

RECONNAISSANCE GEOMORPHOLOGIQUE DE L'ILE D'ANJOUAN (Archipel des Comores)

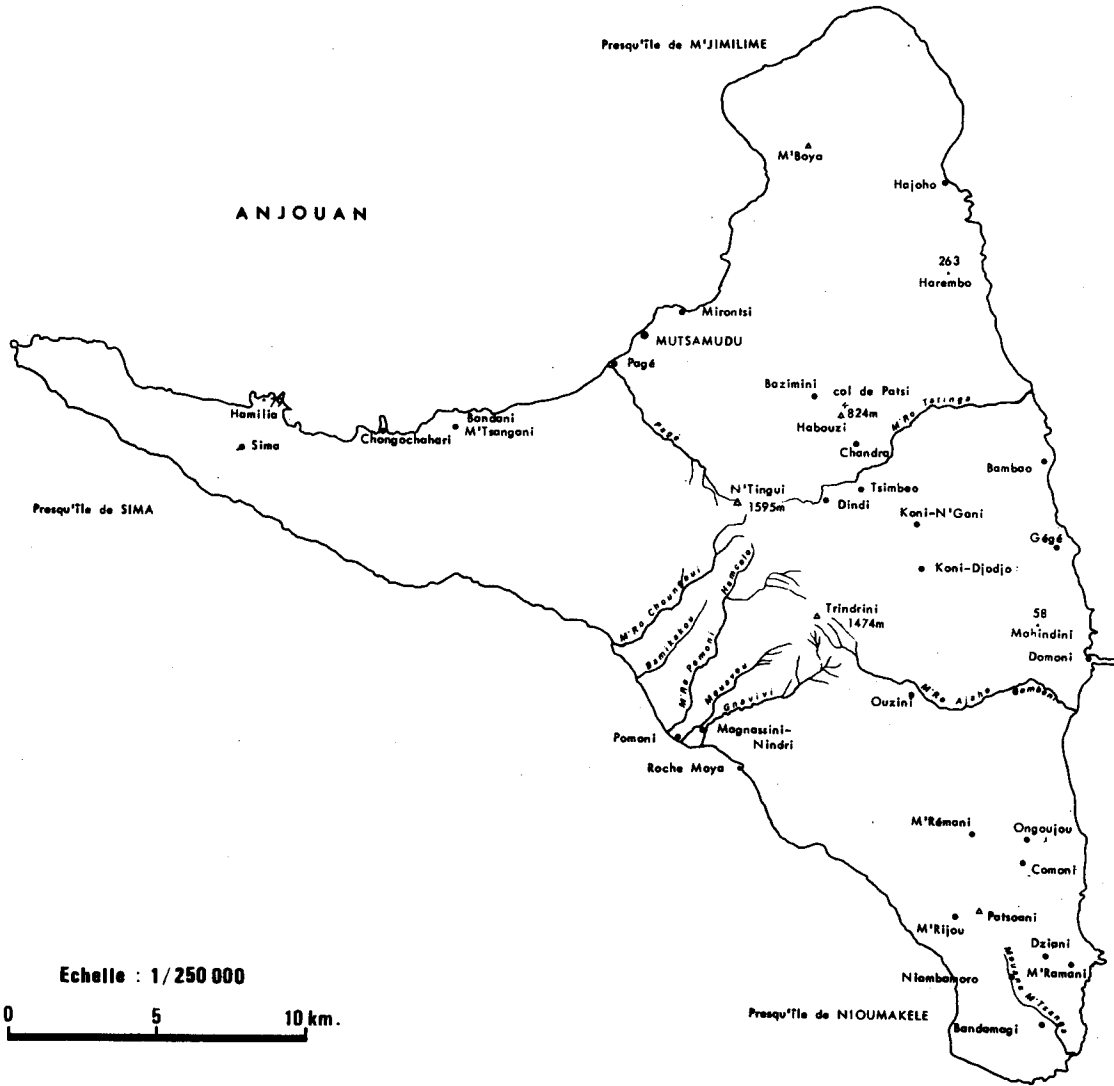
par Jean TRICART (1)

Bien que fréquentée depuis longtemps par les Européens, l'île d'Anjouan reste encore fort peu connue au point de vue scientifique. Nous n'avons pu trouver aucun travail de géomorphologie qui lui soit consacré. La principale référence bibliographique, à son sujet, consiste dans un rapport polycopié du Bureau Géologique de Madagascar, rédigé par R. PAVLOVSKY et J. de SAINT-OURS en 1953. De diffusion très restreinte, il est accompagné d'une carte géologique de reconnaissance à petite échelle et porte essentiellement sur les aspects hydrogéologiques. Un certain nombre d'études pétrographiques d'échantillons provenant de l'île ont été faites, au début du siècle, par LACROIX, mais elles sont peu utilisables, car les prélèvements ne sont pas localisés avec suffisamment de précision. Beaucoup d'entre eux portent sur des galets de plages ...

C'est pourquoi, à la demande de collègues du Comité de Rédaction de «MADAGASCAR, Revue de Géographie», nous communiquons au public nos notes de terrain. Si imparfaites soient-elles, elles apportent quelques éléments nouveaux. Les recherches qui doivent se poursuivre ont pour objet de mieux connaître les rapports entre morphogénèse et pédogénèse en vue d'un aménagement rural.

- (1) Cette reconnaissance a été faite en mars-avril 1972 dans le cadre d'une mission de l'I.R.A.T. en vue de la mise en train d'études pédologiques et agronomiques. Nos travaux de terrain ont été accomplis en compagnie de MM. KILIAN, Chef du service pédologique de l'IRAT, BROUWERS et LATRILLE, pédologues de l'IRAT affectés aux Comores, DAMOUR, pédologue à l'IRAM, AMZA et HANOUECHE, aides-pédologues de l'IRAT. Le présent article n'est qu'un élément interdisciplinaire et doit beaucoup aux échanges de vues qui ont eu lieu de manière permanente au sein de notre équipe. Nous sommes vivement reconnaissants à l'IRAT de nous avoir associé à ces recherches et donné d'excellentes facilités de travail.





L'île d'ANJOUAN est montagneuse et culmine au N'Tingui à 1595 m. Ce sommet est situé à moins de 7 km de la côte. Le relief est accidenté, riche en pentes raides. Le modelé est un modelé de dissection, vigoureux. La plupart des vallées sont en pente forte, étroites. Les accumulations alluviales et littorales sont rares et exiguës. Les versants raides, d'une soixantaine de degrés et plus, sont nombreux. Cependant, les abrupts rocheux sont assez rares. L'île, en effet, appartient au domaine des climats tropicaux humides. La saison sèche, d'avril à octobre, n'est que relative et les totaux annuels moyens dépassent 2000 mm. Notons d'ailleurs que tous les postes pluviométriques se trouvent dans des vallées ou sur la côte, dans des sites relativement abrités. Au dessus de 700-800 m, les crêtes et les versants baignent souvent dans les nuages et bénéficient de condensations importantes. Le réseau climatologique n'en donne pas la moindre idée. Cependant, l'aspect de la végétation témoigne de l'importance accrue des précipitations et des brouillards en altitude. Au col de Moya, vers 900 m, sur le flanc S de l'île, on se trouve dans une *forêt de brouillard* typique, très touffue, riche en épiphytes, avec une abondante litière se décomposant lentement, une rapide colonisation des parois de tranchées par des fougères, des mousses. Cette forêt s'accroche, dans toute l'île, à des pentes très raides et drapé directement la roche en place en inserrant ses racines dans les fissures. C'est elle qui restreint l'étendue des corniches rocheuses malgré la vigueur de la dissection.

Le modelé d'Anjouan résulte de l'intense dissection, sous conditions tropicales humides, d'un édifice volcanique complexe, mis en place, depuis le début du Néogène lors de phases successives qui ont interféré avec la dissection elle-même.

J. de SAINT-OURS (R. PAVLOVSKY et J. de SAINT-OURS, 1953) a distingué trois phases volcaniques : inférieure, intermédiaire et récente. Comme nous le verrons, certains aménagements sont nécessaires dans cette succession, mais elle est valable dans ses grandes lignes. Chacune de ces phases coïncide avec une étape majeure de la morphogénèse. Nous partirons donc de cette division.

I — LA CHARPENTE VOLCANIQUE ANCIENNE

La « phase inférieure » de J. de SAINT-OURS est caractérisée par des laves stratifiées en bancs nets, réguliers, d'une épaisseur de l'ordre du mètre, toujours résistantes. Ce sont des basaltes, riches en augite, des basanites, des ankaranites, des ankaratrites basanitiques. Nous n'avons pas constaté de différence dans le comportement géomorphologique de ces divers faciès. Toutes ces roches sont pauvres en silice et passeraient même à des limburgites.

