
1 : l'épisode François-Robert
- c = la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault ;  
2 : les basaltes du Vert-Pré
- d = la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault ;  
3 : l'épisode majeur
- e = la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault ;  
4 : la phase de Rivière-Pilote

- f = la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault ;  
5 : l'épisode final de la montagne du Vauclin
- g = le volcanisme fissural du Sud et du Sud-Ouest martiniquais
- h = les dacites à grenat
- i = le volcan-bouclier du morne Jacob ;  
1 : la première phase  
2 : la deuxième phase



**k** = l'édifice du Carbet Ancien ;  
**l** = les coulées de lave de Fort-de-France ;  
**m** = le volcanisme des Pitons du Carbet ;  
 phase 1 : à hornblende et quartz  
 phase 2 : à quartz et biotite  
**n** = le volcanisme des Pitons du Carbet ;  
 phase 2 : à quartz et biotite  
**o** = les premiers volcans plio-pléistocènes de la presqu'île  
 des Trois-Îlets  
**p** = les andésites magnésiennes du morne La Plaine  
**q** = l'axe Pointe Burgos/rocher du Diamant et les dacites  
 à quartz de Rivière-Salée  
**r** = le mont Conil et la montagne Peïée.

1 - Secteur concerné par l'activité volcanique  
 a = extension des dépôts grossiers et/ou épais  
 b = limite observée  
 c = enveloppe extrapolée  
 d = centre éruptif  
 e = fissure d'émission (dyke)  
 f = direction d'écoulement (de lave massive et/ou pyroclastique)

2 - Substratum affleurant des produits volcaniques émis pendant la phase  
 volcano-structurale en question.

## 4 - Description des ensembles géologiques et chronologie (fig. 5)

### 4.1 - Le complexe de base (fig. 5a)

Le complexe de base martiniquais, entièrement de nature volcanique, affleure au niveau des presqu'îles de Sainte-Anne et de la Caravelle. Il s'agit essentiellement de coulées de lave massive et de tufs hyaloclastiques plus ou moins remaniés. L'ensemble est altéré, si bien que le seul âge numérique obtenu, sur une lave partiellement argilisée et calcitisée (éch. 85 = 20,40 ± 1 Ma) ne peut représenter qu'un âge minimal de mise en place. En effet, recouvert à la Caravelle par des calcaires de l'Oligocène supérieur et à Sainte-Anne par des calcaires attribués au Miocène tout à fait basal (voir plus loin), le complexe de base appartient bien à l'arc ancien (âge > 30 Ma), conformément à sa position géographique dans la partie orientale de l'île.

### 4.2 - Les calcaires de l'Oligocène supérieur

Ils ne sont représentés que par un affleurement restreint au morne Castagne, sur la retombée occidentale du complexe de base de la Caravelle. En lame-mince, les calcaires se présentent comme des biosparites à algues Mélobésiées, Amphistégines et grands foraminifères benthiques : *Miogypsina panamensis*, *Miogypsinoides complanatus* (1).

En dépit de sa rareté dans la région Caraïbe, et particulièrement dans les Petites Antilles où les seules références antérieures la concernant se rapportaient à Antigua (E. Robinson et K.M. Persad, 1983), à Carriacou (E. Robinson et P. Jung, 1972) et à un dragage sous-marin au SE de Barbuda (P. Andreieff *et al.*, 1979), *Miogypsinoides complanatus* peut être considérée comme un bon marqueur de l'Oligocène d'après le calibrage de son extension stratigraphique par les foraminifères planctoniques (P. Andreieff, 1985). Plus exactement, son association avec *Miogypsina panamensis* indique un intervalle comprenant la partie supérieure de la Zone à *Globorotalia opima* (2) et la Zone à *Globigerina ciperoensis*. Les calcaires du morne Castagne sont donc maintenant rapportés à l'Oligocène supérieur, c'est-à-dire à l'étage Chattien (C. Cavelier et C. Pomerol, 1983, W.A. Berggren *et al.*, 1985), et non plus au Miocène inférieur (P. Andreieff *et al.*, 1976).

### 4.3 - Les calcaires du Miocène inférieur basal

La sédimentation miocène débute en Martinique par des calcaires massifs, riches en algues Mélobésiées, Amphistégines et grands foraminifères benthiques, qui affleurent à la pointe de la presqu'île de la Caravelle et dans la presqu'île de Sainte-Anne (NE du Marin).

Les différents affleurements ont fourni des échantillons remarquablement homogènes du point de vue de leur faciès, qui rappellent d'ailleurs ceux des calcaires oligocènes du morne Castagne.

1) On suivra ici les conceptions de W.S. Cole (1957, 1961, 1964, 1967) sur la taxonomie et les synonymies des grands foraminifères.

2) L'échelle biozonale adoptée est celle de H.M. Bolli et J.B. Saunders (1985), légèrement modifiée.

L'association de grands foraminifères, caractérisée par de fréquentes *Miogypsina panamensis*, *Heterostegina antillea* et de plus rares *Lepidocyclina canellei*, s'en distingue surtout par l'absence des *Miogypsinoides*. Les organismes planctoniques ne sont pas représentés dans ces dépôts trop internes (arrière-récif), ce qui interdit toute attribution biostratigraphique définitive. Néanmoins, l'absence des *Miogypsinoides* (qui disparaissent dans les Caraïbes à la limite Oligocène-Miocène : P. Andreieff, 1985) et le degré d'évolution de la spire périebryonnaire des *Miogypsina* étudiées par J. Butterlin (1976) sur un échantillon provenant de la pointe de la Caravelle, suggèrent un âge Aquitanien inférieur.

C'est l'attribution que l'on retiendra ici. Elle signifie que cette phase de sédimentation calcaire s'est déroulée au tout début de l'époque Miocène, approximativement entre 23,7 Ma et 23 Ma.

La similitude des faciès de ces calcaires et de ceux de l'Oligocène supérieur, déjà notée plus haut, pourrait indiquer une sédimentation continue vers la limite Oligocène-Miocène. En tenant compte de la faible épaisseur des dépôts (inférieure à 50 m), cette hypothèse permettrait de restreindre sensiblement les "fourchettes" biostratigraphiques et chronométriques proposées pour ces deux premiers ensembles sédimentaires qui s'inscriraient alors dans un intervalle-temps de 1 Ma au maximum, entre l'Oligocène terminal (ca. 24 Ma) et le Miocène basal (ca. 23 Ma).

### 4.4 - Les tuffites de Macabou

La sédimentation calcaire continue en Martinique et va enregistrer un événement important de l'histoire géologique de l'île : la reprise de l'activité volcanique, qui va se traduire par l'arrivée massive de matériel volcanoclastique (des cendres riches en fragments de plagioclase libre) dans les aires de dépôts. Les tuffites de Macabou (et les calcaires tuffitiques équivalents du morne Sulpice et de l'habitation Malevaut), qui résultent de cette conjonction de phénomènes, affleurent à la périphérie ou couvrent certains reliefs de la presqu'île de Sainte-Anne. Ils se distinguent nettement des sédiments de l'Oligocène supérieur-Miocène basal, totalement dépourvus d'éléments détritiques. Les tuffites, riches en foraminifères planctoniques (parmi lesquels *Globorotalia kugleri*, *G. mayeri*, *Globigerinoides primordius*, *G. immaturus*) et benthiques (*Spiroclypeus bullbrooki*, *Miogypsina panamensis*, *Heterostegina antillea*, "*Operculinoides*" *panamensis*, *Lepidocyclina canellei*) (P. Andreieff *et al.*, 1976 ; J. Butterlin, 1984) sont rapportés à la partie supérieure de la Zone à *Globorotalia kugleri*. Cette attribution est logiquement étendue aux calcaires tuffitiques, qui n'ont pas fourni de microfaunes planctoniques caractéristiques mais dont l'association benthique est exactement identique à celle des tuffites de Macabou.

### 4.5 - Les calcaires inférieurs du morne Carrière et la série volcanique de Sainte-Anne

C'est au morne Carrière, à 2 km au NW de Macabou, que l'on dispose de la coupe la plus représentative intéressant les parties moyenne et supérieure du Miocène inférieur martiniquais (fig. 6a).

Les calcaires volcanoclastiques et tuffites calcaires qui en constituent les 40 m inférieurs paraissent semblables à ceux décrits ci-dessus. Ils avaient d'ailleurs été placés - ainsi que leurs équivalents reconnus au quartier Mancelle et aux alentours de l'habitation Malevaut - dans l'ensemble des "tuffites à Lépidocyclines de Macabou" (P. Andreieff *et al.*, 1976).

Leur microfaune est pourtant un peu différente: les *Spiroclypeus* ont disparu, les *Heterostegina* ne sont plus représentées que par de très rares fragments dans la partie basale de la coupe, et on note, à côté des espèces déjà citées (*Miogypsina panamensis*, *Lepidocyclina canellei*), des exemplaires intermédiaires entre "*O*" *perculinoides*" *panamensis* et "*O*" *cojimarensis*. D'autre part, les *Miogypsines* montrent une népionte "évoluée", avec une spire périembryonnaire composée de 7 loges au maximum, contre 11 à Macabou (cf. J. Butterlin, 1976). Enfin, les foraminifères planctoniques, communs dans certains niveaux, sont représentés par des *Globigerinoides trilobus* de grande taille, *G. ruber*, *Globoquadrina dehiscens*, *G. gr. altispira*, *Globorotalia mayeri*, *Globigerina praebulloides* et *Catapsydrax dissimilis*.

Ces données suggèrent que les calcaires inférieurs du morne Carrière sont biostratigraphiquement plus élevés que ceux de Macabou. Leur

position par rapport à l'échelle biozonale des foraminifères planctoniques ne peut néanmoins être déterminée exactement par ces seuls organismes: l'association identifiée n'indique en effet qu'un intervalle comprenant la Zone à *Catapsydrax dissimilis* et la Zone à *C. stainforthi*.

Cette imprécision peut pourtant être réduite à l'aide des grands foraminifères benthiques. Si les *Miogypsines* n'apportent pas d'indication supplémentaire, puisque leur degré d'évolution correspond à la même "fourchette" biostratigraphique que celle fournie par les foraminifères planctoniques (W.J. Clarke et W.H. Blow, 1969: *Miogypsina "tani"*, zones N5 et N6 de W.H. Blow, 1969), l'absence des *Spiroclypeus* et celle, virtuelle, de *Heterostegina antillea* signifierait en revanche la partie supérieure de l'intervalle (Zone à *C. stainforthi*). La présence d'exemplaires intermédiaires entre "*O*" *panamensis* et "*O*" *cojimarensis* est un autre argument en faveur de cette proposition, de telles formes étant considérées ici comme les pré-curseurs des "*O*" *cojimarensis* typiques, qui feront leur apparition dans la zone suivante (Zone à *Globigerinatella insueta*) (P. Andreieff, 1983, 1985).

Pour ces raisons, on admettra que les calcaires inférieurs du morne Carrière appartiennent à la Zone à *Catapsydrax stainforthi* plutôt qu'à la zone à *C. dissimilis*. Ceci est d'ailleurs en accord avec les données de terrain: aucune discontinuité majeure,

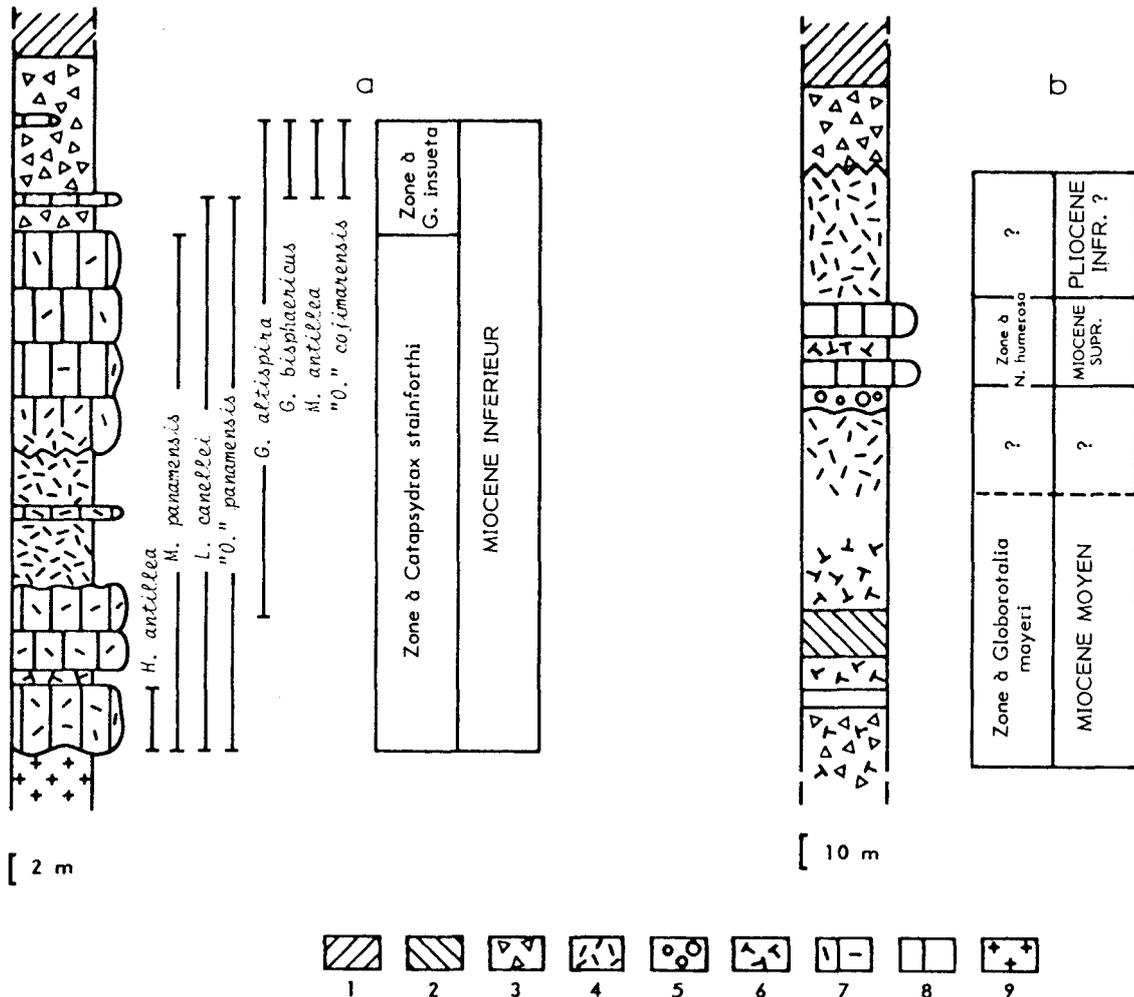


Fig. 6. - Coupes géologiques schématiques du morne Carrière (a) et de l'anse Dufour (b).  
 1 - Coulée de lave massive; 2 - Dyke; 3 - Hyaloclastites; 4 - Tuffite azoïque; 5 - Conglomérat polygénique;  
 6 - Tuffite fossilifère; 7 - Calcaire volcanoclastique; 8 - Calcaire; 9 - Substratum volcanique hydrothermalisé.

correspondant au hiatus de plus de 1 Ma qu'aurait impliqué une attribution à la zone à *Catapsydrax dissimilis*, n'a été observée entre ces calcaires et les "tufs" du Vauclin sus-jacents rapportés à la zone à *Globigerinatella insueta* (cf. paragraphe suivant).

On considèrera donc que les calcaires inférieurs du morne Carrière se sont déposés entre 19 et 17,5 Ma, âges estimés des limites de la Zone à *C. stainforthi*.

Après la reprise de l'activité volcanique vers 22 Ma (tuffites de Macabou), la série volcanique de Sainte-Anne représente la première manifestation importante résultant de l'activité de l'arc récent à la latitude de la Martinique (fig. 5a).

Elle débute par des phénomènes explosifs sous-marins qui déposent des hyaloclastites et brèches hétérogènes de type maar, localement riches en bois silicifiés arrachés avant silicification aux reliefs émergés de l'arc ancien, et connues sous le vocable de "tufs de Fond Moustiques". Elles sont recouvertes par des brèches de scories et des coulées basaltiques typiquement stromboliennes et recoupées d'intrusions (dômes, dykes) andésitiques à dacitiques. Ces laves, qui affleurent exclusivement sur le complexe de base, constituent une série de tholéiites d'arc typique (D. Westercamp, 1979 ; M. Escalant, 1988). Leur mise en place est contrôlée essentiellement par des fissures orientées W.NW-E.SE.

Quatre datations K/Ar ont été effectuées sur des échantillons appartenant à la série volcanique de Sainte-Anne. Les âges numériques obtenus varient de 36,4 à 18,1 Ma (éch. 88,86, 83,82). Les deux datations regroupées autour de 18,6 Ma conduisent à situer vers le milieu du Burdigalien la mise en place de la série. Les deux âges plus anciens (éch. 88 et 86) diffèrent, bien qu'obtenus sur des échantillons provenant du même affleurement. Ils présentent par ailleurs des teneurs anormalement basses en certains éléments-traces (J.L. Cheminée, 1973) ; nous ne les retiendrons donc pas.

Cette période recouvre presque exactement celle qui a présidé au dépôt des calcaires inférieurs du morne Carrière. La fraction volcanoclastique de ces derniers peut donc être attribuée à l'activité des volcans de Sainte-Anne.

#### 4.6 - Les calcaires de Sainte-Anne et les calcaires supérieurs du morne Carrière

Les calcaires supérieurs du morne Carrière s'intercalent à la base des produits relatifs à l'activité de la chaîne volcanique sous-marine du Vauclin-Pitault qui sera décrite ci-après. Ils se distinguent des membres de la série inférieure par l'absence des éléments volcanoclastiques et par une microfaune benthique renouvelée comprenant *Miogypsina antillea*, "*Operculinoides*" *cojimarensis* et *Archaias angulatus*. Les Lépidocyclines n'ont été identifiées que dans la barre calcaire inférieure où elles sont représentées par de rares *L. canellei*. La corrélation de cette association de grands foraminifères avec la Zone à *Globigerinatella insueta* est confirmée par les foraminifères planctoniques : *Globigerinoides bisphaericus*, *G. ruber*, *Globoquadrina dehiscens*, *G. altispira* (fig. 6a).