La plus grande partie des formations volcaniques anciennes forme une sorte de dôme, peut-être un ancien volcan en bouclier, dont la partie sommitale se place immédiatement au Sud du N'Tingui, au centre de l'île. Le pendage des bancs, bien nets, est faible, de quelques degrés seulement. Il est aussi fort régulier. Mais tout cet édifice est profondément démantelé d'une part par une vigoureuse dissection, d'autre part par des manifestations volcaniques explosives plus récentes. Les formes

construites de ce volcanisme inférieur ont complètement disparu. Il ne reste plus qu'une charpente, les propriétés lithologiques du matériel ayant influencé, à la fois, la dissection et l'insertion des manifestations volcaniques plus récentes.

Les coulées de volcanisme ancien donnent les points culminants de l'île. Elles ont été découpées en crêtes généralement aigües, ou, pour le moins, très étroites, qui s'élèvent d'un seul jet à quelque 500 m au-dessus d'une série de dépressions intérieures (Bazimini, Dindi, Koni-N'Gani, Koni-Djodjo, Ouzini) et dominant de plus haut encore les étroites vallées du versant SW de l'île (M'Ro Choungoui, Gnavivi, Hamcolo). Il ne nous a pas été possible de contrôler si le Trindrini est bien formé par le même édifice ancien en bouclier que le N'Tingui. Mais, de toutes manières, les aspects du modelé, tant au sol que sur les photographies aériennes, sont identiques.

Les flancs de ces crêtes sont toujours très raides, supérieurs à 45°. Cependant, quelques nuances apparaissent :

— Ceux qui regardent vers le centre de l'île sont plus abrupts et sont subverticaux, atteignant 70-80°. Ils sont en position de front de monoclinale, du fait de l'allure générale en bombement de cet édifice demantelé.

— Ceux qui sont tournés vers le pourtour de l'île sont moins abrupts. Les crêtes se ramifient graduellement en s'abaissant, donnant des systèmes de serres, avec un drainage encore visiblement rayonnant. Leurs flancs sont moins uniformément raides, des replats s'y esquissent, sous la forme d'atténuations locales de la pente. Ces systèmes de serres forment le revers des monoclinaux sculptés dans le bombement.

Cette dissymétrie d'origine structurale est bien nette le long de la grande crête du N'Tingui et apparaît clairement sur la carte au 1/50 000 de l'I.G.N.

Ces versants vertigineux sont osseux. La roche affleure sous une pellicule d'argile brune d'altération retenue dans le chevelu vigoureux des racines qui s'ancrent dans les diaclases et les joints de stratification. La forêt de brouillard les drapè dans des conditions édaphiques défavorables, mais que compense l'humidité du climat. C'est pourquoi, les corniches rocheuses sont rares : elles se limitent aux faciès particulièrement massifs des laves, dans lesquels les racines ne peuvent pénétrer. On les rencontre presque uniquement sur les flancs des vallées très incisées du versant SW de l'île (M'Ro Choungoui, Gnavivi). L'évolution actuelle consiste dans des foirages, localisés, qui emportent les arbres et la terre, ainsi que quelques blocs. Ils donnent des cicatrices étroites (une dizaine de mètres de large) et allongées (100 à 200 m de long), résultant d'un déplacement brutal de la masse qui se détache, où la gravité joue le rôle déterminant sans qu'intervienne un écoulement caractérisé. Ces foirages engendrent ce que l'on peut appeler, en s'inspirant des américains, des « avalanches de terre ». Ce processus est fréquent sur les versants très raides dans le domaine de la forêt de brouillard andine et sous le climat hyperhumide de l'île Sud de la Nouvelle Zélande.

Les avalanches de terre laissent des cicatrices qui sont rapidement recolonisées par une végétation herbacée. Les arbustes puis les arbres s'y implantent après un délai plus long. Mais elles restent reconnaissables dans le paysage pendant une dizaine ou une vingtaine d'années. Sur les flancs de l'amphithéâtre de Dindi, on reconnaît

encore les traces d'un bon nombre d'entre elles, plus ou moins fraîches. Il s'agit donc d'un processus chronique, probablement climacique. Il semble que les pluies diluviennes des cyclones les multiplient. Mais il en est de très récentes, remontant à la dernière saison des pluies : le phénomène fonctionne même quand il n'y a pas de cyclones. Il implique des pentes subverticales et contribue à les entretenir. C'est lui qui est responsable de la faiblesse du manteau d'altérites. Il provoque une remise à nu périodique du substratum rocheux.

Le pied des parois est aussi parsemé, par endroits, de blocs métriques éboulés, mêlés d'un peu de pierraille. Ces débris ne forment pas de talus d'éboulis définis. Il y a tantôt des amas, tantôt un saupoudrage discontinu. Les gros blocs s'avancent à une certaine distance du pied de la pente raide. Localement, il y a passage à des esquisses de petites cônes de déjections, au débouché de rainures dans lesquelles se produisent des écoulements sporadiques sur la partie basse de la pente, un peu moins raide. Il s'agit plus d'éboulements de blocs que d'éboulis proprement dits. L'éboulis implique un régime de détachement des débris plus permanent. Tout cela est colonisé par la forêt, parfois même mordu par la frange des cultures (bananiers, ilang-ilang). Les rainures continuent actuellement de fonctionner de manière torrentielle (ce fut le cas début avril 1972). Mais il semble bien qu'une partie au moins de ces accumulations ne soit pas actuelle. Certains blocs, en effet, montrent des pellicules d'altération, caractérisées par un blanchiment. On peut formuler l'hypothèse d'une période assez récente de plus grande activité de ces versants. Elle impliquerait une moindre vigueur de la couverture végétale, donc une légère oscillation climatique ayant fait diminuer l'humidité. Nous verrons qu'il existe d'autres indices d'une telle oscillation.

Le sommet des crêtes s'élève irrégulièrement, avec une allure générale, en gradins. Parfois, les secteurs, où la pente longitudinale des crêtes s'amointrit, se caractérisent aussi par un élargissement de la crête en croupe au sommet arrondi, voire même presque plan en de rares endroits. Nous n'avons malheureusement pu effectuer d'observations sur ces formes, d'accès difficile et où il faudrait faire des sondages pour reconnaître le matériel. Nous nous sommes contentés de les observer de loin et sur photographie aérienne. Cela permet cependant de proposer une hypothèse : il semble s'agir de restes de paléotopographies qui jalonnaient une étape de moindre dissection du relief. Cela est particulièrement net sur les crêtes du massif du N'Tingui, vers 900-1150 m. Le sommet du N'Tingui s'élève brutalement au-dessus de ces hautes croupes en pente plus douce et plus large. La pente de l'axe des crêtes sur les flancs SE et NE du N'Tingui est d'environ 30° . Une telle évolution ne doit pas étonner : les coulées du volcanique ancien remonteraient au Miocène inférieur. Du point de vue géomorphologique, nous ne pouvons que nous rallier à ce point de vue des géologues : le démantèlement de ce vieil édifice est si poussé qu'il a demandé du temps, beaucoup de temps.

L'un des aspects importants de la dissection du volcanique ancien, qui l'a réduit à l'état de charpente, est le déblaiement d'amphithéâtres. Les plus nets sont ceux de Bazimini et de Dindi, que nous avons pu examiner. Leur fond se trouve vers 500 m d'altitude entre des crêtes de 1000 à 1200 m, aux flancs subverticaux. Leur largeur

atteint environ 2 km dans la partie amont et diminue à l'aval, bien que les crêtes les limitant s'abaissent. Les cours d'eau qui les drainent incisent, à leur sortie, une gorge dans un goulet entre des crêtes rapprochées. Les surfaces planes ou faiblement accidentées du plancher de ces amphithéâtres forment des terroirs où se rassemblent les villages. L'aspect général ressemble aux descriptions données des « cirques » de la Réunion (3).

Ces amphithéâtres ont une origine fort complexe. Leur plancher est occupé par des matériaux volcaniques plus récents, dont une partie importante constitue des édifices très frais, cônes de projections et cratères d'explosion. On y trouve aussi des coulées basaltiques assez récentes, sous ces édifices. Les cours d'eau les entaillent en gorges, ce qui limite la dissection. Mais ces manifestations volcaniques récentes se sont produites dans des dépressions pré-existantes. Les vallées qui drainent ces amphithéâtres étaient plus entaillées que de nos jours dans le volcanisme ancien lorsqu'elles ont été partiellement fossilisées sous les coulées basaltiques récentes. Les phases volcaniques « intermédiaire » et « récente » de SAINT-OURS que l'on trouve dans les amphithéâtres, se sont produites après une importante période de dissection. Etant donné la résistance du volcanisme ancien, elle a nécessairement duré longtemps. Il est vrai que J. de SAINT-OURS formule l'hypothèse d'une caldeira d'explosion ancienne pour expliquer l'origine de l'amphithéâtre de Dindi, qu'il désigne sous le nom de Bambao M'Touni. La forme même de la dépression est peu favorable à une telle idée. D'autre part, cet amphithéâtre n'est pas seul. Il serait difficile de recourir à la même explication pour les autres. Enfin, il resterait à trouver des traces des masses considérables de matériaux qu'une telle explosion aurait projetés sur l'ensemble de l'île. Nous pensons, au contraire, que ces amphithéâtres résultent de l'élargissement en alvéoles de la partie amont d'un système de vallées rayonnantes ayant disséqué le bouclier volcanique ancien.