Vers le sud, les calcaires qui constituent les sommets des petits mornes du quartier Baréto à

Sainte-Anne, recèlent des microfaunes benthiques et planctoniques (*M. antillea*, "*O. cojimarensis*", *L. canellei*, *G. bisphaericus*, *G. altispira*) très comparables à celles qui caractérisent la séquence carbonatée supérieure (partie inférieure) du morne Carrière. Les calcaires massifs affleurant entre le morne Sulpice et le quartier Mancelle (nord du Marin), ceux de l'habitation Petit Versailles et de la pointe Dunkerque, montrent des litho- et biofaciès semblables : les seules différences notables sont l'absence des *Lepidocyclina* et la présence de rares *Miosorites americanus* à la dernière localité citée. On corrèle donc ces calcaires avec ceux de la partie terminale du morne Carrière.

Tous les gisements appartenant à cette dernière phase de sédimentation du Miocène inférieur sont donc rapportés à la Zone à *Globigerinatella insueta*. La présence de *Globigerinoides bisphaericus* et l'absence de *Praeorbulina sicana* suggère néanmoins que leur dépôt ne représente pas l'intégralité de la durée de cette zone, mais seulement un laps de temps que l'on peut situer approximativement dans ses 3/4 inférieurs, soit entre 17,4 et 16,6 Ma environ (fin du Burdigalien).

Pour ce qui concerne le calibrage de l'extension stratigraphique des grands foraminifères benthiques par les foraminifères planctoniques, les observations faites récemment dans l'île de Tintamarre (Saint-Martin) (cf. Andreieff *et al.*, ce numéro) sont confirmées ici : l'extinction du genre *Lepidocyclina* est quasiment synchrone de l'apparition de *Globigerinoides bisphaericus* et se produit donc dans la partie inférieure de la Zone à *G. insueta*, et non à sa limite supérieure comme on le pensait auparavant (P. Andreieff, 1985).

A Sainte-Anne, cet ensemble sédimentaire est le plus souvent transgressif sur des calcaires du Miocène basal mais peut recouvrir également les "tufs de Fond Moustiques" qui appartiennent au volcanisme de Sainte-Anne daté alentour de 18,6 Ma. D'autre part, les calcaires supérieurs du morne Carrière sont intercalés dans les hyaloclastites appartenant à la première phase volcanique de la chaîne sous-marine de Vauclin-Pitault pour laquelle on dispose d'âges K/Ar concordants de  $15,7 \pm 1$  et  $15,9 \pm 1$  Ma (éch. 80 et 81).

Ces valeurs absolues valident les données chronométriques estimées de la Zone à *Globigerinatella insueta* (particulièrement l'âge de sa limite supérieure), telles qu'elles apparaissent dans l'échelle de W.A. Berggren *et al.* (1985).

#### 4.7 - La chaîne volcanique sous-marine du Vauclin-Pitault

Si J. Giraud (1918) est le premier à avoir reconnu la nature sous-marine des laves de l'est martiniquais et B. Pelletier (1974) à les avoir décrites en détail, ce n'est que récemment que la structure, majeure à l'échelle de l'île, à laquelle elles appartiennent a été identifiée comme telle (D. Westercamp et H. Tazieff, 1980, fig. 37).

L'étroite association sur le terrain des dépôts d'origine volcanique et sédimentaire permet de reconnaître 5 phases éruptives séparées par des repos plus ou moins longs. Les relations stratigraphiques et les coupures chronologiques entre ces différentes unités sont résumées dans la figure 7.

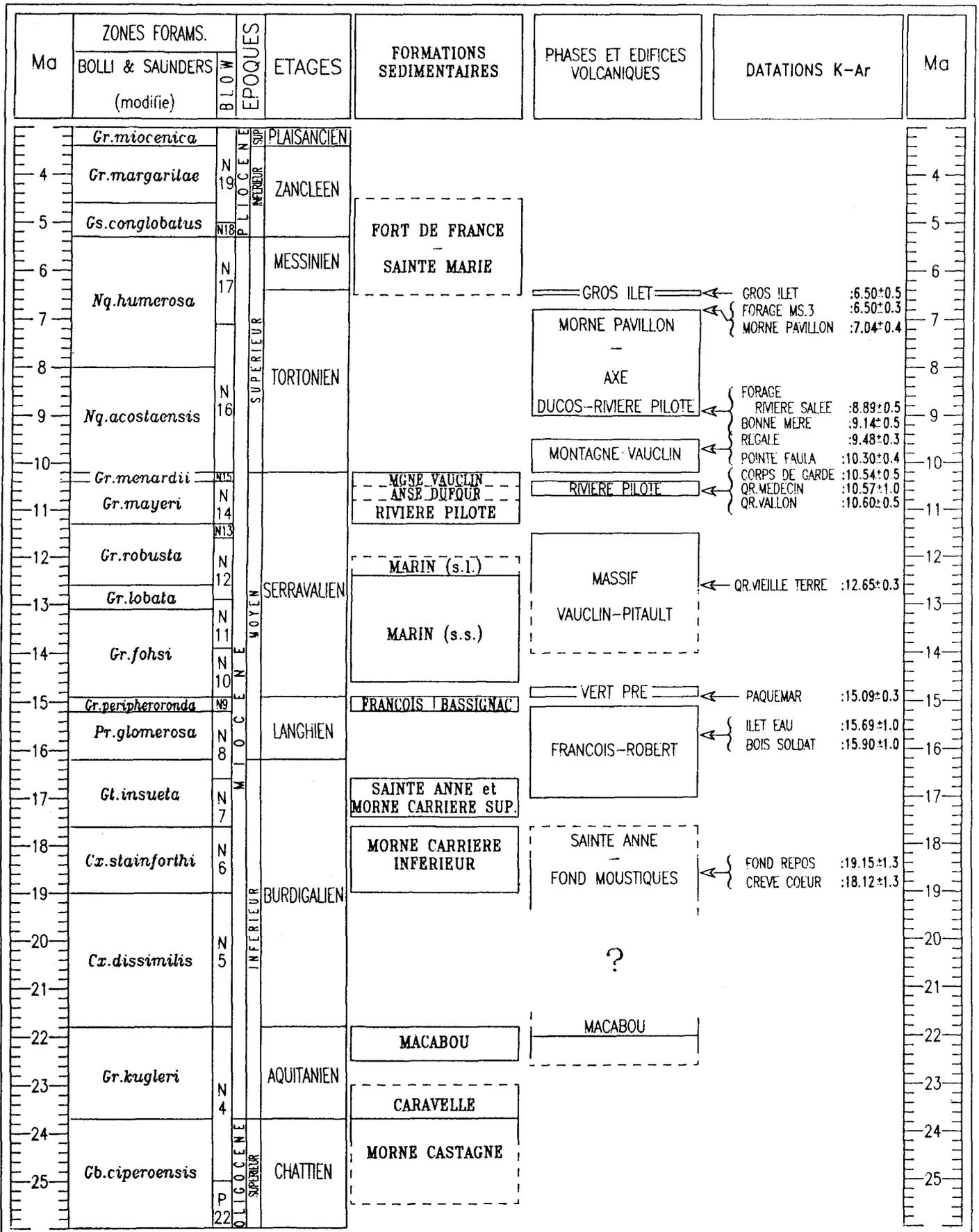


Fig. 7.- Stratigraphie et géochronologie des formations sédimentaires et édifices volcaniques de la Martinique entre l'Oligocène et le Pliocène.

La chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault s'étend du Marin au sud jusqu'aux contreforts méridionaux et orientaux du morne Jacob au nord, avec un prolongement probable sous le massif volcanique récent de la montagne Pelée (cf. D. Westercamp et H. Traineau, sous presse). Les données gravimétriques et magnétiques aéroportées (M. Feuillard *et al.*, 1980 ; A. Gérard *et al.*, 1979) situent les deux principaux môles du système à l'aplomb du morne Pitault et de la retombée septentrionale du morne Jacob.

#### 4.7.1 - Phase volcanique 1 : l'épisode François-Robert (fig. 5b)

Dans les régions limitrophes à ces deux bourgs affleurent tout un cortège de hyaloclastites plus ou moins grossières et remaniées, des coulées de lave souvent débitées en coussins, et des coulées de débris sous-marines (englobant paquets de tufs, coraux silicifiés, xénolites andésitiques variés et fragments de basalte juvénile figé). L'ensemble se met en place et est recoupé par des réseaux de dykes et de lames intrusives d'orientation quasi-exclusive NW-SE. Quelques appareils fissuraux particulièrement spectaculaires ont été reconnus dans la région du François : îlet Lavigne, lame composite d'Acajou-Bois Soldat, rocher Leclerc, pipes de l'îlet Oscar et d'Union Dostaly (B. Pelletier, 1974).

Trois datations K/Ar concernent cette première phase (éch. 81, 80, 52). Le dernier résultat ( $8,7 \pm 0,7$  Ma), obtenu à partir d'un échantillon situé dans un contexte fortement hydrothermalisé, ne peut être considéré comme fiable. Les deux premiers ( $15,9 \pm 1,0$  et  $15,7 \pm 1,0$  Ma), couplés au fait que les calcaires supérieurs du morne Carrière s'intercalent à la base de la séquence, et les tuffites de Bassignac (voir plus loin) vers son sommet, indiquent que l'activité volcanique s'est étalée dans le temps entre environ 17 et 15 Ma. La distribution géographique des éléments de datation actuellement disponibles suggère en outre qu'elle a pu migrer du sud (François) vers le nord (Robert) au cours de cet intervalle de temps.

#### 4.7.2 - Les calcaires du François et les tuffites de Bassignac

Aucun sédiment datant du Miocène moyen basal (Zone à *Praeorbulina glomerosa*) n'a été identifié à la Martinique du fait, très probable, de l'activité à cette époque des appareils de François-Robert. La sédimentation marine ne reprendra qu'à la fin de cette phase d'activité, dans les régions du François et de Bassignac.

Au François, les microfaunes planctoniques reconnues appartiennent à la Zone à *Globorotalia peripheroronda*. Cette attribution peut être étendue au gisement de Bassignac, malgré la présence d'une association planctonique à *Globigerinopsis aguasayensis*, *Globigerina woodi*, *Globorotalia mayeri*, *Globoquadrina dehiscens*, *Sphaeroidinellopsis disjuncta* et *Orbulina* qui nous avait d'abord suggéré une datation de la Zone à *Globorotalia fohsi* s.l. (P. Andreieff *et al.*, 1976, 1979).

En effet, tant au François qu'à Bassignac, les formations sédimentaires sont recouvertes par les produits de la phase volcanique 2, dont l'âge de  $15,09 \pm 0,30$  Ma (éch. 79) confirme l'attribution

biostratigraphique des calcaires du François et restreindrait celle de Bassignac à la Zone à *G. peripheroronda*. Dans ces conditions, l'extension stratigraphique de *Globigerinopsis aguasayensis*, mal connue à cause de la rareté des gisements de l'espèce, paraît devoir être sensiblement étendue vers le bas.

En définitive, cette première phase de sédimentation du Miocène moyen a été de très courte durée : encadrée par les épisodes de François-Robert et de la phase volcanique 2, elle s'est produite vers la fin du Langhien, durant une période correspondant, au maximum, à la durée totale de la Zone à *G. peripheroronda*, c'est-à-dire entre 15,2 et 14,9 Ma. Une fois encore, on remarquera l'excellente concordance entre la valeur K/Ar obtenue et l'âge estimé de la limite supérieure de la Zone à *G. peripheroronda*.

Notons enfin que cette attribution stratigraphique rejoint, dans une certaine mesure, celle proposée par les anciens auteurs pour le gisement de Bassignac, rapporté au passage Miocène inférieur - Miocène moyen d'après la riche macrofaune qui en a fait sa célébrité (A. Senn, 1940 ; L. Barrabé, 1955 ; J. Butterlin, 1956 ; H. Grunevald, 1965). En revanche, les conclusions d'une étude micropaléontologique récente (C. Julius et J.C. Pons, 1976), rajeunissant très sensiblement l'âge de ce gisement en le situant à la limite Miocène-Pliocène, ne peuvent être retenues.

#### 4.7.3 - Phase volcanique 2 : les basaltes du Vert-Pré (première phase effusive généralisée) (fig. 5c)

Un énorme ensemble de basalte porphyrique à olivine et clinopyroxène s'épanche sur la retombée occidentale des reliefs volcaniques et calcaires construits précédemment.

Il affleure de Sainte-Marie au nord, au morne Carrière au sud et jusqu'au Lamentin à l'ouest. Son développement est maximal alentour du Vert-Pré jusqu'à constituer un dôme morphologique qui rompt la pente régulière du flanc oriental du volcan bouclier du morne Jacob.

Deux datations K/Ar ont été réalisées sur des laves de cet ensemble (éch. 79 et 72). La position stratigraphique de ces basaltes entre des formations sédimentaires datées respectivement du Langhien supérieur et du Serravalién inférieur, restreindrait sa mise en place à l'intervalle 14-15 Ma.

La datation à  $15,1 \pm 0,3$  Ma (éch. 79), qui paraît la plus fiable (81% d'Ar radiogénique), permet de resserrer encore cet intervalle à 15,1-14,8 Ma.

#### 4.7.4 - Les calcaires du Marin

C'est dans la région du Marin que les dépôts carbonatés, qui marquent un ralentissement et des phases de repos volcanique dans l'activité de la chaîne, sont le mieux exprimés. Ils y constituent d'ailleurs la formation sédimentaire la plus étendue de l'île.

Parmi les affleurements de la partie moyenne du Miocène moyen datables avec précision par leurs microfaunes planctoniques, le plus ancien, une

tuffite marneuse, se situe au nord de Rivière-Pilote, au quartier Baudelle. L'association, qui comprend *Globorotalia peripheroacuta*, *G. mayeri*, *Globigerinoides ruber*, *Orbulina suturalis*, appartient à la partie inférieure de la Zone à *Globorotalia fohsi*.

Puis se développe l'épaisse (150 m) série des calcaires et tuffites du Marin, dont les riches microfaunes planctoniques illustrent la suite de la succession biozonale basée sur les *Globorotalia* du groupe *fohsi* (H.M. Bolli, 1967) :

– partie supérieure de la Zone à *Globorotalia fohsi*, avec *G. peripheroacuta* et *G. praefohsi* ;

– Zone à *Globorotalia lobata*, qui voit l'apparition du marqueur zonal ;

– enfin, partie inférieure de la Zone à *G. robusta*, caractérisée par le développement de *G. fohsi* (*sensu* W.H. Blow et F.T. Banner, 1966), l'existence d'exemplaires intermédiaires entre *G. lobata* et *G. robusta*, et l'apparition de *Sphaeroidinellopsis multiloba* (H.M. Bolli et J.B. Saunders, 1981).

Cette formation est donc bien définie en terme de biostratigraphie des foraminifères planctoniques : elle correspond aux zones à *G. fohsi*, *G. lobata* et à la partie inférieure de la Zone à *G. robusta*, autrement dit à un intervalle de temps compris entre 14,9 (valeur confirmée par l'âge des basaltes de la phase volcanique 2 ; cf. *supra*) et environ 12,6 - 12 Ma. En fait, cette dernière "fourchette" peut être réduite si l'on considère l'âge des dépôts volcaniques, attribués au massif du Vauclin (éch. 73 : 12,65 ± 0,3 Ma), qui surmontent les tuffites du Marin.

On en conclut alors que l'ensemble sédimentaire du Marin (*s.s.*) s'est déposé au cours du Serravalien inférieur, pendant environ 2,5 Ma, entre 14,9 et 12,6 Ma.

Les différents gîtes calcaires de la chaîne du Vauclin - à l'exception des affleurements du quartier Baudelle évoqués plus haut - n'ont fourni que des microfaunes, essentiellement benthiques et peu caractéristiques ("*Operculinoides*" *cojimarensis*, Amphistégines), mais néanmoins très comparables à celles reconnues dans les niveaux calcaires du Marin *s.s.* Leur position stratigraphique par-dessus l'ensemble du Marin, et le fait qu'une grande partie du volcanisme du massif du Vauclin y soit intercalée, suggèrent qu'ils sont biostratigraphiquement un peu plus récents que les tuffites du Marin *s.s.*

On admettra donc, en prenant en compte la durée estimée de l'épisode volcanique terminal du massif du Vauclin (de l'ordre de 1 Ma), que l'ensemble du Marin *s.l.*, qui inclut ces derniers gîtes calcaires, s'est déposé entre 14,9 et environ 12,0 Ma.

#### 4.7.5 - Phase volcanique 3 : les massifs du Vauclin et du Pitault *s.s.* ; les appareils de la Trinité et du Lamentin (fig. 5d)

Au cours de cette phase, la plus importante de la chaîne, l'activité volcanique se concentre au sein de quatre secteurs géographiques assez bien délimités. Elle est toujours caractérisée par l'émission de hyaloclastites (plus ou moins

remaniées en tuffites et classiquement décrites sous le vocable de "tufs du Vauclin"), de coulées de lave massives plus ou moins débitées en prismes polygonaux, de laves en coussins et de dykes parfois en réseaux très serrés.

La mise en place du massif du Vauclin reste sous le contrôle étroit d'une fissuration NW-SE du substratum. Sur les deux datations K/Ar disponibles (éch. 84 et 73) seul l'âge numérique de 12,65 ± 0,30 Ma présente des garanties suffisantes de fiabilité pour être retenu. Allié aux données micropaléontologiques, il suggère que le massif du Vauclin a pu s'édifier pendant une grande partie du Serravalien. Le résultat de l'analyse 73 montre que la concentration en argon radiogénique est beaucoup trop faible par rapport à la contamination atmosphérique pour que la détermination soit retenue.

Le morne Pitault est un ensemble hyaloclastique entièrement palagonitisé, recoupé, par un système complexe d'intrusions variées en nature et direction. Il n'est donc pas étonnant que les deux datations K/Ar concernant cet ensemble (éch. 50 et 21) affichent des valeurs numériques incompatibles avec des âges de mise en place, compte-tenu des contraintes imposées par ailleurs (données de terrain et âges K/Ar des édifices plus récents).

En revanche, pour les centres éruptifs de la région de Lamentin, dont certains sont ouverts directement à flanc du morne Pitault, les âges K/Ar sont bien groupés autour de 13 Ma (éch. 75, 74 et 71), mis à part un dyke E-W au nord de Ducos (éch. 61, très peu radiogénique).

Les centres éruptifs hyaloclastiques et les dykes de la Trinité, étroitement placés sous le contrôle d'une tectonique N-S, apparaissent sur le terrain comme le prolongement vers le nord du système volcanique du morne Pitault. Un de ces dykes (éch. 70) est daté à 11,62 ± 0,20 Ma.