Cependant, il existe des traces d'explosions sur leurs flancs. Elles se manifestent par des formes aux parois particulièrement abruptes, encastrées en arc de cercle dans les crêtes sommitales et bordées, du côté de la dépression, par des bourrelets de projections volcaniques dans lesquelles on trouve quelques blocs de basaltes massifs anciens. De telles formes sont bien développées au SW et au NE de Bazimini, à l'W au SW et au S de Dindi. A l'E de Bazimini, l'une d'elles remonte à la phase volcanique moyenne. Les autres datent de la phase jeune. Mais, dans tous les cas, il s'agit seulement de retouches aux bords des amphithéâtres. Le diamètre de ces portions de cratères d'explosion est bien inférieur à celui des dépressions. Il ne dépasse que rarement le kilomètre. Par ailleurs, ces cratères se sont visiblement localisés sur le bord même des amphithéâtres déjà déblayés. Comme les autres manifestations volcaniques plus récentes, leur formation a bénéficié de la dissection antérieure qui a aminci la chape formée par les empilements de laves du volcanisme ancien, empilements mécaniquement résistants aussi bien vis-à-vis de l'incision des cours d'eau que vis-à-vis des

(3) M. DERRUAU, J-P KARCHE, G. MOTTET, 1970 : Problèmes de morphologie volcanique à l'île de la Réunion. Madagascar, Rev. de Géogr., n° 17, p. 7-35.

explosions et de la montée des laves. Par rapport à J. de SAINT-OURS, nous renversons donc l'ordre et l'importance des facteurs. L'amphithéâtre de Dindi n'est pas caldeira d'explosion. C'est une dépression due à la dissection qui, en amincissant le volcanique ancien, a favorisé la localisation de manifestations volcaniques plus récentes, dont certaines furent explosives, qui ont retouché ses contours. La même explication nous semble valoir pour les autres amphithéâtres, en particulier celui de Bazimini pour lequel nous disposons d'observations fort démonstratives.

Une chose apparaît nette : il existe une importante interruption des manifestations volcaniques entre le volcanique « inférieur » de J. de SAINT-OURS et les paroxysmes postérieurs. Comme nous allons le voir, le type même des émissions a changé. Le volcanisme ancien a engendré l'île en édifiant un gros volcan en bouclier dont le sommet se trouvait un peu au Sud du N'Tingui. Il est possible qu'un second édifice de même type soit venu se greffer sur son flanc SE, formant le massif de Trindrini. Mais nous manquons d'observations au sol pour vérifier cette hypothèse. De toutes manières, ce volcanique « inférieur », qui n'est pas daté avec précision, remonterait au Miocène inférieur pour de SAINT-OURS. Du point de vue géomorphologique, cela nous semble un minimum pour tenir compte de l'importante évolution postérieure, caractérisée d'abord par une puissance dissection, peut-être interrompue avec une phase de façonnement de reliefs assez lourde (sommets de croupes vers 900-1150 m), excavant les amphithéâtres, puis par deux nouveaux paroxysmes volcaniques ayant construit une série d'édifices dans le fond de ces amphithéâtres.

II — LES MANIFESTATIONS VOLCANIQUES INTERMEDIAIRES

J. de SAINT-OURS a distingué une seconde phase volcanique qu'il appelle « intermédiaire ». Il lui attribue des accumulations qui se disposent sur la périphérie de l'édifice ancien et qui constituent les « péninsules » de l'île Sima à l'Ouest, Jimilimé au Nord et Nioumakélé au Sud. Effectivement, ces péninsules montrent des matériaux différents et un autre type de modelé, beaucoup plus varié, moins âpre et où les fortes pentes, bien qu'elles existent, occupent une place plus restreinte. Le matériel caractéristique, pour de SAINT-OURS, serait un basalte à pâte très fine presque holocristallin. Bien qu'il ne prononce pas l'expression, il ressort que de SAINT-OURS considère ce volcanique intermédiaire comme une série d'accrétions périphériques autour du vieil édifice.

Nous ne pouvons suivre de SAINT-OURS sur deux points, importants :

1 — La nature des matériaux volcaniques observés dans les péninsules est beaucoup plus variée que ne l'indique de SAINT-OURS. Les coupes de la « route » Mutsamudu-Sima-Pomoni et des diverses pistes de la presqu'île de Nioumakélé ne montrent que peu de coulées, mais, au contraire, de fréquents changements de faciès avec une forte proportion de matériel pyroclastique au total. Cette phase volcanique a été caractérisée, non par des épanchements fluides comme le volcanique ancien, mais par des manifestations explosives entrecoupées d'épisodes effusifs. Un grand

nombre de petits édifices a fonctionné, comme le montre la disposition des produits, dont les pendages varient fréquemment sur de courtes distances tant horizontales que verticales. Les fortes inclinaisons prédominent, dénotant des cônes. C'est à Nioumakélé que les coulées basaltiques sont le plus développées. Ce sont elles qui charpentent la péninsule et donnent le socle, mamelonné entre les incisions vigoureuses récentes, qui porte les édifices explosifs de la dernière poussée volcanique. Le long de la côte Est, au N de M'Ramani et jusque vers la Gombéni, de très bonnes coupes montrent des alternances de coulées de basalte formées de bancs métriques, de scories et de projections en grande partie soudées, de lapillis brun-rougeâtres soudés également, et, même, localement, un peu d'hydrovolcanique et un matériel de lahar consolidé. Le long de la route Mutsamudu-Sima, de bonnes coupes dans les rochers taillés verticalement montrent beaucoup de projections, notamment des scories, avec moins de coulées de basalte. A Mutsamudu même, en-dessous de l'ancien fort, alternent des bancs de basalte de 0,5-0,8 d'épaisseur et des couches de projections grossières et de scories. En certains endroits, notamment à Gégé, au S du village, on rencontre une roche basaltoïde gris clair, peu compacte, poreuse, qui se délite et s'ameublît à l'altération sans changer de couleur. Autour de Sima, principalement à l'W, le long de la piste de Bimbini, quelques coulées de basalte s'intercalent dans des cinérites et des lapillis fins prédominants. Les mêmes faciès ont été observés d'avion et sur photographies aériennes dans la péninsule de Jimilimé. Au total, ces matériaux, variés, sont beaucoup moins résistants que les basaltes du volcanique ancien. Ils offrent certaines possibilités de dissection différentielle. Elles ont été, au total, peu exploitées. Ce n'est guère qu'à Nioumakélé que des coulées basaltiques sommitales donnent quelques éléments de planèzes entre des vallées s'incisant vigoureusement dans leur partie aval (environs de Comoni, M'Rijou, Ongoujou, Niambamoro). En général, le volcanique intermédiaire est découpé en croupes. Leur sommet est arrondi, leurs flancs sont moins raides que dans le volcanique ancien et dépassent rarement une vingtaine de degrés. Généralement, ces croupes et leurs flancs sont cultivés. Les vallées sont plus larges et ont souvent un petit fond alluvial. Bref, le modelé est plus aéré, ce qui résulte de la moindre résistance du matériel. Cependant, la dissection est assez peu poussée, surtout compte-tenu du facteur lithologique. Ceci incite à faire l'hypothèse de déformations assez récentes, accompagnées de jeux de blocs. Certains littoraux tranchant le volcanique intermédiaire sont rectilignes et recoupent les édifices en complète indifférence. Bien souvent, le sommet des cônes se trouvait sur l'emplacement actuel de l'océan. Ces côtes ont toutes les caractéristiques de côtes de failles. Citons tout particulièrement celle qui s'étend entre M'Ramani et les Gombéni, celle qui est entre Mutsamudu et Bandani M'Tsangani, les côtes SW, NW et NE de la péninsule de Jimilimé. Ces côtes tombent abruptement dans la mer et sont rectilignes. Les débouchés de vallées n'y ouvrent aucune échancrure. Nous n'y avons observé aucune plage ancienne antérieure au Dunkerquien, sauf, peut-être, quelques galets vers 5-6 m d'altitude à l'W de Mutsamudu. Si la majeure partie des côtes résulte d'effondrements récents, on comprend mieux que les vallées soient restées étroites et en pente longitudinale forte et qu'elles n'aient guère exploité les possibilités de dissection différentielle. En tous cas, le problème mérite d'être posé.