L'ensemble de ces données suggère que la phase volcanique 3 de la chaîne sous-marine de Vauclin-Pitault s'est déroulée dans l'intervalle 14-14,5 et 11,5 Ma. L'activité volcanique, plutôt réduite en fréquence et volume de lave émis à son début (période de dépôt des calcaires du Marin *s.s.*), s'exprime ensuite largement à partir de 13 Ma.

#### 4.7.6 - Les calcaires et tuffites de Rivière-Pilote, la phase volcanique 4 dite de Rivière-Pilote et les calcaires et tuffites de la montagne du Vauclin (fig. 5c)

On regroupe ici, du fait de leur caractère disséminé et d'une même identité biostratigraphique, les formations sédimentaires qui précèdent (calcaires et tuffites de Rivière-Pilote), accompagnent (tuffites de l'anse Dufour à Sainte-Marie) et succèdent à (calcaires et tuffites de la montagne du Vauclin) la phase volcanique effusive de Rivière-Pilote.

Cette dernière, toujours placée sous le contrôle d'une tectonique NW-SE, affecte la retombée occidentale de la chaîne. Après un début marqué par la mise en place de faciès sous-marins typiques (hyaloclastites, coulées en coussins) dans la région de Rivière-Pilote, les coulées de lave massive envahissent le secteur sud-ouest de l'île, notamment

l'actuelle presqu'île des Trois-Ilets, pour se concentrer finalement au niveau de Sainte-Luce.

Les laves émises, d'abord des basaltes et andésites basiques à clinopyroxène et olivine, évoluent vers des andésites porphyriques plus ou moins acides à deux pyroxènes. L'ensemble constitue une série calco-alkaline modérément potassique évoluant sous faible pression d'eau ; on retrouve là un comportement plutôt classique des tholéiites (M. Escalant, 1988).

Neuf datations K/Ar ont été réalisées sur des laves de cet ensemble (éch. 87, 78, 69, 66, 65, 64, 60, 59, 53). Mis à part les résultats des deux premiers échantillons, totalement incompatibles avec l'âge des calcaires de Rivière-Pilote sous-jacents et parfois en contact direct (Rocher Zombi), les âges numériques obtenus apparaissent relativement homogènes ( $11,35 \pm 1,00$  à  $8,82 \pm 0,70$  Ma). Les contraintes biostratigraphiques que nous allons maintenant examiner permettent par ailleurs de situer la mise en place des laves de cette phase volcanique dans l'intervalle 11,3 - 10,2 Ma. En conséquence les trois âges numériques remarquablement groupés autour de 10,55 Ma (éch. 66, 65 et 64) datent cet ensemble volcanique.

Dans les environs de Rivière-Pilote (Rocher Zombi, quartier Josseaud), les sédiments sous-jacents aux brèches et coulées volcaniques sont attribuables à la Zone à *Globorotalia mayeri*, grâce à l'association du marqueur zonal et de *Globigerina nepenthes*. Le faible degré d'évolution de cette dernière espèce et la présence, en plus grand nombre, d'exemplaires intermédiaires entre *Globigerina druryi* et *G. nepenthes* suggèrent la partie inférieure de la zone, comme l'impliquerait d'ailleurs l'âge du volcanisme sus-jacent à ces dépôts. Le sondage SMA 3 (B.R.G.M.) de Grand Fond, au Marin, a recoupé la succession stratigraphique décrite ci-dessus : faisant suite, dans le sens du forage, aux brèches de Rivière-Pilote, des tuffites fossilifères de la Zone à *G. mayeri* ont été traversées entre 19 et 39 m.

Certaines formations volcaniques, toujours attribuées à la phase effusive de Rivière-Pilote, sont recouvertes, dans la montagne et à la pointe du Vauclin, par des tuffites et calcaires volcanoclastiques datés des zones à *G. mayeri* et *Globorotalia menardii*. C'est ainsi qu'au quartier La Boissière (montagne du Vauclin) une microfaune de foraminifères benthiques ("*Operculinoides*" *cojimarensis*) et planctoniques (*G. mayeri*, *Globigerina nepenthes*) indique la zone à *G. mayeri*. Une association très comparable, à la différence près que *G. mayeri* n'y est plus représentée, est reconnue dans les tuffites de la pointe du Vauclin qui sont donc rapportées à la Zone à *G. menardii*.

Au sud de Sainte-Marie, les tuffites calcaires qui affleurent en bordure de mer autour de l'anse Dufour (fig. 6b) contiennent de très riches microfaunes planctoniques de la Zone à *G. mayeri* et peuvent donc être considérées comme virtuellement contemporaines des calcaires et tuffites du secteur Marin-Vauclin. Dans ces conditions, les niveaux hyaloclastiques intercalés vers leur base appartiennent bien à la phase volcanique de Rivière-Pilote.

Pour conclure, on dira que ce dernier ensemble sédimentaire du Miocène moyen, rapporté aux

zones à *G. mayeri* et *G. menardii*, s'est déposé à la fin du Serravalien, entre 11,3 et 10,2 Ma, valeurs respectives de la base et du sommet des deux zones concernées. Ce laps de temps, qui constitue évidemment un maximum, ne doit pourtant pas être trop surestimé si l'on tient compte d'une part de l'épaisseur des dépôts (une centaine de mètres à l'anse Dufour), et d'autre part au fait que des sédiments appartenant à la même Zone à *G. mayeri* ont été repérés de part et d'autre d'une phase volcanique dont la durée peut raisonnablement être estimée à un minimum de 0,2 Ma, compte-tenu de son ampleur.

#### 4.7.7 - Phase volcanique 5 : l'épisode final de la montagne du Vauclin (fig. 5f)

L'activité finale de la chaîne sous-marine de Vauclin-Pitault intéresse à nouveau le cœur du massif du Vauclin ; elle marque donc un recul du front volcanique vers l'est. Deux axes de fissuration NW-SE sont actifs qui émettent hyaloclastites et coulées de lave essentiellement sous forme d'andésites aphyriques, et de basaltes à olivine et clinopyroxène.

Quatre datations K/Ar sont disponibles pour cet ensemble (éch. 76, 68, 63, 58). Les contraintes imposées par l'appartenance biostratigraphique des calcaires sous-jacents et par l'âge des laves de la phase de Rivière-Pilote (cf. *supra*) conduisent à retenir une période de fonctionnement incluant les deux valeurs les plus récentes, c'est-à-dire l'intervalle 10,0-9,5 Ma. Rien ne permet cependant d'écarter l'âge de  $11,09 \pm 0,3$  Ma, l'échantillon 68 apparaissant, en lame mince, tout à fait sain.

#### 4.8 - Le volcanisme fissural du sud et du sud-ouest martiniquais

Après le retour momentané de l'activité volcanique dans la zone axiale de l'île, les centres d'émission, toujours alignés NW-SE, vont percer à nouveau le flanc oriental de la chaîne volcanique de Vauclin-Pitault (axe Ducos-Rivière-Pilote) et se déplacer progressivement vers l'ouest, pour occuper finalement le cœur de la presqu'île des Trois-Ilets au niveau du morne Pavillon (fig. 5g). Les laves émises, sous forme de coulées massives, sont essentiellement des andésites porphyriques à deux pyroxènes. Elles appartiennent à une série calco-alkaline moyennement potassique (M. Escalant, 1988) qui s'enrichit de plus en plus avec le temps en éléments radiogéniques. Sur ce point les laves du morne Pavillon sont tout-à-fait exceptionnelles (J. Davidson, 1986).

Les datations K/Ar permettent de chiffrer ce déplacement : les laves de l'axe Ducos-Rivière-Pilote (éch. 57 et 54) sont bien datées vers 9,0 Ma, et celles du morne Pavillon (éch. 55, 51 et 46) bien calées sur le plan chronologique entre  $8,39 \pm 0,40$  et  $7,04 \pm 0,40$  Ma. L'âge du volcanisme intermédiaire de Sainte-Luce a été approché par la datation de deux hornblendes (éch. 77 et 62), provenant du faciès magmatique dominant. Les âges numériques conventionnels ne se recouvrent pas. L'un ( $14,3 \pm 0,3$  Ma) apparaît trop élevé compte-tenu des contraintes de terrain et des datations K/Ar disponibles par ailleurs. L'autre ( $8,4 \pm 0,5$  Ma), obtenu par "isochrone" (cf. fig. 4c), correspond en revanche à la position intermédiaire attendue. Le rapport initial  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ , égal à 355 dans ce dernier

cas (pour 295,5 dans l'air), révèle un excès d'argon dans ces hornblendes qui explique la valeur trop élevée mesurée pour l'échantillon 77.

On rattache à cette phase d'activité, sur critères biostratigraphiques, le petit relief sous-marin situé à l'ouest de Fort-de-France, dans l'axe du système fissural du morne Pavillon, qui est décrit comme le "volcan sous-marin de Schoelcher" (Ph. Bouysse *et al.*, 1985). Il en sera de même, sur critère radio-métrique cette fois, des coulées massives en position stratigraphique basse du secteur de Fort-de-France (éch. 49 et 43), qui présentent les mêmes caractéristiques pétrographiques que leurs homologues du morne Pavillon.

#### 4.9 - Le volcanisme à grenat du Gros-Ilet, baie de Fort-de-France (fig. 5h)

Ce volcanisme très ponctuel, puisqu'il est limité au secteur sud-est de la baie de Fort-de-France (îlets et rivage), est illustré par des dômes et coulées de lave massifs et par les restes d'un petit anneau pyroclastique, constitués de dacite porphyrique à quartz, biotite et grenat. Plusieurs datations K/Ar ont été réalisées sur roche totale, plagioclase et biotite (éch. 42,44, 44bis et 45). Les résultats sont bien regroupés autour de  $6,56 \pm 0,10$  Ma que l'on considérera donc comme l'âge de mise en place.

A bien des égards, ces laves sont exceptionnelles par :

- leur paragenèse minérale, qui indique des températures de cristallisation modérée ( $850^\circ - 680^\circ\text{C}$ ) à des pressions de l'ordre de 3kb (10 km de profondeur) (R.C. Maury *et al.*, 1985) ;

- leur composition géochimique, et plus spécifiquement leurs teneurs en éléments radiogéniques (Sr, Pb), les plus élevées qui soient connues dans l'arc (J. Davidson, 1986) ;

- le contrôle structural de leur mise en place, une faille NE-SW, transverse à l'allongement de l'île et de l'arc qui jouera épisodiquement (D. Westercamp, 1976b).

#### 4.10 - Les tuffites et calcaires de Fort-de-France et de Sainte-Marie

Suivant le scénario désormais habituel, la sédimentation calcaire recommence dès la récession du volcanisme : des calcaires et tuffites vont se déposer dans les régions de Fort-de-France et de Sainte-Marie. A cette dernière localité, ils font suite, par l'intermédiaire d'une épaisse passée conglomératique, aux tuffites de l'anse Dufour, d'âge Miocène moyen (fig. 6b).

Que ce soit à Sainte-Marie ou Fort-de-France, les riches microfaunes planctoniques recueillies dans les tuffites sont très homogènes et indiquent la Zone à *Neogloboquadrina humerosa*. Plus exactement, la présence d'espèces telles *Sphaeroidinellopsis sphaeroides*, *Globigerinoides canimarensis* et, surtout, *Globorotalia gr. juanaici-baoensis*, suggère qu'il s'agit ici de la partie supérieure de la zone. Ceci confirme, en la précisant, l'opinion de C. Julius et J.C. Pons (1975) qui placent les tuffites de Sainte-Marie à la limite Miocène-Pliocène.

Dans ces conditions, on aurait ici une nouvelle indication que l'échelle de W.A. Berggren *et al.* est bien applicable à la Martinique. En effet, dans le sondage MS.3 (B.R.G.M.), implanté près de Fort-de-France (rivière Monsieur), ces tuffites reposent sur une coulée andésitique datée à  $6,5 \pm 0,3$  Ma (éch. 43), valeur qui correspond effectivement à l'âge estimé de la partie médiane de la Zone à *N. humerosa*.

Il est en outre établi que la sédimentation carbonatée a persisté jusqu'au Pliocène inférieur dans la région de Fort-de-France : dans ce même forage MS.3, un autre niveau de tuffites fossilifères, carotté une vingtaine de mètres plus haut, recèle une microfaune comprenant notamment *Globigerinoides conglobatus*, *G. canimarensis*, *Globorotalia praemiocenica* et de rares exemplaires de *G. gr. margaritae-cibaoensis*. Cette association, qui est connue à l'intérieur d'un intervalle de temps compris entre 5,3 et 4,5 Ma (W.A. Berggren *et al.*, 1983), peut donc être rapportée à la "Zone à *Globigerinoides conglobatus*".

Le niveau fossilifère signalé ci-dessus est intercalé dans une série de tuffites terrigènes comparables à celles qui surmontent les tuffites de la Zone à *N. humerosa* de Sainte-Marie. On peut alors supposer, bien qu'aucun contrôle biostratigraphique ne soit possible dans ces tuffites azoïques, que la sédimentation marine s'est prolongée jusqu'au Pliocène inférieur dans la région de Sainte-Marie comme dans celle de Fort-de-France.

On admettra donc que le dépôt des tuffites de Fort-de-France et de Sainte-Marie s'est effectué pendant une période maximale de 2 Ma, entre 6,5 (âge du "plancher" andésitique) et 4,5 Ma. Dans l'échelle standard, ce laps de temps correspond aux étages Messinien et Zancéen (partie inférieure).

#### 4.11 - Le volcan-bouclier du morne Jacob

Après la période de repos longue d'environ 1 Ma qui marque le passage Miocène/Pliocène, l'activité volcanique va reprendre en Martinique sur la retombée septentrionale du "compartiment" géographique actif au Miocène.

Le front volcanique va sauter à l'est de quelque 20 km et se retrouver dans la position (par rapport à l'allongement de l'arc) qu'il occupait 10 Ma auparavant, au début de l'édification de la chaîne sous-marine de Vauclin-Pitault. Le plus vaste édifice de l'île - le volcan-bouclier du morne Jacob - va s'édifier. De même que la nature des magmas, le régime des contraintes tectoniques a fondamentalement changé puisque les premiers produits laviques montent le long de fissures orientées ENE-WSW. Des hyaloclastites et des coulées de lave massive, d'abord basaltiques à olivine et clinopyroxène et de tendance tholéiitique, puis andésitiques à deux pyroxènes et de tendance calcalcaline, se mettent en place. Au fur et à mesure de l'édification du volcan, le centre éruptif principal se déplace vers l'ouest jusqu'à occuper une position proche de l'actuel morne Jacob. Quelques nuées ardentes de type "St Vincent - 1902" sont intercalées dans les produits effusifs. Cette période d'activité explosive semble bien se situer entre deux phases principales d'édification du volcan, assez nettement séparées dans le temps.

*Première phase effusive* (fig. 5i) : deux échantillons ont été prélevés dans les coulées de base du volcan (éch. 40 et 39). Seul le premier donne un âge numérique ( $5,87 \pm 0,40$  Ma) compatible avec la date de mise en place, car l'analyse du deuxième est trop peu radiogénique pour être exploitable. Les contraintes biostratigraphiques apportées par les tuffites sous-jacentes de Sainte-Marie, conduisent à se placer plutôt dans la partie haute de la fourchette d'erreur. On retiendra donc un âge de 5,5 Ma pour dater le début du fonctionnement du morne Jacob. Plusieurs résultats concernent la suite de l'activité volcanique (éch. 38, 37, 36 et 34), ils sont bien groupés autour de  $4,15 \pm 0,15$  Ma, date vers laquelle on situera la fin de la première phase effusive.

*Deuxième phase effusive* (fig. 5j) : cinq coulées bien réparties sur l'ensemble du volcan sont datées (éch. 29, 26, 25, 24, 19). Les âges numériques obtenus sont homogènes et suggèrent une mise en place pendant un laps de temps extrêmement bref, entre  $2,68 \pm 0,17$  Ma et  $2,25 \pm 0,15$  Ma.

#### 4.12 - Le complexe volcanique des Carbet

On regroupe au sein d'un vaste volcan composite les formations volcaniques qui se sont mises en place au cours du Pléistocène sur le flanc occidental du volcan-bouclier du morne Jacob, à l'aplomb des actuels pitons du Carbet. L'activité volcanique, qui poursuit son déplacement vers l'ouest au sein du compartiment martiniquais central, va radicalement changer de style. Trois systèmes volcaniques vont se superposer.

##### 1 - L'édifice péleén du Carbet Ancien (fig. 5k)

Ce premier volcan composite est surtout connu grâce aux dépôts situés à sa périphérie, car l'édifice lui-même a été détruit en très grande partie lors des événements ultérieurs. Ses formations des faciès de retombée plinienne, des coulées de ponces, des nuées ardentes de différents types, sont composées d'andésite claire à orthopyroxène dominant sur le clinopyroxène, indiquant une grande ressemblance avec l'activité de la montagne Pelée. Les importants dépôts de lahars et de coulées de débris, qui affleurent entre Fort-de-France et le Carbet, sont à lier aux phénomènes de destruction du volcan (effondrements sectoriels).

Deux blocs de lave issus du strato-volcan du Carbet Ancien ont été datés de  $1,9 \pm 0,3$  et  $2,1 \pm 0,1$  Ma (éch. 18 et 15). Les contraintes chronologiques apportées par les formations sus- et sous-jacentes restreignent sa mise en place sur quelques centaines de milliers d'années tout au plus (à titre de comparaison la montagne Pelée a moins de 400.000 ans, voir plus loin), autour de 2,0 Ma.

##### 2 - Les coulées de lave de Fort-de-France (fig. 5l)

Une phase effusive de grande ampleur prend le relais de l'activité explosive du Carbet Ancien. Des coulées de lave massive d'andésite sombre à deux pyroxènes descendent de la région des pitons centraux et envahissent le secteur de Fort-de-France. Ces laves appartiennent à une série calco-alcaline moyennement potassique (M. Escalant, 1988). L'orientation des fissures émissives n'est pas connue.

Trois échantillons sur les quatre analysés de ces coulées (éch. 28, 16, 14, 13) présentent des âges numériques bien groupés autour de  $1,9 \pm 0,1$  Ma, valeur que l'on retiendra comme âge de mise en place.

#### 3 - Le volcanisme des Pitons du Carbet

Avec la mise en place du spectaculaire complexe de dômes des Pitons du Carbet, va s'achever l'activité volcanique du compartiment central de la Martinique. Deux cycles éruptifs se succèdent, associant aux dômes sommitaux, des nuées ardentes, des coulées de ponces, et des formations de remaniement, dont les dépôts dessinent tout un réseau de paléovallées dans le triangle Fort-de-France - Saint-Pierre - Saint-Joseph. Les laves du premier cycle (fig. 5m) sont des andésites et dacites à hornblende et quartz, celles du second (fig. 5n) des andésites et dacites à quartz et biotite (D. Westercamp, 1972, 1976a). Elles appartiennent à une série calco-alcaline modérément potassique (M. Escalant, 1988) mais relativement enrichie en éléments radiogéniques (Sr, Pb) (J. Davidson, 1986).