2 — Il existe, dans les accumulations postérieures au volcanique ancien, un précieux repère géomorphologique et chronologique, qui n'a malheureusement pas été vu par de SAINT-OURS. C'est une altération de type ferrallitique, de couleur rouge brique, ce qui la signale de loin. Son épaisseur est de plusieurs mètres, bien qu'elle soit violemment décapée sous l'effet de la dégradation anthropique, et sensible au ravinement. Cela permet de l'identifier facilement sur les photographies aériennes. Nous l'avons observée sur la plupart des formations pyroclastiques de la péninsule de Sima. Elle recouvre aussi la plus grande partie de celle de Jimilimé. Elle est étendue dans la presqu'île de Nioumakélé. Tous les faciès volcaniques que nous avons décrits ci-dessus lui sont antérieurs. Sur les coulées de basalte massives, une altération équivalente se développe. Elle comporte la formation d'argile brun-rouge, plus brune que sur le pyroclastique, et le blanchiment en surface des boules résiduelles. Ce dernier affecte un cortex atteignant jusqu'à 1 cm d'épaisseur, qui s'écrase au marteau en donnant une poussière crayeuse. On peut le reconnaître souvent encore dans les formations de pentes postérieures remaniant le matériel altéré.

Cette altération ferrallitique jalonne une topographie de dissection dans le volcanique intermédiaire. Ce n'est qu'à Nioumakélé que nous avons observé des formes construites à peu près conservées dans cette série : il s'agit de coulées de basalte sommitales, qui ont été incisées postérieurement. Cette paléotopographie est peu accidentée, avec des formes molles de collines et de croupes arrondies passant à des esquisses de glacis. Elle vient se percher au-dessus des littoraux (notamment de littoraux dérivant de failles, comme au N de M'Ramani et dans la presqu'île de Jimilimé) et des entailles de vallées récentes. Aux environs de Sima, on la rencontre au-dessus de 100 m environ. Dans la presqu'île de Nioumakélé, on la trouve au-dessus de 120-150 m.

Certaines manifestations volcaniques, placées par de SAINT-OURS dans le volcanique intermédiaire, sont postérieures à ces altérations ferrallitiques. Les édifices qui en résultent viennent en effet la recouvrir, ou se logent dans les entailles qui dissèquent le modelé qu'elle tapisse. Nous nous séparons de J. de SAINT-OURS sur ce point et nous considérons que cette altération ferrallitique, aisément identifiable et observable, donne un jalon chronologique. Elle s'est élaborée après le second paroxysme volcanique, à la suite d'une période de dissection ayant adouci le relief et complètement démantelé les édifices dûs à ce paroxysme. Elle a été suivie d'une reprise assez vigoureuse de la dissection puis d'un nouveau paroxysme volcanique. C'est ce dernier que nous considérons seul comme volcanisme récent, à la différence de J. de SAINT-OURS qui place certaines formations postérieures à l'altération ferrallitique dans son volcanisme intermédiaire (coulée de Patsi, par exemple).

Ayant ainsi défini cette série volcanique moyenne, plus restreinte que le volcanique intermédiaire de J. de SAINT-OURS, examinons maintenant comment elle s'insère dans le relief d'Anjouan. Elle occupe deux types de positions géomorphologiques :

— D'une part, une position adventice, dans laquelle elle est accolée aux restes du volcan bouclier ancien. C'est sur cette position qu'a insisté de SAINT-OURS en

signalant que son volcanique «intermédiaire» formait les péninsules. D'après nos propres observations, l'extension initiale des accumulations de la phase moyenne était nettement supérieure à ce qu'elle est aujourd'hui. Les littoraux, comme nous l'avons dit plus haut, tranchent les édifices. Souvent, des formations stratifiées de flanc montent vers le large, ce qui indique que le sommet du cône se trouvait sur l'emplacement qui est devenu celui de la mer. Le plus souvent, le dessin de la côte coïncide avec des abrupts de failles très peu disséqués, incisés par des gorges en très forte pente, que prolongent, à l'amont, des vallées assez évasées. Cela indique une incision régressive en pleine action. De telles failles littorales nous semblent jouer un rôle déterminant dans le dessin des presqu'îles de Jimilimé et de Nioumakélé, dans celui, aussi de la côte méridionale de la presqu'île de Sima. Les côtes, vues du large, se présentent comme des escarpements de faille à facettes souvent encore peu développées. Le littoral de la Baie d'Anjouan est plus complexe : quelques sections seulement (SW de Mutsamudu, N de Sima) offrent cette allure. Dans l'ensemble, il semble résulter plutôt d'un affaissement généralisé, seulement accentué localement par des failles. Mais, de plus, les cratères d'explosion du volcanisme jeune y sont fréquents, le long même de la mer qui en a envahi une partie (Hamilia au N de Sima, Chongochahari).

— D'autre part, des positions centrales, à l'intérieur même de la charpente constituée par le volcanique ancien. Des restes d'édifices du volcanisme moyen, tapissés de l'altération ferrallitique caractéristique, s'observent à l'intérieur des amphithéâtres. Le plus souvent, ils sont masqués par des accumulations pyroclastiques de la phase récente. Comme dans les péninsules, le modelé construit initial est oblitéré et méconnaissable. Le relief jalonné par les altérations est un relief de dissection, formé de croupes banales. Nous l'avons observé notamment à l'E du village de Bazimini, le long de la route montant au col de Patsi, sur un flanc de colline recouvert de part et d'autre par des lapillis récents, et, moins nettement, au-dessus de Tsimbeo, dans l'amphithéâtre de Dindi. Dans les deux cas, le volcanique moyen forme des croupes accolées au pied des parois de volcanique ancien. Cela nous montre que les amphithéâtres étaient déjà excavés lorsqu'a commencé le second paroxysme volcanique. C'est pourquoi, nous pensons que l'enlèvement d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres de laves anciennes mécaniquement résistantes sur l'emplacement des amphithéâtres a influé, de manière peut-être décisive, sur la mise en place des bouches d'émission du volcanique intermédiaire. Cette influence a continué de s'exercer lors de la phase récente.

Il est difficile de proposer une datation de la phase volcanique moyenne. Nous n'avons pu observer aucune interstratification de ses matériaux avec des formations sédimentaires. Cependant, l'évolution géomorphologique, caractérisée par une dissection très importante, nous oblige à admettre un intervalle de temps considérable entre cette phase et la phase ancienne. L'autre élément de la «fourchette» est constitué par l'altération ferrallitique. Il lui a fallu du temps pour s'exercer. De plus, elle affecte une paléotopographie de dissection, relativement adoucie, qui oblitére complètement les formes construites. Cela aussi a demandé du temps, quoique beaucoup moins que le démantèlement de l'édifice ancien, car la résistance du matériel

est moindre et le volume enlevé est moindre. Cependant, d'après nos collègues, on ne connaît pas, à Madagascar, de telles ferrallitisations sur formations quaternaires. Cela nous amènerait donc à proposer un âge pliocène pour le paroxysme volcanique moyen, la ferrallitisation pouvant être fini-pliocène (villafranchienne ?).

III — LE DERNIER PAROXYSMES VOLCANIQUE

Anjouan offre aussi des formes volcaniques toutes fraîches, bien visibles sur les photographies aériennes comme sur le terrain. Elles sont postérieures à l'altération ferrallitique qui est un critère fort commode. Leur insertion géomorphologique témoigne aussi de leur âge récent, autant que la fraîcheur des formes construites.