Les études pétrologiques et minéralogiques détaillées de ces laves et des enclaves congénères basaltiques qu'elles englobent (P. D'Arco *et al.*, 1981; C. Coulon *et al.*, 1984) confirment qu'elles sont le résultat de mélanges magmatiques imparfaits entre un pôle dacitique et un pôle basique représenté par les enclaves. Ces phénomènes se situent dans un contexte de réactivation de chambre magmatique sub-cristallisée, celle à l'origine du volcan péleén du Carbet Ancien et des andésites de Fort-de-France (D. Westercamp, 1979). L'éruption en surface apparaît bien contrôlée par un réseau de failles orientées NW-SE. Dans le même temps, toute la région est soulevée de plusieurs dizaines à quelques centaines de mètres selon les secteurs.

Plusieurs datations concernent la première phase éruptive. Une seule datation parmi les quatre échantillons analysés (éch. 48, 30, 20 et 7) peut être utilisée (éch. 7); le résultat ( $1,06 \pm 0,10$  Ma) est compatible avec l'âge des formations sous-jacentes (éch. 28, 19, 16, 14 et 13). Les autres analyses sont soit trop peu radiogéniques, soit présentent visiblement un excès d'argon (hornblende) pour être retenues.

Deux âges numériques concernent la deuxième phase éruptive. Les résultats sont dispersés :  $1,23 \pm 0,06$  et  $0,86 \pm 0,10$  Ma (éch. 10 et 5). Du fait que l'analyse de la biotite (éch. 10) est relativement peu radiogénique compte-tenu de sa teneur en potassium, seul l'âge de la roche totale (éch. 5) sera retenu pour dater la mise en place des laves de la deuxième phase, soit  $0,86 \pm 0,10$  Ma.

#### 4.13 - Le volcanisme plio-pléistocène de la presqu'île des Trois-Îlets (SW Martinique)

Tandis que le compartiment central de la Martinique est en pleine activité, un nouveau cycle volcanique va intéresser son compartiment sud, inactif depuis la mise en place des dacites à grenat datées à  $6,56 \pm 0,10$  Ma, et notamment son extrémité occidentale.

Toute une série de mono-volcans et petits strato-volcans de type péléen vont s'édifier sur un substratum hydrothermalisé d'âge inconnu. Ils sont caractérisés par la variété des dynamismes de mise en place et des faciès pétrographiques et minéralogiques des laves et enclaves émises. Aucune formation sédimentaire carbonatée n'est présente.

Deux types de comportement éruptif peuvent facilement être distingués, sur le terrain et eu égard aux données pétrographiques.

– Le premier (fig. 5o et 5q) est illustré par les petits strato-volcans (morne Réduit, morne Larcher, Roches Genty, Rivière-Salée) et les dômes de lave massive isolés (rocher du Diamant, morne Champagne) dont la mise en place est contrôlée par des fissures orientées NW-SE.

Les laves émises appartiennent au domaine calco-alcalin modérément potassique (M. Escalant, 1988). Elles montrent une grande variété d'associations minéralogiques (incluant notamment du grenat et de la cordiérite (cf. R.C. Maury *et al.*, 1985) qui, avec la présence d'enclaves congénères souvent très abondantes, soulignent l'importance des phénomènes de mélange magmatique comparables à ceux invoqués pour les laves du Carbet (D. Westercamp et H. Tazieff, 1980 ; A. Gourgaud et J.L. Bourdier, 1982 ; C. Coulon *et al.*, 1984).

– Le deuxième (fig. 5p) est illustré par deux éruptions seulement, placées sous le contrôle de failles transverses NE-SW, qui construisent le cône strombolien basaltique de l'îlet à Ramiers, d'une part, et l'empilement de coulées massives d'andésite basique du morne La Plaine, d'autre part. Les laves constitutives ne sont pas calco-alcalines, mais appartiennent à la série des basaltes magnésiens bien exprimée ailleurs dans l'archipel, à Grenade et dans les Grenadines méridionales (cf. R.C. Maury et D. Westercamp, 1985).

Parmi les datations K/Ar disponibles (éch. 32, 23, 17, 12, 8, 6 et 3), seuls les échantillons 32, 23 et 3 présentent un taux suffisant d'argon radiogénique pour être exploités. L'estimation de l'âge de mise en place des différents appareils volcaniques identifiés n'est donc pas possible. Nous nous contenterons des remarques suivantes :

– les grands épanchements ponceux de la Dizac sont datés de  $3,47 \pm 0,20$  Ma (éch. 32), un âge conforme à leur position sous le volcanisme du morne Réduit dont la fin d'activité est calée par l'âge de la coulée du morne Bigot ( $2,57 \pm 0,15$  Ma : éch. 23, cf. fig. 4a);

– la mise en place des volcans de la pointe Burgos (fig. 5q) (cône et coulée de basalte à xénocristaux de quartz), du morne Larcher, et du rocher du Diamant (ancien dôme de nature dacitique), est postérieure à cette dernière valeur conformément à leur bon état de conservation;

– la fin de l'activité dans ce secteur de l'île marque un saut vers l'est et se positionne dans la partie sud de la baie du Lamentin (cf. fig. 5q). Elle est datée de  $0,63 \pm 0,10$  Ma (éch. 3, cf. fig. 4b);

– l'îlet à Ramiers pourrait avoir, en accord avec sa morphologie bien conservée, moins de 0,5 Ma.

#### 4.14 - Le massif volcanique septentrional : les volcans Mont Conil et Montagne Pelée

L'édification des volcans Mont Conil et Montagne Pelée, (ce dernier présentement actif), dans le nord de la Martinique, va achever de donner à l'île sa physionomie actuelle (fig. 5r).

Le Mont Conil est constitué essentiellement de coulées de lave massive et de dômes, dont la mise en place peut être précédée de phénomènes hydro-magmatiques explosifs. Les laves évoluent des andésites à deux pyroxènes aux andésites à hornblende et dacites à hornblende et quartz, au sein d'une série calco-alcaline moyennement potassique.

Deux des quatre datations réalisées (éch. 27, 9, 2 et 1) permettent de cerner sa période d'édification, tout au moins pour la partie du cône actuellement émergée. Elle se situe entre  $1,20 \pm 0,20$  Ma (éch. 9) et  $0,51 \pm 0,05$  Ma (éch. 2). L'échantillon 1 n'est pas exploitable de par ses teneurs trop faibles en argon radiogénique, et l'âge obtenu sur hornblende ( $2,63 \pm 0,34$  Ma : éch. 27) est ici encore incompatible avec celui obtenu sur roche totale à partir d'un bloc provenant du même affleurement (éch. 2).

On voit donc que le compartiment septentrional de la Martinique est en activité au moment où ceux du centre et du SW ont pratiquement achevé la leur.

La Montagne Pelée, un des volcans les plus actifs des Petites Antilles (quatre éruptions historiques : 1792, 1851, 1902 - 30 000 morts, 1929), a fait et est l'objet d'études géologiques nombreuses. Pour ce qui concerne notre propos, rappelons seulement que les grandes étapes de son édification ont été reconnues (H. Traineau, 1982), l'histoire éruptive de ses 5.000 dernières années précisée (D. Westercamp et H. Traineau, 1983a), et qu'une carte géologique à 1/20 000, faisant état de la plupart des datations sur bois fossiles disponibles, a été dressée (D. Westercamp et H. Traineau, 1983b).

Aucune des datations K/Ar réalisées à ce jour ne peut être retenue, soit en raison de la contamination atmosphérique trop importante (proche de 100% pour les laves de l'édifice péléen ancien analysées par J.M. Cantagrel, comm. pers.), soit en raison de la nature de la lave et de sa richesse en verre (éch. 22). Ce dernier échantillon appartient en effet à un dépôt de nuée ardente daté par  $^{14}\text{C}$  sur bois fossile à 20 000 ans B.P.

### III - Discussion et conclusions

#### 1 - d'ordre stratigraphique

Les principaux résultats acquis au cours de cette étude apparaissent dans le tableau de la figure 7, que l'on peut ainsi commenter :

1 - La Martinique offre la série sédimentaire la plus importante de toutes les îles des Petites Antilles. Si l'on excepte Carriacou, les autres îles de l'archipel ne présentent que des séries stratigraphiquement limitées, ou des affleurements fragmentaires.

2 - L'existence d'Oligocène supérieur à *Miogypsinoïdes* est pour la première fois signalée à la Martinique, et vient donc compléter la liste des rares témoins d'une sédimentation calcaire à cette époque dans les Petites Antilles (1) : l'épaisse et très fossilifère série carbonatée qui constitue la moitié de l'île d'Antigua (A. Mascle et D. Westercamp, 1983), les affleurements limités de la formation Windward à Carriacou (E. Robinson et P. Jung, 1972 ; D. Westercamp *et al.*, 1985b), et leurs équivalents de Tempe Parnassus à Grenade (J.B. Saunders *et al.*, 1985), le prélèvement sous-marin réalisé au NE de la Grande-Terre de Guadeloupe (P. Andreieff *et al.*, 1979). Ils appartiennent tous, comme celui de la Martinique, à l'Oligocène supérieur.

3 - La série du Miocène inférieur est incomplète, ce qui va de pair avec sa faible représentation dans les autres îles de l'archipel, contrairement à ce que l'on pensait (P.H.A. Martin-Kaye, 1969). Les révisions stratigraphiques entreprises dès le début des années 70, portant sur l'intégralité des îles et des îlets de l'archipel, permettent en effet de restreindre l'existence de Miocène inférieur aux trois îles suivantes :

- Carriacou (E. Robinson & P. Jung, 1972 ; D. Westercamp *et al.*, 1985b) : formation Belmont (Zone à *C. stainforthi*) et "Kendace member" (Zone à *G. insueta*) ;

- Saint-Martin et Tintamarre (P. Andreieff, 1981 ; P. Andreieff *et al.*, ce numéro) : unité des Terres Basses (Zone à *G. insueta*).

Il faut aussi signaler les trois dragages réalisés au large de la Guadeloupe et Barbuda lors de la campagne ARCANTE 1 (P. Andreieff *et al.*, 1979), qui ont ramené des sédiments appartenant aux zones à *G. kugleri*, *C. dissimilis* et *G. insueta*.

Quant aux autres références classiquement attribuées au Miocène inférieur (P.H.A. Martin-Kaye, 1969), elles s'avèrent toutes inexactes : les calcaires de Sombrero sont d'âge Pliocène inférieur (Ph. Bouysse *et al.*, 1985) ; la formation d'Anguilla est attribuée, ainsi que certains îlots limitrophes de Saint-Barthélemy, à la Zone à *Praeorbulina glomerosa* (P. Andreieff, 1981 ; D. Westercamp et P. Andreieff, 1983), maintenant rapportée au Miocène moyen basal (Langhien) ; la partie supérieure de la série néogène de Saint-Martin (unité de Cupecoy) est d'âge Miocène moyen et Miocène supérieur (P. Andreieff *et al.*, 1981 ; P. Andreieff *et al.*, ce numéro) ; les calcaires et tuffites de Grande-Terre et Marie-Galante

(Guadeloupe) se sont déposés depuis le Miocène supérieur jusqu'au Pléistocène (P. Andreieff et S. Cottez, 1976 ; P. Andreieff *et al.*, 1983 ; F. Garrabé et P. Andreieff, 1985) ; la "table" calcaire de la Désirade est datée du Pliocène inférieur (P. Andreieff *in* D. Westercamp, 1980) ; enfin, les petits affleurements de calcaires oolitiques de Saint-Barthélemy ne sont pas plus anciens que le Pliocène (D. Westercamp et P. Andreieff, 1983).

4 - La série du Miocène moyen apparaît, au contraire, quasiment continue. Sur les 7 zones de foraminifères planctoniques qui divisent cette sous-époque, 6 y sont en effet représentées, même si certaines d'entre elles sont manifestement incomplètes du fait des événements volcaniques qui sont venus perturber la sédimentation.

Ailleurs dans l'archipel, les affleurements d'âge Miocène moyen sont relativement fréquents, bien que généralement fragmentaires. A Carriacou (E. Robinson et P. Jung, 1972 ; D. Westercamp *et al.*, 1985b), l'intervalle biostratigraphique couvert par les formations Carriacou et Grand Bay (Zone à *P. glomerosa* jusqu'à Zone à *G. lobata*) est le plus important après celui mis en évidence à la Martinique ; à Canouan (P. Andreieff, 1983 ; D. Westercamp *et al.*, 1985b), les calcaires de la baie du Carénage appartiennent à la Zone à *P. glomerosa* ; à Petite Martinique (D. Westercamp *et al.*, 1985b), un affleurement de calcaires et tuffites, déjà signalé par Martin-Kaye (1969) a été retrouvé et a livré de riches microfaunes de la Zone à *G. lobata* la formation d'Anguilla et deux îlets calcaires limitrophes de Saint-Barthélemy appartiennent à la Zone à *P. glomerosa* (P. Andreieff, 1981 ; D. Westercamp et P. Andreieff, 1983) ; à Saint-Martin, la partie inférieure de l'unité de Cupecoy (P. Andreieff *et al.*, ce numéro) est datée du Miocène moyen terminal (zones à *G. mayeri* et *G. menardii*) ; à Sainte-Lucie, enfin, des lentilles calcaires intercalées dans des formations volcaniques du NE de l'île (P. Andreieff *in* M. Le Guen de Kerneizon *et al.*, 1983) ont été attribuées à la Zone à *G. mayeri*.

Afin que cette énumération soit complète, il convient de signaler les 4 prélèvements sous-marins réalisés au cours des campagnes ARCANTE 1 (P. Andreieff *et al.*, 1979) et ARCANTE 3 (Ph. Bouysse *et al.*, 1985), qui sont rapportés aux zones à *G. robusta* et *G. menardii*.

5 - Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'existe aucun témoin d'une sédimentation marine carbonatée au début du Miocène supérieur (Tortonien). La fin de l'activité volcanique de la chaîne de Vauclin-Pitault *s.l.* (l'épisode de la montagne du Vauclin), puis la mise en place des appareils de l'ensemble Ducos-Morne Pavillon, qui ont eu lieu à cette époque entre 10 et 6,5 Ma, en sont la cause la plus probable.

Ensuite, si les sédiments d'âge Miocène supérieur - Pliocène inférieur sont communs sur les rides et pentes insulaires (campagnes ARCANTE 1 et 3), ils s'avèrent rares dans les îles des Petites Antilles, où les seules références, en dehors de la Martinique, concernent : Saint-Martin, où une série carbonatée (partie supérieure de l'unité de Cupecoy) datée de la Zone à *N. acostaensis* et de la Zone à *N. humerosa* a été mise en évidence (P. Andreieff *et al.*, 1981, P. Andreieff *et al.*, ce numéro) ; Marie-Galante, où des tuffites fossilifères appartenant à la

(1) Les fréquences des affleurements représentatifs des différentes époques géologiques, évoquées le long de ce chapitre, ne s'appliquent qu'aux témoins connus à terre, voire sur la plateforme ou la pente insulaire (dragages ARCANTE 1 et 3). Les différents bassins (Ph. Bouysse, 1979), dans lesquels se sont déposées d'épaisses séries couvrant la quasi-totalité de l'ère Tertiaire, ne sont évidemment pas pris en compte dans ces énumérations.

partie inférieure de la Zone à *N. humerosa* et des calcaires à grands foraminifères rapportés à la Zone à *G. margaritae* ont été découverts (P. Andreieff 1983) ; Grande-Terre de Guadeloupe, où les plus anciens sédiments connus à ce jour en forage sont d'âge Pliocène inférieur (Zone à *G. margaritae*) (F. Garrabé et P. Andreieff, 1985) ; la Désirade enfin, dont la "table" calcaire est datée de la Zone à *G. margaritae* (P. Andreieff in D. Westercamp, 1980).

6 - Si la grande majorité des interruptions sédimentaires constatées sont, à l'évidence, la conséquence des différentes phases volcaniques qui se sont succédées à ces époques (la figure 7 montre la succession stratigraphique et l'alternance des dépôts volcaniques et sédimentaires), le hiatus de quelque 3 Ma qui apparaît, au Miocène inférieur entre les séries de Macabou et du morne Carrière ne peut être expliqué que par une émergence corrélative à une récession de l'activité volcanique, suivie d'une longue période d'érosion.

7 - Du point de vue biochronométrique, plusieurs cas d'étroite association de laves (datées par K/Ar) et de sédiments (datés par micropaléontologie) ont permis de démontrer que l'échelle de W.A. Berggren et al. (1985) était applicable à la Martinique. Des exemples de correspondances remarquables entre les valeurs obtenues sur des échantillons martiniquais et celles proposées dans l'échelle en question ont été mis en évidence :

- les calcaires du morne Carrière, attribués aux zones à *Catapsydrax stainforthi* et *Globigerinatella insueta*, sont encadrés par des produits émis au cours d'épisodes volcaniques datés vers  $18,6 \pm 0,7$  Ma (Sainte-Anne - Fond Moustiques) et  $15,8 \pm 0,7$  Ma (François-Robert), alors que l'intervalle correspondant à ces deux zones est placé entre 19 et 16,2 Ma dans l'échelle de W.A. Berggren ;

- la limite entre les zones à *G. peripheroronda* et *G. fohsi* est datée à  $15,09 \pm 0,30$  pour 14,9 Ma dans l'échelle adoptée ;

- la coulée du quartier Vieille-Terre recouvre des sédiments attribués à la partie basale de la Zone à *G. robusta* : la valeur K/Ar ( $12,65 \pm 0,30$  Ma) correspond à l'âge estimé de la limite inférieure de cette zone ;

- une précision comparable est obtenue avec les basaltes de la pointe Faula, datés à  $10,3 \pm 0,4$  Ma, qui coiffent des tuffites attribuées à la Zone à *G. menardii* ;

- l'âge estimé de la partie médiane de la Zone à *Globorotalia mayeri* est confirmé par les basaltes et andésites, intercalés dans les tuffites de Rivière-Pilote, bien datés aux alentours de 10,6 Ma ;

- l'âge de  $6,5 \pm 0,3$  Ma obtenu pour le plancher andésitique des tuffites de Fort-de-France, dont la base appartient à la partie supérieure de la Zone à *N. humerosa*, est compatible avec les limites chronométriques de cette zone.