Des observations particulièrement démonstratives en la matière ont été faites à Nioumakélé. Dans le Sud de la presqu'île, en effet, on trouve d'abord un soubassement de volcanique moyen, à altération ferrallitique, qui forme un système de croupes au-dessus de 200 m environ. Il est armé de coulées de basaltes qui ont bloqué la dissection, malgré la profondeur des incisions. Les cours d'eau coulent au fond de gorges peu ramifiées. Cet ensemble, tranché par faille sur le flanc oriental de la péninsule, semble plonger lentement vers le cap méridional de l'île, où il s'abaisse jusqu'à une centaine de mètres d'altitude, peut-être même moins. Ce substratum est recouvert par le volcanique récent qui fossilise, parfois très visiblement, les altérations ferrallitiques. Tel est le cas, notamment, de la coulée de Louara (SE de M'Rémani), étudiée autrefois par J. KILIAN, et formée de basalte. La coulée se présente comme une table. Son extrémité est tranchée en corniche, avec une pente concave dans l'altération ferrallitique qu'elle recouvre. Il y a donc eu un certain déblaiement de l'extrémité de la coulée depuis sa mise en place, malgré la résistance du matériel. Cela témoigne d'une relative ancienneté. Au-dessus de la coulée de Louara, se sont édifiés des cônes de lapillis, certains un peu oblitérés, et des cônes à large cratère d'explosion, qui forment les environs de M'Rémani. Il s'agit donc d'un second épisode du paroxysme récent. Au S de la coulée de Louara, le cône explosif de Patsoani, frais, repose, lui aussi, sur des restes d'altération ferrallitique. Il en est de même de l'édifice coté 467 au N de Niambamoro, construit sur une coulée basaltique de la phase intermédiaire. Plus loin vers le SE encore, près de la côte, à Bandamaji, la vallée du Mouana M'Tsanga, entaillée à l'amont dans ces mêmes coulées, a été fossilisée par une accumulation volcanique récente sur laquelle a été construite l'usine abandonnée. Elle est formée, à la base, d'une brèche mal cimentée de matériel pyroclastique, de blocs de basalte et de scories, sur plus de 6 m d'épaisseur, et, au sommet, d'une coulée basaltique massive, fluide, portant un sol brun. Ce remblaiement est incisé en gorge par l'oued. La brèche se déblaie mieux que le basalte qui forme des corniches abruptes, souvent en surplomb. Le basalte semble constitué de plusieurs couches superposées, d'une épaisseur totale d'une dizaine de mètres, dont 6 à 8 pour la couche inférieure.



Ces observations montrent que le dernier paroxysme volcanique :

- a commencé par des effusions basaltiques et s'est poursuivi par des manifestations explosives, avec projection de lapillis,
- s'est produit après une importante phase de dissection qui a affecté les paléotopographies à altération ferrallitique façonnées dans les matériaux de la seconde période d'activité volcanique.

Elles ont une valeur générale. Nous avons trouvé une évolution semblable dans les amphithéâtres de Dindi et de Bazimini-Patsi.

Sur le plancher de l'amphithéâtre de Dindi, on rencontre aussi une coulée basaltique massive, entaillée en gorges par le M'Ro Tatinga. A Dziani, au pont, l'incision est d'une quinzaine de mètres, avec des parois abruptes. Le sommet de la dalle a été dégagé en petit replat structural. Celle-ci s'observe, dans la gorge, jusqu'aux environs de Tsimbeo et disparaît là sous les accumulations pyroclastiques qui occupent presque tout le plancher de l'amphithéâtre. A l'aval de Dziani, l'épanchement basaltique apparaît formé d'une superposition de coulées massives, parfois prismées, comme celle qui occasionne la chute utilisée par l'usine électrique, et de formations bréchoïdes, scories, blocs, etc. De petits replats structuraux sont dégagés dans ce matériel, entre des corniches et des pentes très raides correspondant à la tranche des coulées. Celles-ci s'avancent le long de la vallée, plongeant plus vite que le M'Ro Tatinga. A la cote 174, une coulée issue d'une vallée affluente vient rejoindre la principale. Elle est très scoriacée, peu fluide, avec un modelé irrégulier, très bosselé ressemblant à celui de certaines coulées du XIX^e siècle de la Grande Comore (Sud de Hahaïa). Vers la cote 137, la vallée s'élargit. Le M'Ro Tatinga se loge sur le bord septentrional de la coulée principale. Celle-ci s'épanouit en une sorte de cône terminal qui atteint la mer, entaillé en falaises. De petits édifices récents pyroclastiques se sont construits à sa surface (M'Lima Sadaka, cote 129). Nous avons donc ici exactement la même succession qu'à Nioumakélé. L'ancienneté relative des coulées basaltiques est attestée par l'incision du M'Ro Tatinga, rivière permanente, à débit assez élevé.

L'amphithéâtre de Bazimini-Patsi permet le même type d'observations. On trouve aussi, sur son plancher, une coulée basaltique dont l'origine ne peut être fixée avec précision, à cause du recouvrement de matériel pyroclastique plus récent. Cependant, elle sort du cratère situé au SW de Bazimini (cote 601), donc tout près des affleurements de la charpente de volcanique ancien, à l'extrémité des crêtes du N'Tingui. On la suit ensuite, presque sans interruption le long de la route en aval de Bazimini puis, au NW de Patsi, à l'E de la route, descendant droit sur Ouani. A l'entrée de l'aérodrome, les coupes de la route permettent de la voir reposer sur un reste d'altération argileuse brun-chocolat, épais de deux mètres environ, qui s'est formée au détriment d'un basaltoïde gris clair, complètement pourri, avec des veines d'argile pénétrant à plusieurs mètres de profondeur et des phénomènes de blanchiment sur les lèvres de ces veines, installées le long de fissures. Cette forte altération rappelle celle qui a affecté les coulées de basalte lors de la ferrallitisation, mais il faut attendre des analyses pour décider. En tous cas, la coulée de Patsi arrive là à une altitude d'une dizaine de

mètres seulement, tranchée en petit talus au bord d'un cône de déjections de N'Ro Patsi. Comme la coulée de Dziani, elle est entaillée en gorge par le M'Ro Patsi. L'incision atteint une trentaine de mètres au droit du village de Patsi et montre plusieurs couches basaltiques avec des intercalations de brèche à gros blocs, probablement torrentielles. A la surface de la coulée, s'observent, en amont de Patsi, des édifices pyroclastiques très frais et quelques pustules basaltiques scoriacées (notamment au N de Bazimini), jalonnant peut-être quelques centres d'émission secondaires.

Des phénomènes semblables s'observent dans d'autres parties de l'île, mais avec moins d'éléments. Tel est le cas dans la vallée du M'Ro Ajaho. Le fond de la vallée est occupé par un système de coulées basaltiques avec intercalations bréchiennes grossières, qui s'épanouit à son débouché, au SW de Domoni. La pente longitudinale est forte, le modelé bosselé. Le long de la route côtière, près de la cote 30, le basalte est très bulleux, scoriacé. Il était peu fluide lors de son écoulement et n'est guère allé plus loin. On retrouve cet aspect au pont de la Gombéni, vers 12 m d'altitude. Ici aussi, la coulée descend très bas, pratiquement jusqu'au niveau de la mer. Vers l'amont, elle est de plus en plus incisée en gorge abrupte par le M'Ro Ajaho. L'entaillage atteint une cinquantaine de mètres aux maisons de la cote 370. La coulée porte, comme celle de Patsi, quelques pustules scoriacées dans son expansion terminale. Un très beau cône à cratère d'explosion, formé de lapillis avec quelques scories, recouvre le bord de la coulée en amont de la cote 370. On trouve aussi, à la surface de la coulée, du matériel volcanique remanié torrentiellement dans la plantation d'Ajaho en aval du village porté sur la carte au 1/50 000 et, sur l'expansion terminale, environ 1 m de lapillis et, sur eux, une mince couche de cendres. Ces formations sont discontinues.

L'évolution géomorphologique de ces trois coulées est semblable à celle de Bandamaji. Elles sont relativement anciennes, comme en témoigne leur incision. Cependant, toutes atteignent le niveau marin ou des cotes qui lui sont très faiblement supérieures. On pourrait expliquer cette disposition en admettant que ces coulées se sont mises en place lors d'une période de régression marine du Quaternaire moyen ou ancien. Mais cela n'explique pas pourquoi nous n'avons trouvé aucun reste de formations littorales à plus de quelques mètres au-dessus du rivage actuel. Nous retrouvons ici le problème des mouvements tectoniques récents de l'île. Les cotes très basses atteintes par ces coulées pourraient ne pas être dues à leur fonctionnement pendant une période de régression, mais à un affaissement généralisé postérieur, qui expliquerait aussi l'absence d'anciens rivages élevés. En tout état de cause, l'épanouissement de la coulée d'Agaho se fait à l'E du tracé de la faille du littoral oriental de Nioumakalé. On peut penser que la coulée plombe l'extrémité septentrionale de cette faille et lui serait donc postérieure. On pourrait aussi admettre, au contraire, que la faille littorale se termine juste au S de l'extrémité de cette coulée. En faveur de cette interprétation, on peut invoquer le changement d'aspect du modelé : à la cote 6, l'escarpement vigoureux du Sud fait place à ces croupes beaucoup plus molles et orientées différemment. Dans ce cas, la faille ne serait pas nécessairement antérieure à la coulée d'Ajaho. Il est difficile de trancher. Remarquons toutefois que la

dislocation semble bien se prolonger au-delà de la cote 6 vers le Nord. En effet, exactement sur son prolongement, se trouve le grand cratère d'explosion de Mahindini, au NW de Domoni. Très frais, il est bordé, à l'E, par un bourrelet de matériel pyroclastique en couches successives, avec alternance de lapillis, de scories, de pyroclastique grossier avec quelques blocs. Son fond, bien que constituant une dépression fermée, n'est jamais inondé. Un sondage à la tarière jusqu'à 1, 2 m de profondeur nous a montré un peu de colluvions argilo-limoneuses mêlées à de petits lapillis remaniés, mais sans aucune trace d'hydromorphisme. Ce cratère semble s'être formé sur la cassure de la côte orientale de Nioumakélé, sur le prolongement de laquelle il se place. La même cassure assurerait un drainage souterrain efficace.

Après les coulées, le dernier paroxysme volcanique, aujourd'hui terminé, a été caractérisé par des manifestations explosives. Les lapillis, ne dépassant pas quelques centimètres, sont très fortement prédominants. Ils ont subi une pédogénèse de type andique, jamais de ferrallitisation comme la position géomorphologique de beaucoup de ces dépôts montre qu'ils sont postérieurs aux coulées basaltiques les plus récentes, elles-mêmes postérieures aux altérations ferrallitiques, la valeur des altérations ferrallitiques comme repère chronologique est confirmée.

Les manifestations explosives récentes ont engendré de nombreux édifices aux formes bien conservées. Il s'agit, parfois, de cônes sans cratère, surtout quand le matériel consiste en scories. Mais, ce qui prédomine, ce sont les cratères d'explosion, largement ouverts. Certains d'entre eux, dont le type est Mahindini, ne sont entourés que d'un bourrelet étroit, asymétrique, tranché net du côté intérieur, en pente modérée vers l'extérieur (10-20°). La crête en est plus ou moins aigüe suivant qu'ils sont plus ou moins récents. L'oblitération arrondit le sommet du bourrelet et, simultanément, adoucit l'abrupt interne. Cependant, les cratères égueulés sont plus fréquents. Il ne persiste plus guère que les deux tiers ou la moitié, parfois même moins, du bord du cratère initial. Le flanc opposé du cône est éventré, parfois sans aucun bourrelet. Le fond du cratère, plan, vient se terminer directement au-dessus de lui. Le Habouzi et la cote 574 à l'WNW de Chandra, dans l'amphithéâtre de Dindi, sont caractéristiques.

Quelques remaniements ont été observés sur les flancs de certains cônes explosifs. Ainsi, au N de Chandra, sur le flanc du Habouzi, les coupes de la piste montrent des glacis, récemment lacérés par des ravins. Ces glacis tranchent, par endroits, l'accumulation pyroclastique, formée de lapillis avec quelques pierrailles et de quelques lits minces, discontinus, de cendres (1-3 cm d'épaisseur). En d'autres endroits, s'observent de petites plages, de quelques mètres carrés chacune, de lapillis remaniés venant recouvrir les lapillis en place. Parfois, ces lapillis remaniés remplissent de petites ravines. Nos observations sont faites sur une pente encore raide (10° environ) qui s'adoucit graduellement vers le bas, passant à un glacis colluvial. La pente dominante est plus raide, atteignant une vingtaine de degrés. On conçoit aisément que, lors des explosions, la strate herbacée étant tuée par les projections, celles-ci aient pu être aisément mobilisées par le ruissellement et remaniées sur le flanc des

cônes. Ici, d'ailleurs, la présence des minces couches de cendres a favorisé le phénomène. Elles sont, en effet, beaucoup moins perméables que les lapillis et, actuellement, elles se sont consolidées et s'opposent à la pénétration des racines, formant de petits fragipans.

Le volcanisme récent a engendré d'autres remaniements, plus importants. Entre Gégé et Bambao, le littoral est bordé par des croupes et des lanières de plateaux étroites, entre des vallées étroites bien incisées. Cet ensemble s'élève graduellement jusqu'à une centaine de mètres environ, formant un piémont adossé contre les croupes vigoureuses de volcanisme intermédiaire et ancien. Nous avons pu identifier deux formations hydrovolcaniques d'âge différent dans ce secteur. La plus récente est bien visible à Gégé. Elle consiste en une accumulation de plus de 30 m d'épaisseur de matériaux épandus en lits de 10 à 30 cm d'épaisseur et formés de galets médiocrement émoussés, avec quelques petits blocs, dans une matrice sableuse. Le haut bassin du M'Ro Gégé et du Pansanzé ont été affectés par un important volcanisme explosif récent. Ce sont ces produits qui ont étalés sur le piémont puis incisés lorsque l'alimentation en débris des cours d'eau a diminué une fois terminées les explosions. Plus au Nord, des matériaux analogues sont davantage altérés et plus disséqués, réduits en croupes voire retaillés localement en glacis. Ils sont plus anciens, mais de même origine.

Sur la côte méridionale, la vallée du M'Ro Pomoni conserve un important remblaiement. Elle est profondément entaillée dans la charpente volcanique ancienne à l'amont, puis, à partir de Lingoni, dans les croupes de matériel volcanique intermédiaire qui s'adossent à elle. Sur le flanc W de la vallée, au droit de l'usine électrique, s'observe un petit cône de pyroclastique grossier. Il y en a un autre immédiatement en amont. Mais ces deux petits cônes n'ont joué qu'un rôle fort minime, probablement nul, dans le remblaiement de la vallée. Celui-ci semble avoir été nourri par les cratères d'explosion importants, récents, situés au NE du sommet de N'Tingui (Dzialandzé, Chacojou, cote 743, etc.). En effet, ce remblaiement se prolonge en amont des petits cônes de Lingoni, jusqu'à l'extrémité amont des plantations d'ilang-ilang qui en profitent. Il présente, en amont de l'usine électrique, un profil transversal bombé. Sa pente longitudinale est forte : 140 m en 2,5 km entre Lingoni et Pomoni, dans sa partie aval. Il est vigoureusement entaillé en gorge par le M'Ro Pomoni. Des blocs métriques dans une matrice gravelo-sableuse peu abondante le constituent. Ils sont formés surtout de basalte massif à grain fin, issu du volcanique ancien, dans lequel ont été excavés les cratères d'explosion de l'amont de la vallée, aval de Lingoni, une couverture de lapillis avec quelques pierrailles s'observe. Elle est bien litée, en couches planes de quelques centimètres d'épaisseur, ce qui atteste un remaniement par l'eau du matériel. Elle se charge graduellement de pierraille et de blocs vers le bas. Sur les 7-8 m supérieurs du remblaiement, les lapillis sont très prédominants dans la matrice. Au contraire, plus profondément, au niveau du torrent, celle-ci est formée de sable volcanique avec quelques fragments pyroclastiques. Il apparaît donc que ce remblaiement est, lui aussi, d'origine hydrovolcanique. Les explosions ayant donné naissance aux cratères au SE du Mt. N'Tingui ont probable-

ment détruit momentanément la végétation et, sur ces pentes très raides, provoqué des crues d'une rare violence qui ont engorgé la vallée sous le matériel remanié. A en juger par celui-ci, ces manifestations ont surtout démantelé le vieux volcanique et ajouté peu de matériel frais, sauf à la fin (lapillis du sommet du remblaiement).

Ce remblaiement est vigoureusement incisé (une trentaine de mètres à Lingoni) et donne des parois subverticales grâce à son hétérométrie. Un peu en aval de Lingoni, une petite banquette s'intercale entre son sommet et le fond de la gorge. Etroite et discontinue, elle épouse les sinuosités du torrent et, même, les exagère. Il ne nous a pas été possible de déterminer s'il s'agit d'un simple niveau de creusement ou d'un petit remblaiement emboîté dans le précédent : le matériel semble identique à l'œil nu. La pente du remblaiement est supérieure à celle du M^oRo Pomoni, de sorte que l'incision du torrent diminue graduellement vers l'aval. Une telle disposition est classique dans les vallées engorgées sous les débris. Au débouché de la vallée, l'accumulation s'épanouit. On distingue en ce point un niveau supérieur, riche en blocs, portant la cote 32 au N du village de Pomoni. Il prolonge le sommet du remblaiement de la vallée en amont. Cette accumulation a repoussé le Mouavou vers l'E. Un niveau plus bas, en forme de cône très net, est constitué de matériel plus fin, sable et pierraille. Il plonge nettement sous le marais littoral et sous le cordon dunkerquien qui le barre, aux abords de l'usine de la plantation. Le cordon dunkerquien, dans l'axe du cône, est édifié au pied d'une petite falaise morte de 3-4 m de haut tranchant l'extrémité du cône.