8 - Dans ces conditions, l'étude micropaléontologique détaillée des sédiments associés à certaines formations volcaniques peut conduire, *a contrario*, à préciser l'âge absolu de ces dernières par élimination, parmi les datations K/Ar disponibles, de

celles qui apparaissent aberrantes par rapport à l'échelle biochronométrique adoptée. C'est ainsi que l'âge du volcanisme de la série supérieure de Sainte-Anne et des tufs de Fonds Moustiques a été rajeuni et l'activité de certains épisodes de Vauclin-Pitault (massif du Vauclin, Rivière-Pilote) limitée dans le temps. Ces données modifient sensiblement le schéma proposé auparavant (P. Andreieff et al., 1976).

9 - Sur le plan biostratigraphique, enfin, cette étude a permis de préciser les extensions stratigraphiques de certains grands foraminifères benthiques néogènes et de confirmer ainsi les mises au point publiées précédemment (P. Andreieff, 1983, 1985) :

- le relais de "*Operculinoides*" *panamensis* à "*O*" *cojimarensis*, à peu près synchrone de celui des Miogypsines unispiralées (*M. panamensis*) aux Miogypsines bispiralées (*M. antillea*), se fait, dans la région Caraïbe, entre les zones à *C. stainforthi* et *G. insueta*. Les foraminifères planctoniques reconnus en association avec ces grands foraminifères dans les séries de Macabou et de Sainte-Anne - morne Carrière, sont conformes à ce schéma ;

- la disparition des Miogypsines avant l'apparition des Orbulines est confirmée ici : il y a absence totale de Miogypsines dans les calcaires du Miocène moyen martiniquais. Ce genre apparaît donc bien limité à l'intervalle Chattien - Langhien inférieur (Zone à *G. opima* supérieure jusqu'à Zone à *P. glomerosa*) dans la région, et la seule référence à son existence dans des niveaux jugés plus jeunes (Venezuela : W.J. Clarke et W.H. Blow, 1969) semble maintenant ne plus devoir être prise en considération ;

- "*Operculinoides*" *cojimarensis* a été reconnue dans les calcaires du morne Carrière, dans ceux de Sainte-Anne, du Marin et du Vauclin, couvrant ainsi une période allant du Miocène inférieur terminal (Zone à *G. insueta*) à la fin du Miocène moyen (Zone à *G. menardii*). Cette extension stratigraphique complète le tableau publié récemment sur la répartition globale de cette espèce dans les Caraïbes (P. Andreieff, 1983) ;

- enfin, il semble maintenant établi que l'extinction du genre *Lepidocyclina*, située jusqu'alors à la limite supérieure de la Zone à *G. insueta*, se produit en fait au cours du premier tiers-temps de cette zone.

Dans le domaine des foraminifères planctoniques, la découverte de *Globigerinopsis aguasayensis* dans le gisement de Bassignac conduit à modifier sensiblement l'extension de ce taxon peu connu, en l'étendant vers le bas jusqu'à la Zone à *G. peripheroronda*.

## 2 - d'ordre radiochronologique

Dès le début de cette étude, nous avons indiqué que les datations conventionnelles caractérisées par de fortes contaminations en argon atmosphérique n'offraient guère de garanties de fiabilité.

Confrontées aux données de terrain, elles ont été pour la plupart difficiles à interpréter quand elles ne présentaient pas entre elles des résultats contradictoires. Au terme de cette étude nous confirmons que les âges K/Ar dont la concentration

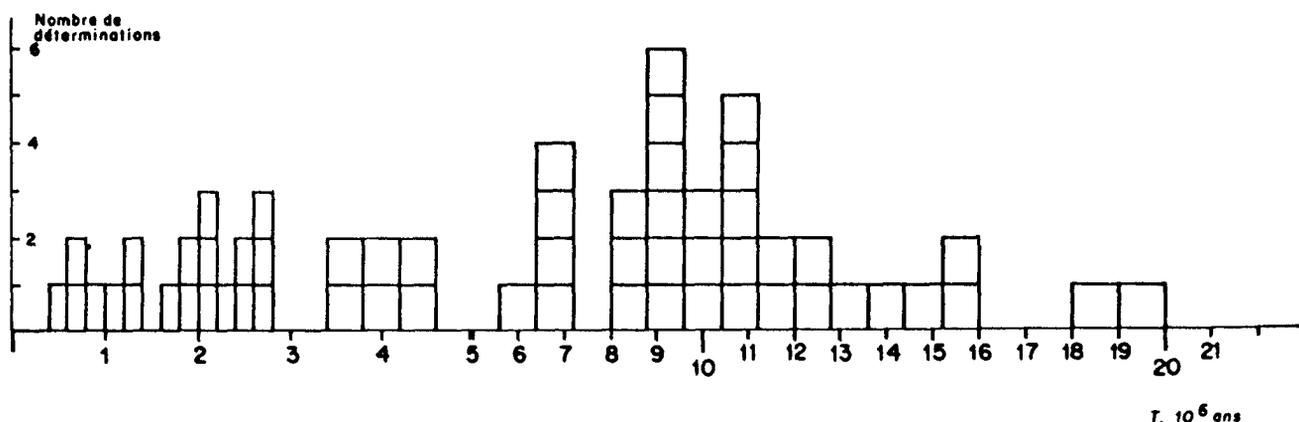


Fig. 8. - Histogramme des âges K/Ar en Martinique après élimination des résultats non fiables (voir texte).

en argon radiogénique est inférieure à 10% de l'argon total mesuré, ne sont pas fiables. Ceci conduit à éliminer 15 des 90 datations du tableau 1.

Nous avons aussi constaté que les âges sur hornblende présentaient systématiquement des valeurs trop élevées, correspondant à un excès d'argon, comme le laissait d'ailleurs présager le rapport initial de 355 (pour  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ : 295,5 dans l'air) de la droite de régression ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ,  $^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$ ) effectuée par l'analyse de l'échantillon 62 (cf. fig. 4c). Ceci conduit à éliminer encore 6 des 75 datations restantes.

Quelques autres résultats ont dû également être mis entre parenthèses dans le tableau 1 lorsqu'il y avait une contradiction manifeste avec un calage biostratigraphique, une relation géométrique de terrain bien établie, une autre ou une série d'autres datations K/Ar.

En définitive, seulement 58 affleurements différents sont suffisamment bien datés sur les 90 données de départ, pour que les résultats d'âge puissent être exploités.

Ces derniers dessinent un histogramme de fréquence (fig. 8) qui marque bien des périodes d'arrêt du volcanisme. A l'échelle de la Martinique il n'y a pas de continuité de l'activité volcanique sur les 20 derniers millions d'années, mais des phases de 1 à 2 Ma séparées par des périodes d'accalmies.

Si notre prudence dans l'interprétation des données numériques K/Ar en Martinique devait être étendue à l'ensemble des datations des laves de l'arc des Petites Antilles, il est probable que certaines corrélations chronologiques entre les structures volcaniques d'une même île ou d'îles différentes seraient pour les unes précisées, pour les autres infirmées.

### 3 - d'ordre volcano-structural

#### 3.1 - Notion de compartiment d'arc

L'histoire géologique de la Martinique, telle qu'elle vient d'être décrite, révèle que l'activité volcanique (nature et volume des laves, caractère des séries magmatiques auxquelles elles appartiennent, dynamismes éruptifs de mise en place, contrôles structuraux, ...) n'est pas distribuée de façon aléatoire dans l'espace et le temps (fig. 9).

A une période donnée, qui couvre plusieurs millions d'années, elle se concentre dans un, voire deux secteurs géographiques de l'île relativement bien délimités et mesurant plusieurs centaines de  $\text{km}^2$ . Nous appelons ces espaces-temps des **compartiments d'arc**.

Si l'on fait abstraction des formations oligocènes (complexe de base), représentées de façon trop fragmentaire, quatre compartiments d'arc peuvent être reconnus à l'origine de l'édification de la Martinique :

1 - le compartiment miocène, actif de 22 Ma à 6,8 Ma, qui concerne le Sud et le centre de l'île, et qui est notamment représenté par la chaîne sous-marine de Vauclin-Pitault ;

2 - le compartiment central, actif de 5,5 Ma à 0,8 Ma, qui correspond aux volcans du Morne Jacob et des Carbets ;

3 - le compartiment sud-occidental, actif de 6,5 Ma à 0,6 Ma, qui regroupe les centres volcaniques récents de la presqu'île des Trois-Îlets ;

4 - le compartiment nord, actif depuis au moins 1,2 Ma (sa partie basale, contrairement aux autres compartiments, n'est pas émergée), constitué du mont Conil et de la montagne Pelée.

Les deux premiers compartiments définis, appuyés chacun sur des formations plus anciennes, montrent une histoire complète et des schémas évolutifs comparables mettant en jeu les types de lave les plus communément représentés dans les Petites Antilles. Nous considérons qu'ils illustrent l'activité éruptive "normale" de l'arc récent à la latitude de la Martinique. Le compartiment nord, incomplet, se rattacherait à ce type.

Le compartiment sud-occidental, essentiellement caractérisé par la mise en place de laves inhabituelles dans le fonctionnement de l'arc (andésites et dacites à grenat ou cordiérite, andésite et basalte magnésiens,...), montre un comportement particulier que Ph. Bouysse et D. Westercamp (ce numéro) lient à la subduction, sous cette partie des Petites Antilles, de la ride océanique non compensée de Sainte-Lucie.

#### 3.2 - Evolution d'un compartiment normal [compartiments miocène (C.M.) et central (C.C.)]

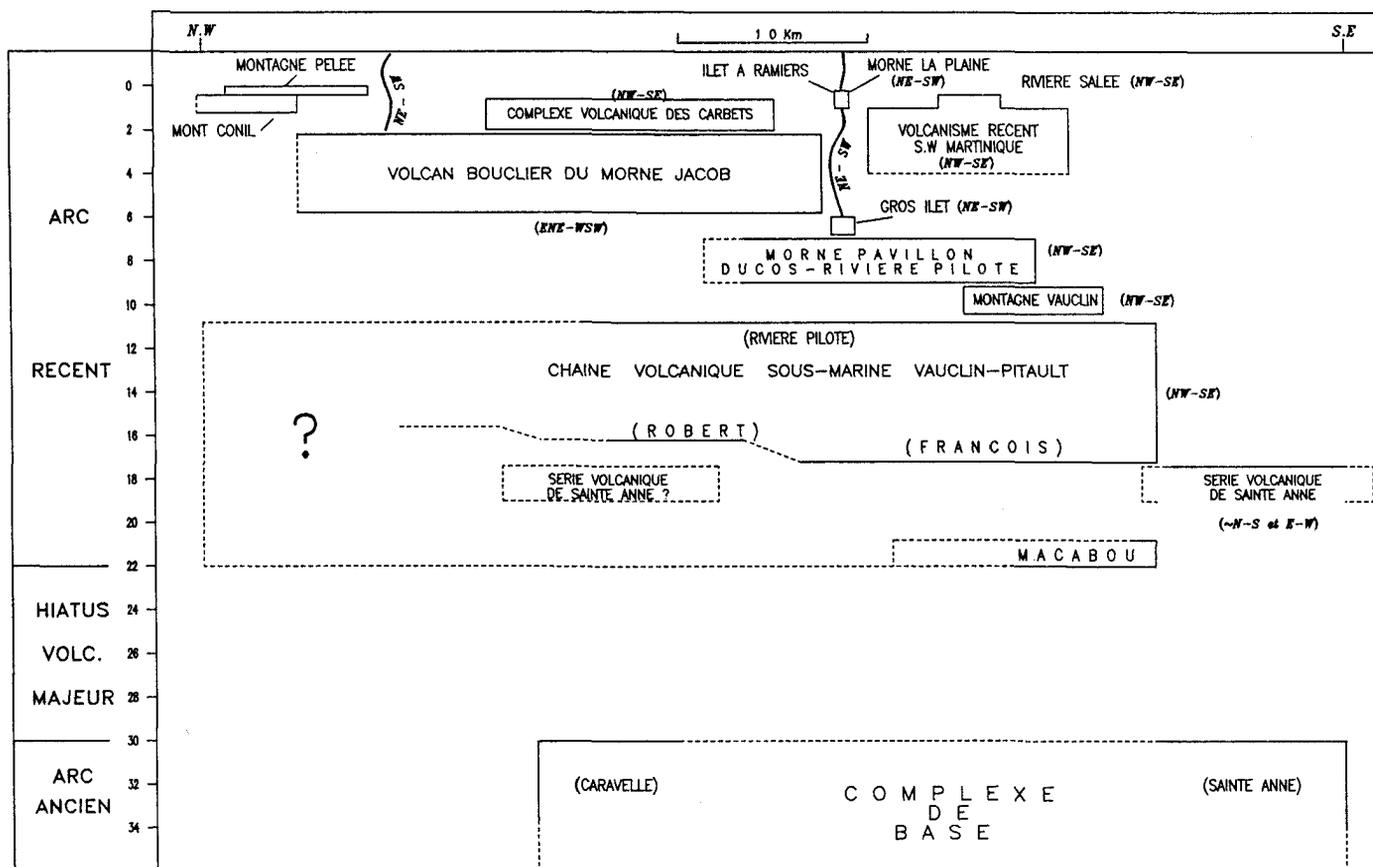


Fig. 9.- Répartition géographique et chronologique de l'activité volcanique en Martinique : tableau synthétique.

L'activité volcanique, qui perce à flancs des reliefs édifiés antérieurement (l'arc ancien pour le c.m., l'arc ancien et le c.m. pour le c.c.), est sous-marine et placée sous le contrôle d'une tectonique de fissuration largement exprimée et visualisée par des dykes (NW-SE pour le c.m., E.NE-W.SW pour le c.c.). Elle se manifeste côté atlantique (c'est-à-dire côté externe de l'arc) par des émissions volumineuses de hyaloclastites et coulées de lave en coussins (essentiellement) constituées de basalte à olivine et andésite basique à clinopyroxène et olivine. Ces laves appartiennent à une série de tholéïtes d'arc (D. Westercamp, 1979 ; M. Escalant, 1988).

Progressivement, le front volcanique, large de plusieurs kilomètres, va migrer vers l'ouest (fig. 10) et la nature du volcanisme changer parallèlement. Selon la proximité du substratum l'activité devient plus ou moins rapidement aérienne (en 13 Ma pour le c.m., en 2 ou 3 Ma pour le c.c.) et, dès cet instant, de type uniquement effusif. Les laves émises, qui sont pour l'essentiel des andésites porphyriques à deux pyroxènes appartenant à une série calco-alcaline moyennement potassique (M. Escalant, 1988), voient leur volume diminuer.

Le relief insulaire se développant, l'activité volcanique a tendance à se concentrer et à admettre des phases de nature explosive. On passe du stade des volcans-boucliers à celui des strato-volcans (axe Ducos - Rivière-Pilote au volcan mi-effusif, mi-explosif du morne Pavillon pour le c.m. ; morne Jacob aux volcans des Carbets pour le c.c.). Les laves émises sont généralement plus acides (andésites à orthopyroxène dominant avec ou sans hornblende et quartz) et les volumes plus faibles. La

partie visible du compartiment nord martiniquais, témoignerait de ce stade d'évolution. Lorsque l'activité volcanique a été longue (15 Ma pour le c.m.) les séries de lave, bien que toujours moyennement potassiques, sont en revanche très enrichies en éléments radiogéniques (Sr, Pb) (J. Davidson, 1986). Les andésites et dacites montrent bien cette tendance, mais par ailleurs leur minéralogie complexe et la présence d'enclaves basiques congénères qui témoignent de phénomènes de mélanges de magmas contrastés (séries calco-alcalines secondaires de D. Westercamp, 1979), les rapprochent des laves "inhabituelles" du compartiment sud-occidental décrit ci-après. Nous admettons donc que les laves de type calco-alcalin secondaire peuvent, soit témoigner de la fin d'activité d'un compartiment normal (fig. 11), soit caractériser l'activité d'un compartiment situé dans un contexte de ride océanique non compensée en subduction.

### 3.3 - Caractéristiques volcano-structurales du compartiment sud-occidental

L'activité volcanique récente du sud-ouest martiniquais, qui affecte le nord et l'ouest des reliefs édifiés au cours des dernières périodes éruptives du compartiment miocène, s'inscrit dans un schéma évolutif différent de celui décrit précédemment :

- le front volcanique ne se déplace pas progressivement. Il saute brusquement du Gros-Ilet à la région du Diamant, pour avancer tout aussi brutalement en fin de cycle, de l'axe pointe Burgos-rocher du Diamant à Rivière-Salée ;

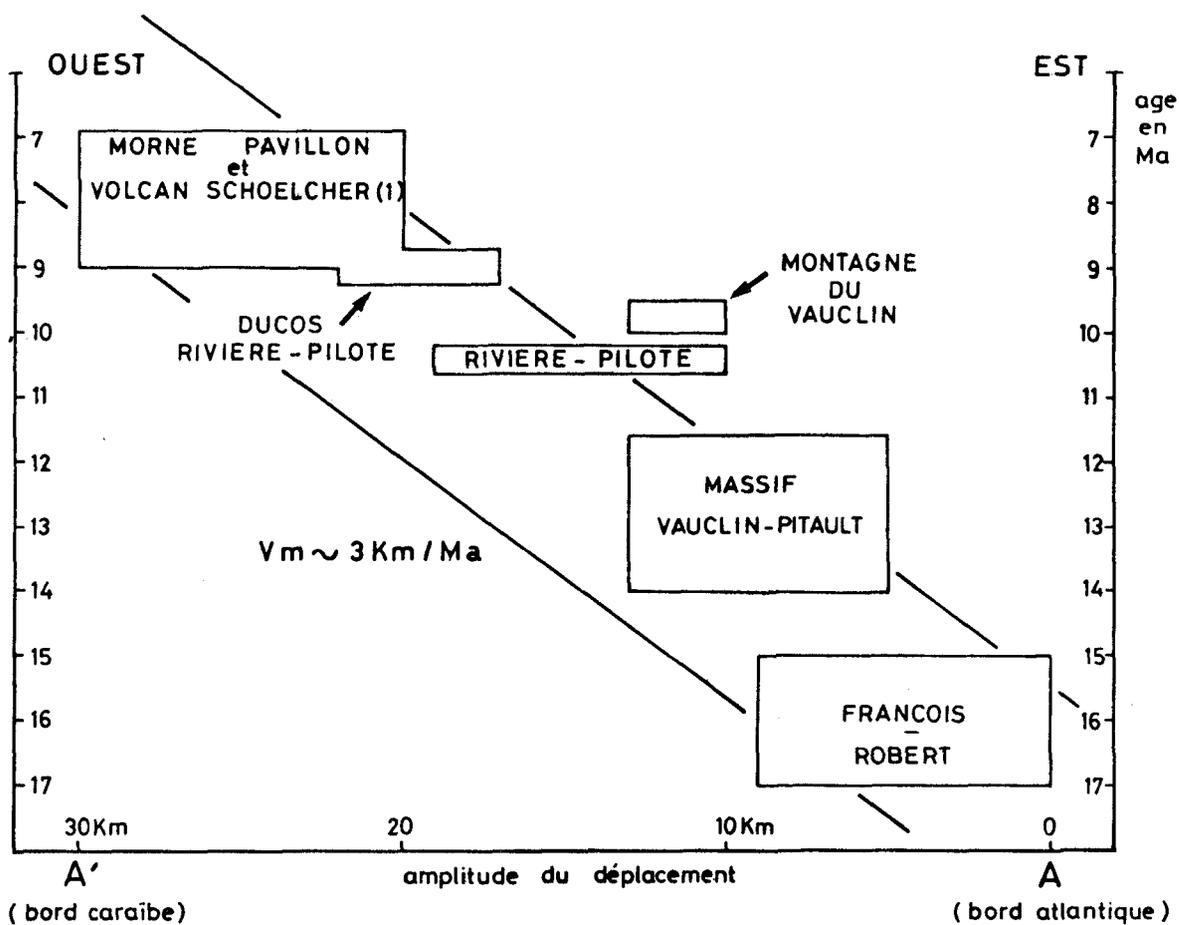


Fig. 10. - Ecartement progressif du front volcanique par rapport à la fosse (vers l'Ouest) entre 17 et 7 Ma.