Il semble que le cône fin date de la régression préflandrienne, étant donné ses rapports avec les formes littorales. Il semble aussi avoir été nourri par l'entaille du remblaiement hydrovolcanique et se raccorder au niveau intermédiaire, discontinu, qui se place entre le sommet de ce remblaiement et le lit du torrent. Nous serions tentés de lui attribuer une origine morphoclimatique. Il serait alors l'équivalent du Sambainien de Madagascar, tel que l'a défini F. BOURGEAT. C'est un point sur lequel nous reviendrons. Le remblaiement hydrovolcanique est, du fait de la disposition géomorphologique, antérieur. Cependant, son sommet est peu altéré. Les lapillis, en aval de Lingoni, portent seulement un sol andique assez profond (1-1,5 m). Date-t-il du début de la régression préflandrienne ? de l'interglaciaire Riss-Wurm ? de la régression contemporaine du Riss ? Toutes ces datations sont possibles, aucune ne semble plus plausible que les autres. Un âge plus ancien est peu probable, étant donné la médiocrité des altérations sur le remblaiement hydrovolcanique et la fraîcheur des formes explosives près du Mt. N'Tingui.

Il nous reste maintenant à préciser la localisation des manifestations de ce dernier paroxysme volcanique. On les trouve très largement disséminées dans tout Anjouan. Cependant, quelques lignes directrices peuvent être dégagées sans forcer excessivement les choses :

— Certaines manifestations se localisent dans les presqu'îles, les venues s'étant faites au travers du matériel du second paroxysme (phase «intermédiaire»). C'est à Nioumakélé qu'elles sont le plus développées. Le volcanique récent couvre environ la moitié de la presqu'île. A Jimilimé et dans la presqu'île de Sima, il est moins abondant. Cependant, dans la péninsule de Jimilimé, on observe un certain nombre de

cônes avec cratères explosifs le long de la crête du M.Boya et entre Hajoho et Harembo. Dans la presqu'île de Sima, c'est surtout le long de l'axe orographique, à l'E du bourg, que l'on en trouve, notamment à la cote 401. Des lapillis ont été épandus en glaciais sur le flanc Sud de cet axe.

— D'autres manifestations, bien développées, se concentrent dans les amphithéâtres, où les masquent en très grande partie les restes de matériel du second paroxysme, ferrallitisés. Tel est notamment le cas dans ceux de Bazimini, Dindi et Ouzini. Notons que les événements, dans les amphithéâtres de Bazimini et de Dindi, se placent en grand nombre au contact même des restes de la charpente de volcanique ancien. Ils l'ont demantelée en partie, ce qui explique l'abondance de blocs de vieux basalte dans les matériaux, par exemple dans le remblaiement du M'Ro Pomoni. La composition de l'hydrovolcanique de Gégé incite à admettre des phénomènes analogues dans la région de Koni N'Gani et Koni Djodjo, que nous n'avons pu visiter. Le volcanisme explosif a continué, jusqu'à une époque toute récente, de contribuer, avec la dissection, à demanteler le plus vieil édifice de l'île.

— D'autres cratères d'explosion, généralement très fortement égueulés, se localisent le long des côtes et sont souvent partiellement occupés par la mer. Cela semblerait indiquer la persistance d'un jeu de fractures sur l'emplacement des littoraux. C'est le cas des cratères situés entre Hajoho et Harembo sur la côte E de la presqu'île de Jimilimé, du promontoire de Pomoni, lèvre de cratère d'explosion dans un matériel basaltique bien stratifié, d'Hachivingo, de Mirondoni, de Gomajou sur la côte E de Nioumakélé, de Gnignijou, Gounhantsahé, Manadia, des cotes 101 et 95 à la pointe S de l'île. Le long de la Baie d'Anjouan, on trouve aussi, à cheval sur le littoral, Hamilia et Changochahari près de Sima, et, à une très faible distance, le cône de scories de la cote 220 dominant Bandani M'Tsangani, entouré d'une importante nappe de lapillis, et les coulées basaltiques de Mirontsi. Quelques cratères très frais dominant aussi Mutsamudu.

C'est aux phénomènes volcaniques que l'île d'Anjouan doit son existence. Ce sont eux qui lui ont imprimé sa configuration générale et la majeure partie des traits de son relief. Cependant, trois paroxysmes volcaniques ont alterné avec deux périodes de dissection dont la plus ancienne a été particulièrement importante. Elles ont fortement modifié l'allure du relief et influé sur la localisation des manifestations volcaniques qui les suivent. Le dernier paroxysme a engendré des formes restées fraîches mais qui sont, somme toute, des formes subordonnées aux formes plus anciennes. Il est toujours délicat de rechercher les influences paléoclimatiques dans les régions volcaniques, surtout celles où dominent les manifestations explosives. En effet, celles-ci s'accompagnent souvent d'une destruction de la végétation et de pluies brutales qui permettent une reprise du matériel dans un délai très court. Il est difficile de distinguer ces séquelles du volcanisme des effets des oscillations climatiques. Cependant, le problème ne doit pas être esquivé. Nous allons l'aborder brièvement.

IV — INDICES D'OSCILLATIONS CLIMATIQUES RECENTES

Les accumulations fluviales et marines sont rares à Anjouan. Néanmoins, il en

existe quelques-unes, de faible étendue. La plupart sont récentes, antérieures aux cordons littoraux dunkerquiens.

Sur la côte septentrionale, à 1,5 km au SW de Mutsamudu, débouche le ruisseau de Pagé. Son haut bassin est formé par les basaltes anciens du massif du N'Tingui. Le Mont N'Tingui est sur la ligne de partage des eaux. En aval, près de la côte, la vallée est dominée par des croupes de matériaux de la seconde phase volcanique. Le bassin est un long couloir, presque sans ramifications, dominé de versants raides, à la forte pente longitudinale. La longueur totale du talweg est d'un peu moins de 6 km. Il débute vers 1500 m d'altitude. La carte topographique figure un écoulement pérenne à partir de 1000 m environ. Malgré la vigueur du relief, un fond plat apparaît dans la partie aval de la vallée, à environ 1,6 km de la côte. Il forme une basse terrasse nettement incisée par le lit, avec des sapements le long de rives concaves de quelques ébauches de méandres. La pente de cette basse terrasse est forte : environ 3 % près de l'océan.

Les coupes dans les berges montrent un remblaiement constitué surtout de matériel fin, terreux, formé d'un mélange de sable, de limon et d'un peu d'argile, mal stratifié, dans lequel s'intercalent des trainées de cailloux et de graviers et, même, quelques blocs épars. La fraction fine du remblaiement montre des traces de pédogénèse antérieures à son transport par le cours d'eau. Elle provient du remaniement de sols et de produits d'altération. Or, dans le bassin, la roche saine est toujours proche de la surface, les altérations sont minces sur un matériel résistant et sur des pentes très fortes. Les produits qui forment le remblaiement sont issus du décapage de sols pré-existants. Très peu de roche en place saine a été emportée, comme en témoigne la rareté des galets. La prédominance des éléments fins dans la nappe alluviale de fond de vallée ne s'explique ni par le relief, vigoureux, ni par la lithologie qui offre une prédominance de roches cohérentes. Elle est due aux conditions morphoclimatiques. Le remblaiement offre toutes les caractéristiques d'un dépôt de plaine inondable recouverte d'une couche végétale dense, peignant le courant et retenant les fines malgré la forte pente. Dans un tel milieu, les stratifications sont peu nettes et généralement effacées par bioturbation. Les trainées de cailloux auraient été mises en place le long de chenaux de débordement, à l'occasion de fortes crues.

De nos jours, le ruisseau de Pagé n'inonde plus son fond de vallée. La tendance est à l'entaille. La basse terrasse que nous venons de décrire est d'origine climatique. L'accumulation de ce matériel fin sur une pente forte implique des apports relativement abondants de terre provenant des versants, partie par ruissellement, partie probablement, aussi, par des glissements et des foirages affectant les sols et un mince manteau d'altérites argileuses. Simultanément, le régime devait être caractérisé par des crues violentes, par une torrencialité plus grande que de nos jours. Cela suggère un climat plus brutal, plus heurté, probablement avec des périodes de sécheresse plus accusées, défavorables à la végétation, ce qui fait que celle-ci protégeait moins bien le sol qui était souvent emporté. Bref, des conditions qui faisaient que la morphogénèse l'emportait, dans l'ensemble, sur la pédogénèse, ou, si l'on préfère utiliser la terminologie d'EHRART, une rhéxistase relative. Les sols et altérites antérieures ont été en partie tronqués, voire complètement enlevés en certains endroits. Il y a eu «ra-

jeunissement» des sols au sens de J. KILIAN. La pédogénèse a repris l'avantage sur la morphogénèse, lorsque le remblaiement a cessé de s'édifier et a commencé de s'inciser.

L'examen de l'embouchure du torrent de Pagé permet de corréler cette évolution avec les oscillations galcio-eustatiques du niveau marin. En effet, près du village de Pagé, on peut observer nettement la basse terrasse qui plonge régulièrement sous un cordon de galets qui domine de 0,5 - 1 m la haute-plage. Il porte de la végétation, notamment des cocotiers. Sa position est typiquement celle des cordons dunkerquiens. D'avion, on peut observer, sur le fond marin qui plonge lentement, dans le prolongement de la basse terrasse, un platier corallien. La nappe de fond de vallée s'est donc mise en place pendant la dernière régression, avant le Dunkerquien.