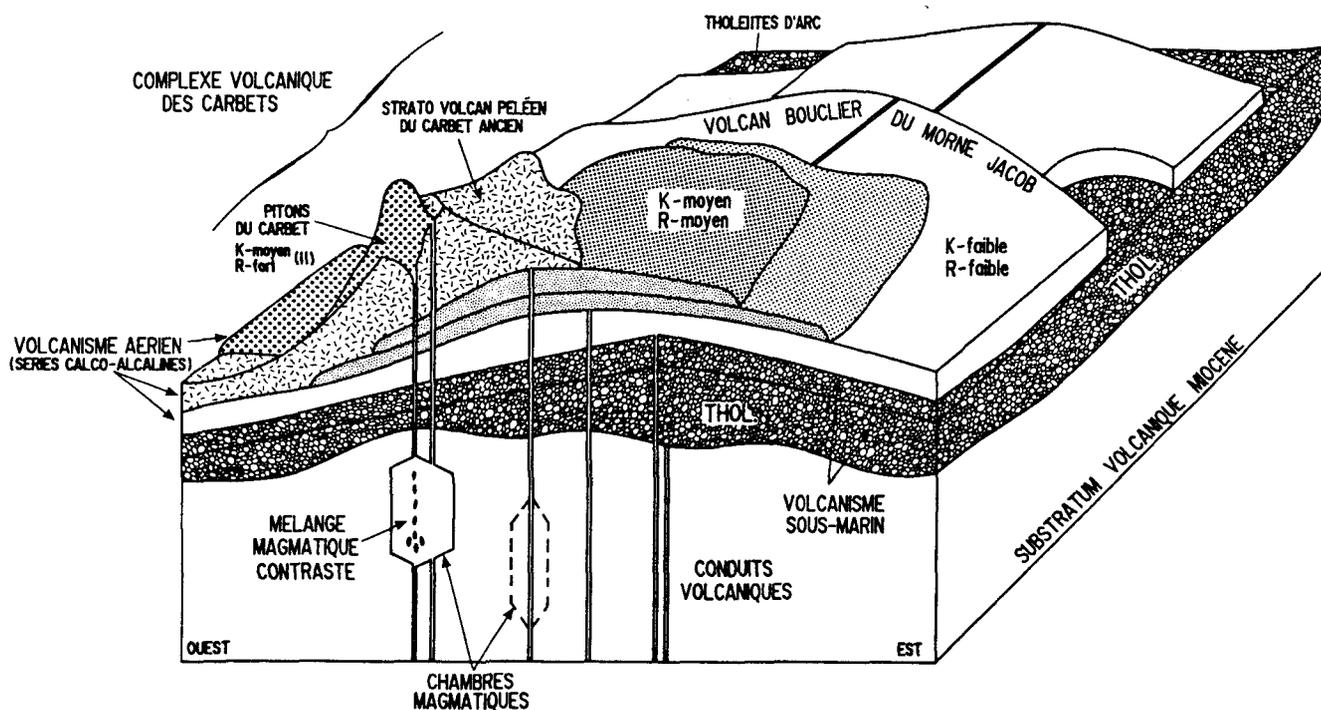


Fig. 11. - Bloc diagramme illustrant l'évolution volcanique du compartiment central martiniquais.

– dès le début de l'activité les laves sont représentées par des termes essentiellement acides à la minéralogie complexe, appartenant à des séries calco-alcalines moyennement potassiques (M. Escalant, 1988) de type secondaire (D. Westercamp, 1979) parfois extrêmement radiogéniques (J. Davidson, 1986). Les volumes émis sont très faibles ;

– des andésites et basaltes de nature subalcaline riches en magnésium - fait unique dans le fonctionnement de l'arc insulaire à cette latitude - accompagnent la fin d'activité du compartiment ;

– deux directions tectoniques conjuguées contrôlent la mise en place du volcanisme : une fissuration NW-SE pour le gros de la production magmatique ; une tectonique NE-SW, transverse à l'arc, probablement cisailante, pour les dacites à grenat du Gros-Ilet, et les laves basiques riches en magnésium (cf. D. Westercamp et H. Tazieff, 1980).

### 3.4 - Remarques sur la tectonique et le magmatisme martiniquais dans le contexte général des Petites Antilles

La Martinique est divisée en quatre blocs limités par des systèmes de failles orientées NE-SW (D. Westercamp, 1972).

Le bloc nord (Pelée, Conil) est effondré par rapport au bloc morne Jacob - pitons du Carbet, le long d'une faille que l'on suit depuis la base de la pente insulaire caraïbe (cf. Ph. Bouysse *et al.*, 1983) jusqu'à la côte atlantique puisqu'elle contrôle tout le cours inférieur de la rivière Capot (D. Westercamp et H. Traineau, 1983b). C'est entre Saint-Pierre et Morne Rouge qu'elle est le mieux exprimée à terre, avec un rebord morphologique d'environ 100 mètres acquis très récemment (entre 13.500 et 5.100 ans B.P.) comme le prouve la distribution des écoulements pyroclastiques péléens datés au  $^{14}\text{C}$  (cf. D. Westercamp et H. Traineau, *op. cit.*).

Le bloc Jacob-Carbet est séparé du bloc presqu'île des Trois-Ilets-Vauclin par un grand accident transverse qui coupe la Martinique en deux, des Anses d'Arlets à la presqu'île de la Caravelle (cf. A. Gérard *et al.*, 1979, fig. 4 et 7).

Ce système tectonique, qui a l'aspect d'un graben dans la partie ouest de l'île, abaisse globalement le bloc nord par rapport au bloc sud, avec un mouvement décrochant dextre probable tel que le suggère le décalage du front volcanique plio-pléistocène (massif volcanique des Carbets d'un côté et volcans récents de la presqu'île des Trois Ilets de l'autre côté).

Enfin le bloc presqu'île des Trois-Ilets-Vauclin est effondré par rapport au bloc de la presqu'île de Sainte-Anne, bien que le dernier mouvement repéré le long d'une faille joignant le Marin au Vauclin (pied du morne Carrière) soit de sens inverse.

L'activité actuelle des deux derniers systèmes tectoniques transverses cités est attestée par l'occurrence de crises sismiques récentes le long de certains de leurs tronçons (J. Dorel, 1978) et par les indices géothermiques du Lamentin.

Ces mouvements différentiels et toujours actifs entre blocs, vont de pair avec un vieillissement de leurs assises visibles à l'affleurement, du nord vers le sud (cf. fig. 2). On constate une évolution chronologique inverse, du nord vers le sud, à Sainte-Lucie, depuis les séries miocènes de la partie septentrionale de l'île jusqu'au volcan actif de la Soufrière situé au sud-ouest (cf. M. Le Guen de Kerneizon *et al.*, 1983).

Cette décroissance symétrique de l'âge des formations de part et d'autre du canal de Sainte-Lucie est interprétée comme le signe d'un soulèvement de ce secteur conformément au sens des mouvements relatifs verticaux entre les quatre blocs martiniquais. Ce soulèvement pourrait être lié au sous-charriage de la ride océanique de Sainte-Lucie, qui fait justement face à la partie de l'arc englobant les moitiés nord et sud de Sainte-Lucie et de la Martinique (cf. fig. 1), phénomène retenu par ailleurs par Ph. Bouysse et D. Westercamp (ce numéro) pour expliquer d'autres caractéristiques de la géologie martiniquaise :

– la présence des basaltes et andésites riches en magnésium le long des failles transverses à l'arc (îlet à Ramiers et morne la Plaine), et des séries à mélange de magmas contrastés du SW martiniquais ;

– le changement brutal vers 16 Ma de la direction des fissures émissives des laves, d'abord environ N-S et E-W (série de Sainte-Anne) puis franchement NW-SE (chaîne de Vauclin-Pitault, volcanisme fissural miocène du SW martiniquais) ;

– la migration progressive de l'activité volcanique "normale" (tholéiites et séries calco-alcalines non secondaires) non plus d'est en ouest cette fois (cf. fig. 10), mais du sud vers le nord (H. Bellon *et al.*, 1974).

Les deux blocs septentrionaux de l'île se confondent avec les compartiments d'arc nord et central définis précédemment. Les accidents transverses qui bordent les premiers accentuent les limites des seconds, à la fois en faisant disparaître leurs dépôts distaux (par enfouissement dans les blocs effondrés, par érosion dans les blocs rehaussés) et en constituant des barrières morphologiques à leur extension en surface. Cette correspondance bloc-compartiment, qui ne se retrouve pas dans la moitié sud de l'île, n'est cependant pas fortuite : les accidents transverses, qui jouent en faille normale et/ou décrochante, sont compressifs et laissent donc difficilement monter les magmas en surface tant en fréquence qu'en volume (seuls cas répertoriés, les dacites à grenat de Gros-Ilet, et les laves basiques de l'îlet à Ramiers et du morne la Plaine). En revanche, leurs rejeux facilitent ou provoquent l'ouverture de fissures de directions conjuguées (NW-SE) dans les terrains limitrophes (c'est-à-dire au sein des blocs), qui vont canaliser préférentiellement les remontées magmatiques et contrôler l'édification des compartiments d'arc (fig. 12).

Ce schéma tectonique, s'il rend compte de la façon dont l'activité volcanique se manifeste en surface, ne peut prétendre à déterminer, à l'échelle de l'arc, les zones actives et stériles sur le plan magmatique, qui se marquent respectivement par les îles et hauts-fonds, et par les caux marins. Ce problème a été discuté récemment par G. Wadge (1986) et D. Westercamp (1988).

Tableau 1

Numéro échantillon	Référence de l'auteur	Localité	Nature	K %	Ar moles $10^{-12} \text{ g}^{-1}$ TPN	% radio-génique		T. $10^6$ ans $\pm 2 \sigma$	
1	BE.MW 20 K.RT	Pied Sud morne du Bourg, le Prêcheur	AN	0,94	{0,724 0,665	7,5 3,5	0,44 0,40	{ (0,40 $\pm$ 0,20)	
2	BA.MW 56 W.RT	Morne à Lianes, Massif du Mont Conil	AN	1,02	{0,912 0,884	39,0 40,7	0,51 0,50	{ 0,51 $\pm$ 0,05	
3	BA.MW 34 H.RT	C.E.S. de la Rivière Salée	AN	0,84	{0,167 0,390 0,474 0,740	0,5 1,2 2,0 7,3	0,11 0,27 0,33 0,51	Isochrone : R <sub>1</sub> = 289 $\pm$ 2,5 0,63 $\pm$ 0,10	
4	NA.M 122.RT	Morne du Céron Massif du Mont Conil	AN	0,72	{0,723 0,874	10,0 16,0	0,58 0,70	{ 0,64 $\pm$ 0,10	
5	BE.W 14 A.RT	Ebouli du Piton Dumauzé, Pitons du Carbet	AN	0,77	{1,046 1,262	14,8 10,7	0,78 0,94	{ 0,86 $\pm$ 0,10	
6	BE.MW 5 Z.RT	Rocher du Diamant, Le Diamant	DA	1,29	{2,541 1,780	1,5 1,1	1,14 0,80	{ (0,97 $\pm$ 0,20)	
7	NA.M 125.RT	Piton Gelé, Massif du Carbet	AN	1,13	{2,199 1,967	47,0 43,0	1,12 1,00	{ 1,06 $\pm$ 0,10	
8	RE.MW 29 R.RT	Ebouli SE du Morne La Plaine, Anses d'Arlets	BA	0,52	{1,059 1,003	8,7 8,4	1,18 1,11	{ (1,15 $\pm$ 0,20)	
9	BA.MW 56 Y.RT	Entre Piton Mont Conil et Cap St Martin	AN	0,74	{1,895 1,176	16,1 11,0	1,48 0,92	{ 1,20 $\pm$ 0,20	
10	BR.M 306.B	Canton Suisse (Morne Vert)	AN	5,29	11,276	12,6	1,23	1,23 $\pm$ 0,06	
11	BA.BLA S2.RT	Carotte forage, Riv. Blanche	DA ?	1,91	5,462	74,9	1,64	1,64 $\pm$ 0,10	
12	BE.MW 8 A.RT	Pointe Burges, Anses d'Arlets	BA	0,70	{2,092 2,092	1,26 1,26	1,72 1,72	{ (1,72 $\pm$ 0,20)	
13	RE.MW 10 Z.RT	Route de Balata niveau route des Rochers N. de Fort de France	AN	1,24	3,897	30,0	1,81	1,81 $\pm$ 0,15	
14	RE.MW 1 W.RT	U, entrée Sud de Schoelcher	AN	1,25	4,037	23,8	1,87	1,87 $\pm$ 0,17	
15	BE.MW 27 S.RT	Fond Boutlet, Case Pilote	AN	1,26	{3,748 4,577	22,8 29,3	1,71 2,09	{ 1,90 $\pm$ 0,30	
16	BR.702305.RT	Route de Balata niveau route des Rochers N. de Fort de France	AN	1,25	{4,719 4,050	24,4 28,9	2,18 1,87	{ (2,02 $\pm$ 0,20)	
17	BE.MW 13 T.RT	UW du Diamant	AN	1,00	{3,321 3,670	3,3 4,7	1,91 2,11	{ (2,02 $\pm$ 0,30)	
18	NA.M117.RT	Bord de route, N. de Case Pilote	AN	0,98	{3,657 3,479	42 45	2,15 2,05	{ 2,10 $\pm$ 0,10	
18 bis	NA.M114.RT	Anse Madame Marigot	AN	1,10	{4,144 4,090	51 48	2,17 2,14	{ 2,10 $\pm$ 0,10	
19	BA.MW 8 K.RT	Rivière de Case Pilote (altitude 80 m)	AN	1,23	4,799	35,6	2,25	2,25 $\pm$ 0,15	
20	RE.MW 38 Y.F	Plateau Fofa, W. Fort de France	DA	0,26	1,058	5,0	2,35	(2,35 $\pm$ 0,30)	
21	BR.702310.RT	Le Robert - (Coulée zéolitisée)	BA	0,66	{2,685 2,707	11,1 7,9	2,34 2,37	{ (2,36 $\pm$ 0,17)	
22	BA.MW 27 R.RT	Nuée ardente. Pelée, Le Prêcheur	AN	0,79	3,238	35,6	2,37	(2,37 $\pm$ 0,15)	
23	BA.MW 30 M.RT	Sommet Morne Bigot, Trois Ilets	AN	0,67	{2,964 3,262 3,342 11,080	56,8 33,7 47,9 10,2	2,54 2,80 2,87 9,48	Isochrone : R <sub>1</sub> = 317 $\pm$ 5 2,57 $\pm$ 0,15	
24	BR.M 303.RT	Morne du Lorrain, Sud du Morne Jacob	AN	1,02	{4,527 4,590	28,8 29,1	2,56 2,59	{ 2,58 $\pm$ 0,08	
25	BA.MW 4 Q. RT	UPied Petit Piton E. du Carbet	AN	1,55	6,973	49,6	2,60	2,60 $\pm$ 0,15	

## HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA MARTINIQUE

Numéro échantillon	Référence de l'auteur	Localité	Nature	K %	Ar moles $10^{-12} g^{-1}$ TPN	% radio-génique	T. - $10^6$ ans $\pm 2 \sigma$	
26	BA.MC 127.RT	Morne Balisier (Morne Rouge)	AN	1,55	{7,169 6,820	69,2 69,6	2,66 2,53	} 2,60 $\pm$ 0,10
27	BR.M 246.H	Morne du Céron	AN	0,23	{0,947 1,209	3,7 5,9	2,33 2,98	} (2,63 $\pm$ 0,34)
28	NA.M 137.RT	U aband. de Schoelcher Entrée Sud de Schoelcher	AN	1,14	{5,219 5,263	59,0 58,0	2,64 2,66	} (2,65 $\pm$ 0,15)
29	BA.MC 128.RT	Qt Parnasse entre Morne Rouge et Fonds St Denis	AN	1,20	5,575	20,3	2,68	2,68 $\pm$ 0,17
30	RE.MW 38 Z.F	Route de Balata ; recouvre éch. 16	DA	0,19	0,876	4,4	2,69	(2,69 $\pm$ 0,35)
31	BA.MW 48 F.RT	Sortie Nord du Lorrain	BA	0,41	2,340	22,7	3,33	(3,33 $\pm$ 0,25)
32	BR.M 314 R.T.	Le Diamant	DA	0,24	1,459	16,3	3,47	3,47 $\pm$ 0,20
33	NA.M 115.RT	Elément conglomérat E. de St Joseph - Bord Riv. Blanche	AN	1,14	{6,690 7,583	16,0 18,0	3,38 3,83	} 3,61 $\pm$ 0,30
34	BA.MW 51 F.RT	Fond Labour, S.E. D'Ajoups Bouillon	AN	2,00	13,770	15,1	3,97	3,97 $\pm$ 0,30
35	BR.M 304.H	Hotel Latitude, Le Carbet	DA	0,28	1,980	8,8	4,03	(4,03 $\pm$ 0,30)
36	NA.M 113.RT	Bord de route 0,5 km N. de Marigot	AN	1,12	{7,493 8,340	25,0 35,0	3,85 4,29	} 4,07 $\pm$ 0,20
37	BA.MW 48 E.RT	C.E.S. du Lorrain (recouvre 31)	AN	1,03	7,508	20,3	4,20	4,20 $\pm$ 0,30
38	BR.702307.RT	Morne Moco, Sud de Ste Marie	BA	0,56	{3,870 4,630	17,1 27,4	3,98 4,76	} 4,37 $\pm$ 0,25
39	BR.M 312.RT	Quartier Les Côteaux S. de Rivière Salée	AN	0,77	{6,543 6,990	6,6 7,2	4,89 5,23	} (5,06 $\pm$ 0,50)
40	BA.MW 48 P.RT	Distillerie St Etienne, Gros Morne	BA	0,37	{3,947 3,516	24,4 16,4	6,19 5,55	} 5,87 $\pm$ 0,40
41	BE.MW 8 K.RT	Riv. de Case Pilote, Case Pilote	AN	1,22	{13,235 13,152	4,0 4,5	6,25 6,21	} (6,23 $\pm$ 0,90)
42	BE.MW 17 T.RT	Gros Ilet, Baie du Lamentin	DA	2,04	{21,335 23,182	59,4 76,5	6,02 6,54	} 6,30 $\pm$ 0,50
43	BA.MW 18 R.RT	Forage M 53 - Riv. Monsieur - Fort de France	AN	1,25	14,100	55,2	6,50	6,50 $\pm$ 0,30
44	BE.MW 17 T.B	Gros Ilet, Baie du Lamentin	DA	7,18	81,104	43,6	6,50	6,50 $\pm$ 0,50
44 bis	BA.MW 17 T.B	Gros Ilet, Baie du Lamentin	DA	7,18	{76,250 86,330	29,1 61,3	6,11 6,92	} 6,52 $\pm$ 0,40
45	BA.MW 15 B.F	Gros Ilet, Baie du Lamentin	DA	0,38	12,980	32,0	6,67	6,67 $\pm$ 0,30
46	BA.MW 24 R.RT	Sommet Morne Pavillon presque Ile Trois Ilets	AN	1,30	15,910	40,6	7,04	7,04 $\pm$ 0,40
47	RE.MW 34 I.H	Sortie S.E. de Rivière Salée	DA	0,11	1,304	6,6	7,08	(7,08 $\pm$ 0,75)
48	BR.M 307.H	U Hbtion Choiseul, Case Pilote	DA	0,26	3,194	13,0	7,10	(7,10 $\pm$ 0,34)
49	BA.MW 48 V.RT	Qr. de la Californie entre F. de F. et le Lamentin	AN	1,21	{15,530 14,450	20,8 15,6	7,42 6,88	} 7,15 $\pm$ 0,60
50	BA.MW 42 A.RT	Qr. Rivière Cacao, S.SE du Robert	BA	0,46	{6,099 6,595	28,6 23,5	7,71 8,33	} 8,02 $\pm$ 0,50
51	BR.702314.RT	Qr. Taupinière, E. du Diamant	AN	1,33	19,251	56,7	8,33	8,33 $\pm$ 0,25
52	BA.MW 42 H.RT	Carrière abandonnée N. du François	AN	0,59	8,865	12,8	8,66	8,66 $\pm$ 0,70

Numéro échantillon	Référence de l'auteur	Localité	Nature	K %	Ar moles $10^{-12}$ g <sup>-1</sup> TPN	% radio-génique	T . 10 <sup>6</sup> ans ± 2 σ	
53	BA.MC 21.RT	U Fenelon. Pays Noyé. N. de Ducos	BA	1,35	20,680	12,7	8,82	8,82 ± 0,70
54	RE.1182-43.RT	Forage Hbtion Laugier. S. de Rivière Salée	AN	1,25	{19,010 19,540	30,0 37,2	8,76 9,02	8,89 ± 0,50
55	BA.MW 23 P.RT	Qr. Concorde. S. des Trois Ilets	AN	1,13	17,520	47,3	8,93	8,93 ± 0,40
56	BA.MW 49 V.RT	Qr. Baudelle. N. de Rivière Pilote	BA	0,69	{11,000 10,420	51,5 43,8	9,19 8,72	8,96 ± 0,30
57	BA.MW 38 D.RT	Hbtion Bonne Mère. S. de Ducos	AN	1,00	15,890	36,4	9,14	9,14 ± 0,40
58	BA.MW 37 W.RT	Régale de Rivière Pilote	AN	0,75	12,400	70,2	9,48	9,48 ± 0,30
59	BA.MW 36 H.RT	Qr. Desmarinières SE Rivière Salée	AN	1,12	19,040	28,6	9,76	9,76 ± 0,40
60	BA.MW 22 P.RT	Mare Capron entre Rivière Pilote et Le Marin	BA	0,91	{16,280 14,760	23,7 17,3	10,34 9,38	9,86 ± 0,50
61	BA.MW 40 V.RT	Qr. la Salette - N. de Ducos	BA	0,44	7,609	4,9	9,88	(9,88 ± 1,40)
62	BA.MW 27 M.H	1 km au N. de Ste Luce	AN	0,48	{8,189 8,433 8,779 8,335 9,022	46,0 53,4 48,1 48,3 56,2	9,77 10,06 10,47 9,96 10,76	Isochrone : 8,4 ± 0,50 R <sub>I</sub> = 355 ± 10
63	BR.702315.RT	Pointe Faula S. Le Vauclin	BA	0,73 0,74	{12,690 13,586	24,5 36,7	10,00 10,60	10,30 ± 0,40
64	RE.MW 39 F.F	Qr. Corps de Garde - S. de Ste Luce - (sous MW 39 E - éch. 77)	AN	0,16	2,934	18,0	10,54	10,54 ± 0,50
65	NA.M 136.RT	U Qr. Médecin (entre Diamant et Rivière Salée)	AN	1,31	{21,677 26,450	78,0 70,0	9,52 11,61	10,57 ± 1,00
66	BR.M 318.RT	Qr. Wallon NW Trois Ilets	BA	0,96	{17,890 17,511	11,1 11,0	10,70 10,49	10,60 ± 0,50
67	BA.MW 42 W.RT	Lestrade (Robert) (lave aphyrique)	AN	0,42	7,973	64,7	11,05	11,05 ± 0,30
68	BA.MW 49 Z.RT	Pointe du Vauclin N. du Vauclin	AN	0,93	17,970	27,3	11,09	11,09 ± 0,30
69	BA.MW 42 I.RT	Croix Rivail - Morne Pitault	BA	0,77	{16,130 14,150	21,1 17,2	12,08 10,60	11,35 ± 1,00
70	BA.MW 47 M.RT	Anse à Dièque (N. de Trinité)	AN	0,37	{7,551 7,327	46,6 45,7	11,79 11,45	11,62 ± 0,20
71	NA.M 138.RT	U du Morne Doré N. du Lamentin	BA	1,13	{25,250 23,420	24,0 22,0	12,84 11,91	12,38 ± 0,50
72	BA.MW 47 W.RT	Entre sucrerie du Galion et Qr. Lestrade - N. du Robert	BA	0,25	{5,167 5,446	44,2 37,3	12,07 12,72	(12,40 ± 0,30)
73	NA.M 129.RT	Vieille Terre - SW Mgne du Vauclin	BA	0,68	{15,031 14,897	75,0 76,0	12,70 12,59	12,65 ± 0,30
74	BA.MC 64.RT	Morne Cabrit (W. du Lamentin)	AN	1,01	23,620	23,2	13,44	13,44 ± 0,40
75	BA.MW 12 S.RT	Fort de France Qr. T.S.F.	AN	0,82	19,510	54,4	13,69	13,69 ± 0,20
76	BE.P 15 H.RT	Le Vauclin (Montagne du Vauclin)	AN	0,60	{16,523 13,185	32,7 21,8	15,81 12,63	(14,22 ± 1,6)
77	RE.MW 39 E.H	Qr. Corps de Garde - W. de Ste Luce	AN	0,46	11,460	33,8	14,28	(14,28 ± 0,30)
78	NA.M 135.RT	N. Ste Luce - Flanc est - Morne Caraïbe - Qr. Coulange	AN	1,16	{30,598 29,616	40,0 38,0	15,15 14,66	(14,90 ± 0,40)

## HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA MARTINIQUE

Numéro échantillon	Référence de l'auteur	Localité	Nature	K %	Ar moles $10^{-12}$ g $^{-1}$ TPN	% radio-génique	T. 10 <sup>6</sup> ans	
								± 2 $\sigma$
79	NA.M 131.RT	U du Paquemar - S. du Vauclin	BA	0,77	{20,606 19,848	81,0 81,0	15,37 14,80	} 15,09 ± 0,30
80	BA.MW 44 B.RT	Ilet à Eau - Baie du Robert	AN	0,67	18,250	19,0	15,69	
81	BE.P 12 C.RT	Carrière de Bois Soldat - Le François	AN	0,82	{22,567 22,783	25,4 29,5	15,80 16,00	} 15,90 ± 1,00
82	BA.MW 22 Z.RT	Piton Crève Coeur Ste Anne	BA	0,41	12,950	43,1	18,12	
83	BA.MW 26 P.RT	Gr. Fond Repos - Ste Anne	DA	0,85	28,380	57,4	19,15	19,15 ± 1,30
84	BE.P 14 O.RT	Hbtion Benguette Le Vauclin	AN	0,90	{29,209 30,986	8,1 4,2	18,42 19,75	} (19,19 ± 8,0)
85	BA.MW 28 I.RT	Morne Pavillon - Presqu'île de la Caravelle	AN	0,81	{29,870 27,660	81,8 76,6	21,17 19,61	
86	BA.MA 750.RT	U du Marin - Le Marin (idem éch. 88)	DA	1,09	{45,100 43,100 41,380 42,440	66,7 84,5 78,0 81,3	23,66 22,62 21,72 22,27	} (22,56 ± 1,00)
87	BA.MW 25 S.RT	Rocher à Zombi - Rivière Pilote	AN	1,00	55,530	22,4	27,12	
88	NA.M 132.RT	U du Marin Le Marin (idem éch. 86)	DA	1,07	{66,905 69,581	15,0 17,0	35,70 37,11	} (36,40 ± 1,00)

Tableau 1

Les âges conventionnels sont calculés ou recalculés avec les constantes proposées par Steiger et Jaeger (1977). Les erreurs analytiques sont calculées selon la méthode de Dalrymple et Lanphere (1969) ou sont celles publiées par les auteurs.

Les analyses des échantillons portant la référence BA ont été effectuées au B.R.G.M., BE par H. Bellon, BR et RE par D. REX (in Briden *et al.*, 1979 et depuis), NA par J.J. Stipp (in Nagle *et al.*, 1976).

Les âges conventionnel entre parenthèses sont considérés, pour des raisons explicitées dans le texte, comme non représentatifs de l'âge de mise en place des laves datées.

Fig. 12.- Rapports entre les blocs tectoniques et les compartiments d'arc.

1 - compartiment nord ; 2 - compartiment central ; 3 - compartiment sud-occidental ; 4 - compartiment miocène ; 5 - accidents transverses ; a = faille s.p. ; b = faille normale, compartiment effondré côté barbelures ; c = faille supposée ; d = prolongement de faille masquée.

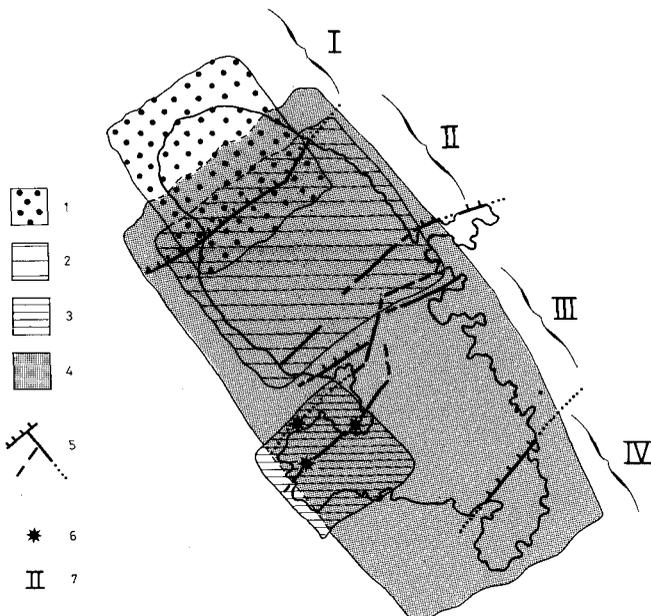


Fig. 12.-

G. Wadge se rallie au modèle de B.D. Marsh (1979) qui envisage à l'aplomb de l'arc une zone de production magmatique longitudinalement continue, d'où se détachent des diapirs magmatiques espacés d'environ 30 km. Ces diapirs peuvent, soit gagner la surface à la faveur de failles transverses, soit se piéger dans des stocks dioritiques ou des chambres magmatiques en cours de route. Cet auteur explique ainsi l'espacement irrégulier des îles et centres volcaniques des Petites Antilles.

D. Westercamp propose de lier le fonctionnement irrégulier de l'arc dans l'espace et le temps aux irrégularités superficielles originelles de la croûte atlantique qui s'engage dans la subduction, c'est-à-dire à la répartition des bassins sédimentaires ménagés entre les reliefs océaniques (rides asismiques, monts sous-marins, ...). Contrairement aux modèles classiques (cf. par ex. A.E. Ringwood, 1974), il envisage alors que c'est la fusion des sédiments préservés de l'accrétion, et non la déshydratation de la plaque (croûte + sédiments),

qui est le moteur de la production magmatique. Dans ce nouveau modèle, un compartiment d'arc, comme les quatre reconnus dans le bâti martiniquais, est lié à la subduction d'un bassin ou sillon sédimentaire. La largeur (parallèlement à l'arc) et le temps d'activité du premier reflète respectivement la largeur et la longueur (divisée par la vitesse de subduction) du second. L'enrichissement, au cours du temps, des laves émises en éléments incompatibles et radiogéniques et le déplacement lent du front volcanique vers l'ouest, tradiraient respectivement la contamination progressive du manteau par les sédiments subductés, et le phénomène de convection du manteau dans le coin asthénosphérique postulé par D.P. McKenzie (1969). La répartition des îles et centres volcaniques récents, et des canaux et tronçons de l'arc inactifs depuis plusieurs millions d'années, correspond relativement bien à la distribution des bassins et rides océaniques atlantiques actuellement engagés dans la subduction pour le vecteur de convergence W.NW généralement adopté par les auteurs (cf. Ph. Bouysse et D. Westercamp, ce numéro).

En conclusion on peut souligner - indépendamment de la réalité du modèle rapidement décrit ci-dessus - que l'histoire géologique de la Martinique ne satisfait à aucun des modèles magmatologiques généraux proposés jusqu'alors : ni au modèle longitudinal de G.M. Brown *et al.* (1977) qui cantonne l'activité de type tholéitique d'arc à la partie nord des Petites Antilles, de type calco-alcalin au centre, et alcalin à l'extrémité sud ; ni au modèle latéral de P. Jakes et A.J.R. White (1969) et J. Gill (1970) qui envisage une évolution globale de l'arc depuis des termes tholéitiques, au début et côté fosse, jusqu'à des termes calco-alcalins riches en potassium et éléments radiogéniques, côté interne et en fin de fonctionnement.

L'histoire géologique de la Martinique est conforme à un schéma d'édification par compartiments d'arc plus ou moins juxtaposés ou adjacents dans l'espace et le temps, certains évoluant selon le modèle de J. Gill, P. Jakes et A.J.R. White (*op. cit.*), au gré de la subduction de bassins et sillons sédimentaires préservés de l'accrétion dans la zone avant-arc.

## Références bibliographiques

- ANDREIEFF P. (1981).- Stratigraphie et micropaléontologie des îles du plateau insulaire d'Anguilla - Saint-Barthélemy (Petites Antilles). *Résumés principaux résultats scientifiques et techniques du S.G.N.* Éditions B.R.G.M., p. 58.
- ANDREIEFF P. (1983).- Extension stratigraphique des grands foraminifères néogènes de la région Caraïbe : *Paraspirocyclus chawneri* (Palmer) et *Operculinoides cojimarensis* (Palmer). *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), 25, n° 6, pp. 885-888.
- ANDREIEFF P. (1985).- Stratigraphic range of Caribbean larger foraminifera from Oligocene to Pliocene : state of knowledge in 1985. *Symp. Géodyn. Caraïbes* (A. Mascle, ed.), Paris, éditions Technip, pp. 99-100.
- ANDREIEFF P., BELLON H., WESTERCAMP D. (1976).- Chronométrie et stratigraphie comparée des édifices volcaniques et formations sédimentaires de la Martinique (Antilles françaises). *Bull. B.R.G.M.*, (2), IV, n° 4, pp. 335-346.
- ANDREIEFF P., BIZON G., BOUYSSSE P. (1981).- Révision de l'âge des formations sédimentaires de l'île de St-Martin : implications sur la chronologie du volcanisme de l'arc insulaire des Petites Antilles. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, 2, n° 292, pp. 79-82.
- ANDREIEFF P., BOUYSSSE P., WESTERCAMP D. (1979).- Reconnaissance géologique de l'arc insulaire des Petites Antilles. Résultats d'une campagne à la mer de prélèvements de roches entre Ste-Lucie et Anguilla (ARCANTE 1). *Bull. B.R.G.M. Fr.* IV, n° 3/4, pp. 227-270.
- ANDREIEFF P., BOUYSSSE P., WESTERCAMP D. (1983).- Révision géologique de l'île de Marie-Galante (Petites Antilles). *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), n° 25, pp. 805-810.
- ANDREIEFF P., COTTEZ S. (1976).- Sur l'âge, la structure et la formation des îles de Grande-Terre et de Marie-Galante (Guadeloupe, FWI). *Bull. B.R.G.M. Fr.* (2), IV, n° 4, pp. 329-333.
- ANDREIEFF P., WESTERCAMP D., GARRABE F., BONNETON J.R., DAGAIN J. (1988).- Stratigraphie de l'île de Saint-Martin, Petites Antilles septentrionales. *Géologie de la France*, n° 2.
- BARRABE L. (1955).- Contribution à l'étude stratigraphique et tectonique des formations sédimentaires de la Martinique. *Rev. Inst. Fr. Pétrol. et Comb. Liq.*, v. 10, n° 5, pp. 295-308.
- BAUBRON J.C., CANTAGREL J.M. (1983).- Chronologie des éruptions dans le massif volcanique des Monts Dore (méthodes K/Ar). Implications volcanologiques. *Géologie de la France* (2), n° 1/2, p. 123-142 + 2 cartes.
- BAUBRON J.C., DEMANGE J. (1977).- Chronologie absolue de quelques formations volcaniques du centre du strato-volcan du Cantal (Massif Central français). *Rapport B.R.G.M.* 77 SGN 268 MGA-GTH, 82 p. inédit.
- BELLON H., PELLETIER B., WESTERCAMP D. (1974).- Données géochronologiques relatives au volcanisme martiniquais. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, (D), 279, pp. 457-460.
- BERGGREN W.A. (1977).- Late Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Rio Grande Rise (South Atlantic). *Marine Micropaleontology*, 2, pp. 265-313.
- BERGGREN W.A., AUBRY M.P., HAMILTON N. (1983).- Neogene magnetobiostratigraphy of Deep Sea Drilling Project Site 516 (Rio Grande Rise, South Atlantic). *Init. Rep. D.S.D.P.*, 72, pp. 675-713.
- BERGGREN W.A., KENT D.V., FLYNN J.J., VAN COVERING J.A. (1985).- Cenozoic geochronology. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 96, pp. 1407-1418.
- BLOW W.H. (1969).- Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In : Brönnimann P. & Renz H. (Eds.), *Proc. 1st Int. Conf. Plankt. Microfossils* (Geneva, 1967), Leiden, Brill E.J., I, pp. 199-422.
- BLOW W.H., BANNER F.T. (1966).- The morphology, taxonomy and biostratigraphy of *Globorotalia barisanensis* Le Roy, *Globorotalia fohsi* Cushman and Ellisor, and related taxa. *Micropaleontology*, 12, 3, pp. 286-302.
- BOLLI H.M. (1967).- The species of *Globorotalia fohsi* Cushman and Ellisor and the zones based on them. *Micropaleontology*, 13, pp. 502-512.
- BOLLI H.M., PREMOLI-SILVA I. (1981).- Oligocene to Recent planktonic foraminifera and stratigraphy of the leg 15 sites in the Caribbean Sea. *Init. Rep. D.S.D.P.*, 15, pp. 475-497.
- BOLLI H.M., SAUNDERS J.B. (1981).- The species of *Sphaeroidinellopsis* Banner and Blow, 1959. *Cah. Micropal.*, 4, pp. 13-25.
- BOLLI H.M., SAUNDERS J.B. (1985).- Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. In : Bolli H.M., Saunders J.B., Perch-Nielsen K. (eds.), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, pp. 155-262.
- BOUYSSSE P. (1979).- Caractères morphostructuraux et évolution géodynamique de l'arc insulaire des Petites Antilles (campagne ARCANTE 1). *Bull. B.R.G.M. Fr.* IV, n° 3/4, pp. 185-210.
- BOUYSSSE P. (1988).- Opening of the Grenada back-arc basin, and evolution of the Caribbean plate during the Mesozoic and Early Paleogene. *Tectonophysics*, 149, pp. 121-143.

- BOUYSSÉ P., ANDREIEFF P., RICHARD M., BAUBRON J.C., MASCLE A., MAURY R.C., WESTERCAMP D. (1985).- Géologie de la ride d'Aves et des pentes sous-marines du nord des Petites Antilles & esquisse bathymétrique à 1/1.000.000 de l'Est-Caraïbe. *Documents du B.R.G.M.*, n° 93, 146 p.
- BOUYSSÉ P., ROBERT S., GUENOC P., MONTI S. (1983).- Bathymétrie détaillée (Seabeam) et anomalies magnétiques dans les Antilles françaises : interprétation morphostructurale de la vallée et de l'escarpement de la Désirade et des côtes occidentales de Basse-Terre de Guadeloupe et de la Martinique. *Documents du B.R.G.M.*, n° 63, 78 p.
- BOUYSSÉ P., SCHMIDT-EFFING R., WESTERCAMP D. (1983).- La Désirade island (Lesser Antilles) revisited : Lower Cretaceous radiolarian cherts and arguments against an ophiolitic origin for the basal complex. *Geology*, 11, pp. 244-247.
- BOUYSSÉ P., WESTERCAMP D. (1988).- Effets de la subduction de rides océaniques sur l'évolution d'un arc insulaire : l'exemple des Petites Antilles. *Géol. de la France*, 2.
- BOUYSSÉ P., WESTERCAMP D., ANDREIEFF P., BAUBRON J.C., SCOLARI G. (1985).- Le volcanisme sous-marin néogène récent au large des côtes caraïbes des Antilles françaises. Relations avec le volcanisme à terre et évolution du front volcanique. *Géol. de la France*, n° 1, pp. 101-114.
- BRIDEN J.C., REX D.C., FALLER A.M., TOMBLIN J.F. (1979).- K-Ar geochronology and palaeomagnetism of volcanic rocks in the Lesser Antilles island arc. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 291, (A 1383), pp. 485-528.
- BROWN G.M., HOLLAND J.G., SIGURDSSON H., TOMBLIN J.F., ARCULUS R.J. (1977).- Geochemistry of the Lesser Antilles volcanic island arc. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, pp. 785-801.
- BUTTERLIN J. (1956).- La constitution géologique et la structure des Antilles. Editions du C.N.R.S., Paris, 453 p.
- BUTTERLIN J. (1976).- Biostratigraphie de diverses localités du Crétacé supérieur et du Tertiaire de la région des Caraïbes, basée sur les Macroforaminifères. IIIe Cong. Latino-Americano, Acapulco, 19 p.
- BUTTERLIN J. (1981).- Claves para la determinacion de macroforaminiferos de Mexico y del Caribe. del Cretacio superior al Mioceno medio. *Inst. Mex. petrol.*, 219 p.
- BUTTERLIN J. (1984).- Remarques sur des espèces de grands foraminifères du Tertiaire des Petites Antilles françaises et sur la phylogénie des espèces américaines du genre *Lepidocyclina*. *Benthos '83* ; 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera, pp. 105-115.
- CAVELIER C., POMEROL Ch. (1983).- Echelle de corrélation stratigraphique du Paléogène. Stratotypes, étages standards, biozones, chimiozones et anomalies magnétiques. *Géol. de la France*, n° 3, pp. 261-262.
- CHEMINEE J.L. (1973).- Contribution à l'étude des comportements du potassium, de l'uranium et du thorium dans l'évolution des magmas. Thèse Doctorat ès-Sciences, Univ. Paris IV, 445 p.
- CLARKE W.J., BLOW W.H. (1969).- The inter-relationship of some late Eocene, Oligocene and Miocene larger foraminifera and planktonic biostratigraphic indices. *Proc. 1st Int. Conf. Plankt. Microfossils*, v. II, pp. 82-95, E.J. Brill (Ed.).
- COLE W.S. (1957).- Variation in American Oligocene species of *Lepidocyclina*. *Bull. Amer. Pal.*, 38, n° 166, pp. 31-44.
- COLE W.S. (1961).- An Analysis of certain taxonomic problems in the larger foraminifera. *Bull. Amer. Pal.*, 43, n° 197, pp. 373-394.
- COLE W.S. (1964).- American mid Tertiary Miogypsinid foraminifera : classification and zonation. *C.C.F.F.R.*, 15, n° 4, pp. 138-153.
- COLE W.S. (1967).- A review of American species of Miogypsinids (larger foraminifera). *C.C.F.F.R.*, 18, n° 3, pp. 99-117.
- COULON C., CLOCCHIATTI R., MAURY R.C., WESTERCAMP D. (1984).- Petrology of basaltic xenoliths in andesitic to dacitic host lavas from Martinique (Lesser Antilles) : evidence for magma mixing. *Bull. Volcanol.*, 47, n° 4, (1), pp. 705-734.
- D'ARCO P., MAURY R.C., WESTERCAMP D. (1981).- Geothermometry and geobarometry of a cummingtonite-bearing dacite from Martinique, Lesser Antilles, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 77, pp. 177-184.
- DAVIDSON J. (1986).- Isotopic and trace element constraints on petrogenesis of subduction-related lavas from Martinique, Lesser Antilles. *J. Geophys. Res.*, 91, n° B6, pp. 5943-5962.
- DOREL J. (1978).- Sismicité et structure de l'arc des Petites Antilles et du Bassin Atlantique. Thèse d'Etat, Univ. Paris VI, 326 p.
- ESCALANT M. (1988).- Evolution temporelle du volcanisme de la Martinique : un exemple de naissance et de maturation d'un arc insulaire. Thèse Doctorat Univ. Aix-Marseille III, 188 p.
- FEUILLARD M., LE MOUËL J.L., POZZI J.P., THOMAS D. (1980).- Le levé aéromagnétique de la Martinique. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 22, n° 1, pp. 125-134.
- FICHAUT M. (1986).- Magmatologie de la montagne Pelée (Martinique). Thèse Université de Bretagne Occidentale, 319 p.
- GARRABE F., ANDREIEFF P. (1985).- Sédimentation et tectonique plio-quadernaire comparées de Marie-Galante et de Grande-Terre (Guadeloupe). In : *Symp. Géodynamique des Caraïbes* (A. Mascle, ed.), Editions Technip., pp. 155-160.
- GERARD A., WESTERCAMP D., BOUYSSÉ P., DUBREUIL G., VARET J. (1979).- Etude géophysique préliminaire à une évaluation du potentiel géothermique des Antilles françaises. *Documents du B.R.G.M.*, n° 27, 40 p.
- GILL J. (1970).- Geochemistry of Viti Levu, Fidji, and its evolution as an island arc. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 43, pp. 29-45.
- GIRAUD J. (1918).- Esquisse géologique de la Martinique. Imprimerie Hanoi-Haiphong, 62 p.
- GOURGAUD A., BOURDIER J.L. (1982).- Le système volcanique Diamant-Burgos (SW martiniquais) : mélanges de magmas en volcanisme différencié linéaire et origine des basaltes à quartz. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, 294, II, pp. 1349-1354.
- GRUNEVOLD H. (1965).- Géologie de la Martinique. Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France., Imprimerie Nationale, Paris, 144 p.
- JAKES P., WHITE A.J.R. (1969).- Structure of the Melanesian arcs and correlation with distribution of magma types. *Tectonophysics*, 8, pp. 222-236.
- JULIUS C., PONS J.C. (1976).- Etude micropaléontologique et sédimentologique du gisement de Bassignac (Martinique) : interprétation biostratigraphique. *Bull. B.R.G.M. Fr.*, (2), IV, n° 4, pp. 325-328.
- LASSERE G. (Ed.) (1977).- La Martinique. Atlas des Départements Français d'Outre-Mer (2). CEGET-IGN, Paris.
- LE GUEN de KERNEIZON M., BELLON H., CARRON J.P., MAURY R.C. (1983).- L'île de Sainte-Lucie (Petites Antilles) : distinction des principales séries magmatiques à partir des données pétrochimiques et géochronologiques. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), 25, n° 6, pp. 845-853.
- LE GUEN de KERNEIZON M., MASCLE A., MAURY R.C., WESTERCAMP D. (1979).- Les laves de la Désirade (Petites Antilles), témoins d'un magmatisme de marge active : arguments minéralogiques. *Bull. B.R.G.M. Fr.*, IV, n° 3/4, p. 285-292.
- McKENZIE D.P. (1969).- Speculations on the consequences of plate motions. *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 18, pp. 1-32.
- MARSH B.D. (1979).- Island arc development : some observations, experiments and speculations. *J. Geol.*, 87, pp. 687-713.
- MARTIN-KAYE P.H.A. (1969).- A summary of the geology of the Lesser Antilles. *Overseas Geol. Miner. Res.*, 10, n° 1, pp. 172-206.
- MASCLE A., WESTERCAMP D. (1983).- Géologie d'Antigua, Petites Antilles. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), 25, n° 6, pp. 855-866.
- MAURY R.C., CLOCCHIATTI R., COULON C., D'ARCO P., WESTERCAMP D. (1985).- Signification du grenat et de la cordiérite dans les laves du Sud-Ouest martiniquais. *Bull. Minéral.*, 108, pp. 63-79.
- MAURY R.C., WESTERCAMP D. (1985).- Variations chronologiques et spatiales des basaltes néogènes des Petites

- Antilles. Implications sur l'évolution de l'arc. In : *Symp. Géodynamique des Caraïbes* (A. Mascle, Ed.), Editions Technip., p. 77-89.
- MOLNAR P., SYKES L.R. (1969).- Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **80**, pp. 1639-1684.
- NAGLE F., STIPP J.J., FISHER D.E. (1976).- K-Ar geochronology of the Limestone Caribbees and Martinique, Lesser Antilles, West Indies. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **29**, pp. 401-412.
- PELLETIER B. (1974).- Les andésites du sud-est martiniquais. Thèse 3ème cycle, Univ. Orléans, 202 p.
- RINGWOOD A.E. (1974).- Petrological evolution of island arc systems. *J. Geol. Soc.*, **130**, pp. 183-204.
- ROBINSON E., JUNG P. (1972).- Stratigraphy and age of marine rocks, Carriacou, West Indies. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **56**, n° 1, pp. 114-127.
- ROBINSON E., PERSAD K.M. (1983).- The occurrence of *Miogypsinoïdes* in Antigua, W.I. *10th Carib. Geol. Conf.*, Cartagena, 12 p. (prétirage).
- SAUNDERS J.B., BERNOUILLI D., MARTIN-KAYE P.H.A. (1985).- Late Eocene deep-water clastics in Grenada, West Indies. *Eclogae Geol. Helv.* **78**, n° 3, pp. 469-485.
- SENN A. (1940).- Paleogene of Barbados and its bearing on history and structure of Antillean-Caribbean region. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **24**, n° 9, pp. 1548-1610.
- TRAINEAU H. (1982).- Contribution à l'étude géologique de la montagne Pelée, Martinique : évolution de l'activité éruptive au cours de la période récente. Thèse 3e cycle, Univ. Paris Sud, Orsay, 209 p.
- WADGE G. (1986).- The dykes and structural setting of the volcanic front in the Lesser Antilles island arc. *Bull. Volcanol.*, **48**, pp. 349-372.
- WESTBROOK G.K., MASCLE A., BIJU-DUVAL B. (1984).- Geophysics and structure of the Lesser Antilles forearc. In : Biju-Duval B., Moore J.C. *et al.*, *Init. Repts. D.S.D.P.*, **78A**, pp. 23-28.
- WESTERCAMP D. (1972).- Contribution à l'étude du volcanisme en Martinique, Petites Antilles. Thèse 3e cycle, Univ. Paris-Sud, Orsay, 278 p.
- WESTERCAMP D. (1974a).- Le volcanisme et les formations sédimentaires du Sud-Est martiniquais. *VIIe Conf. Géol. Caraïbes*, livret-guide d'excursions dans les Antilles françaises, Editions B.R.G.M., pp. 127-147.
- WESTERCAMP D. (1974b).- La montagne Pelée et la destruction de Saint-Pierre (8 mai 1902). *VIIe Conf. Géol. Caraïbes*, livret-guide d'excursions dans les Antilles françaises, Editions B.R.G.M., pp. 149-160.
- WESTERCAMP D. (1974c).- Le volcanisme récent du Sud-Ouest martiniquais (laves, paragenèses minérales et structures inhabituelles). *VIIe Conf. Géol. Caraïbes*, livre-guide d'excursions dans les Antilles françaises, Editions B.R.G.M., pp. 161-181.
- WESTERCAMP D. (1976a).- Stratigraphie des roches volcaniques du Carbet (Martinique). *Trans. 7ème Conf. Géol. Caraïbes* (Guadeloupe, 1974), p. 427-436.
- WESTERCAMP D. (1976b).- Pétrologie de la dacite à grenat de Gros Ilet, Martinique, Petites Antilles françaises. *Bull. B.R.G.M. Fr.*, (2), IV, pp. 253-266.
- WESTERCAMP D. (1977).- Evolution des séries volcaniques de Martinique et des arcs insulaires des Petites Antilles dans leur contexte structural. *8e Conf. Géol. Caraïbes, Curaçao, Résumé*, p. 227-228.
- WESTERCAMP D. (1979).- Diversité, contrôle structural et origines du volcanisme récent dans l'arc insulaire des Petites Antilles. *Bull. B.R.G.M. Fr.* (2), IV, n° 3/4, pp. 211-226.
- WESTERCAMP D. (1980).- Carte géologique de la Désirade à 1/25.000 et notice explicative. Editions du B.R.G.M.
- WESTERCAMP D. (1988).- Magma generation in the Lesser Antilles : geological constraints. *Tectonophysics*, **149**, pp. 145-163.
- WESTERCAMP D., ANDREIEFF P. (1983).- Saint-Barthélemy et ses îlets. Antilles françaises : stratigraphie et évolution magmato-structurale. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), **25**, n° 6, pp. 873-883.
- WESTERCAMP D., ANDREIEFF P. (à paraître).- Carte géologique de la Martinique à 1/50.000 et notice explicative. Editions du B.R.G.M.
- WESTERCAMP D., ANDREIEFF P., BAUBRON J.C. (1985a).- Evolution géologique de la Martinique. Résumés du *Symposium sur la Géodynamique des Caraïbes* (Paris, février 1985), 1 p., Editions I.F.P.
- WESTERCAMP D., ANDREIEFF P., BOUYASSE Ph., MASCLE A., BAUBRON J.C. (1985b).- Géologie de l'archipel des Grenadines (Petites Antilles méridionales) : étude monographique. *Documents du B.R.G.M.*, n° 92, 198 p.
- WESTERCAMP D., TRAINEAU H. (1983a).- The past 5,000 years of volcanic activity at Mt Pelée, Martinique (F.W.I.) : implications for assessment of volcanic hazards. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **17**, n° 1/4, pp. 159-186.
- WESTERCAMP D., TRAINEAU H. (1983b).- Carte géologique de la montagne Pelée, Martinique à 1/20.000, et notice explicative simplifiée. Editions B.R.G.M.
- WESTERCAMP D., TRAINEAU H., (1988).- Schéma hydrogéologique et géothermique d'un stratovolcan d'arc insulaire : exemple de la montagne Pelée, Martinique (Antilles françaises). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **8**, 3, n° 6, pp. 1063-1073.
- ZORPI M. (à paraître).- Bilan hydrothermal et zéolitisation de réservoirs géothermiques fossiles de haute température en contexte volcanique : application à l'exploitation des champs actifs. Thèse Doctorat, Univ. Aix-Marseille III.