Cette période d'ablation sur les versants et de remblaiement dans les fonds de vallées correspond exactement au Sambainien, tel qu'il a été défini à Madagascar par F. BOURGEAT (4). La datation obtenue à Sambaina même pour le sommet du remblaiement (environ 25 000 BP) se place au cours de la période de bas niveau marin ayant précédé la transgression flandrienne. Le Sambainien et le remblaiement du ruisseau de Pagé semblent être la conséquence d'une oscillation climatique de même type et ayant eu, en tous cas, les mêmes effets.

Des indices d'une évolution semblable, avec tronquage des sols et des altérites ont été clairement observés dans le Sud de la Grande Comore (presqu'île de Badjini, environs de N'Gnambéni), sur les altérations ferrallitiques épaisses qui matelassent le volcanique de la phase intermédiaire. Nous avons ainsi les indices d'une oscillation climatique modérée coïncidant avec la dernière glaciation, et qui aurait affecté les Comores et Madagascar. A Anjouan même, on trouve d'autres traces.

Rappelons ce que nous avons déjà décrit aux environs de Pomoni, sur la côte Sud de l'île : un niveau étroit mais fort net emboîté dans l'accumulation hydrovolcanique du M'Ro Pomoni, et se terminant par un cône de déjections tranché en microfalaise juste au-dessus d'un cordon dunkerquien. Ce cône plonge sous le matériel de colmatage récent de la plaine littorale à l'Ouest de Pomoni, en arrière du même cordon dunkerquien. Cet ensemble n'est pas d'origine hydrovolcanique. Il est dû à une oscillation climatique ayant accru l'activité torrentielle. Elle date, elle aussi, de la période de bas niveau marin ayant précédé le Dunkerquien. A l'E de Pomoni, les autres torrents, descendant du massif du Trindrini et de la Forêt de Moya, montrent une évolution récente parallèle. Ils ont édifié de petits cônes de déjections qui plongent sous le cordon dunkerquien, très développé entre Magnassini-Nindri et la Roche Moya, ou sous le colmatage des anciennes lagunes retenues par lui. Les choses sont particulièrement nettes pour le Kotchi, dont l'activité actuelle est faible. Le Gnavivi, lui, accumule encore beaucoup d'alluvions qui viennent recouvrir le cône antérieur et même, par endroits, le cordon dunkerquien.

A l'Ouest de Pomoni, dans la petite plaine littorale en arrière du cordon dunkerquien, le Bamikakou a édifié un petit remblaiement qui plonge aussi sous ce cordon. Les berges sapées montrent une couche de matériel terreux brun, argilo-limoneux,

(4) Nous remercions vivement M. F. BOURGEAT de nous avoir montré les coupes qu'il a étudiées à Sambaina et de nous avoir exposé ses conceptions au sujet du Sambainien.

provenant du remaniement de sols, d'une épaisseur de 1,5 m, qui recouvre des galets bien émoussés atteignant jusqu'à 20 cm de grand axe, disposés en lentilles régulières. Actuellement, le cours d'eau remanie à grand peine, sur quelques mètres seulement, ces galets. Nous retrouvons là les indices d'un changement de dynamique de même sens que celui que nous avons décrit sur le ruisseau de Page.

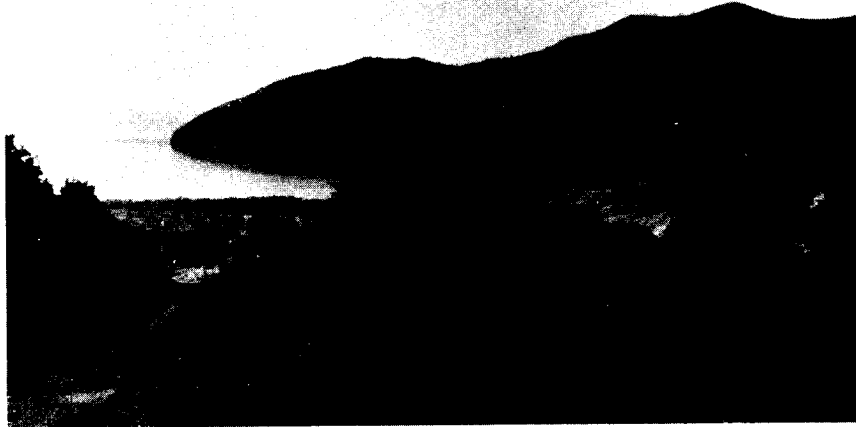
Sur le M'Ro Choungoui, les choses sont moins nettes, car ce torrent puissant a déposé récemment, peut-être à l'occasion d'un cyclone, une couche de matériel grossier, avec de nombreux blocs, qui recouvre le cône de déjections antérieur. Par ailleurs, celui-ci est trop grossier (nombreux blocs de plus d'un mètre) pour s'inciser aisément.

Par contre, au SE du village de Bandani-Pomoni porté sur la carte de l'I.G.N., un torrent local assez court, a édifié une basse terrasse qui passe à un cône. L'incision postérieure atteint 3 m environ au pont de la piste. Elle montre un matériel grossier, à la tête du cône, avec des blocs métriques, et, au-dessus, sur 0,5m. environ, du sable limoneux à lentilles de petits galets portant un sol brun eutrophe. Il y a donc bien, ici aussi, changement de dynamique du cours d'eau avec des accumulations graduellement moins grossières, puis une phase d'incision permettant une pédogénèse sur le remblaiement transformé en basse terrasse.

Sur la côte Est, près de Bambao, immédiatement au S et au SW du village, on peut observer deux cônes de déjections étagés, peut-être emboîtés l'un dans l'autre. Tous deux sont largement étalés et roches en blocs métriques. Le plus bas sur lequel passe la route, montre une matrice de sable et de lapillis remaniés, avec des sols andiques ocre-jaunes. Le plus élevé, près de M'Romagi, le domine par un talus net, de quelques mètres de haut. Il est légèrement disséqué par des vallons. Le cône le plus bas plonge régulièrement vers le rivage puis sous l'océan. Il porte un petit cordon dunkerquien dans la cocoteraie.

Malgré un relief trop vigoureusement disséqué, Anjouan offre donc de sérieux indices d'une oscillation climatique récente, qui se place lors de la régression contemporaine de la dernière glaciation. Elle semble synchrone du Sambainien de Madagascar, tel que l'a défini F. BOURGEAT. En tous cas, nous la concevons de la même manière : une période de conditions écologiques moins favorables que l'actuelle, probablement du fait d'une sécheresse saisonnière plus accentuée, avec des averses violentes, ce qui a permis une ablation des sols, parfois des altérites, et des manifestations torrentielles plus intenses que dans les conditions actuelles. Les effets de cette oscillation sont moins apparents, bien sûr, dans les vallées qui ont subi des crues catastrophiques lors de cyclones récents comme celle du M'Ro Choungoui. Mais, dans l'ensemble, cette oscillation climatique ayant favorisé la morphogénèse aux dépens de la pédogénèse a joué un rôle important dans l'élaboration du milieu naturel. Elle doit être prise en considération pour expliquer les sols. Peut-être a-t-elle eu, aussi, des conséquences biogéographiques ?

Strasbourg, le 4 mai 1972.



1/ Côte occidentale de la presqu'île de Djimilimé.

La presqu'île est formée par le volcanique intermédiaire, surmontée de deux petits cônes égéulés de pyroclastique, qui forment légèrement saillie sur la ligne d'horizon. Ils appartiennent au volcanique récent. La côte, rectiligne, abrupte, peu disséquée, semble constituée par un escarpement de faille récent. En avant, basse vallée du M'Roni Koki, où se trouve l'aérodrome. Elle est occupée par divers dépôts quaternaires.



2/ Presqu'île de Sima, au SE de Sima.

Le volcanique intermédiaire, principalement pyroclastique, à altération ferrallitique, est tranché par un glacis qui a été disséqué en croupes. Il est occupé par des jachères-friches, avec, au premier plan, des cultures vivrières (manioc, bananiers, manguiers, cocotiers). Vigoureuse dissection avec intense ruissellement anthropique.





3/ Côte méridionale : grès de plage à Hadongo (E de Vassi).

Côte méridionale, escarpée. Les nuages accrochent aux sommets. Dalles de grès de plage grossier, en partie démantelées, montant un peu au-dessus du niveau des hautes mers et s'appuyant sur un reste de plage à galets. Ce grès de plage est probablement dunkerquien. A la surface des dalles, quelques gros blocs de basalte, qui se sont éboulés postérieurement à la mise en place du grès de plage.



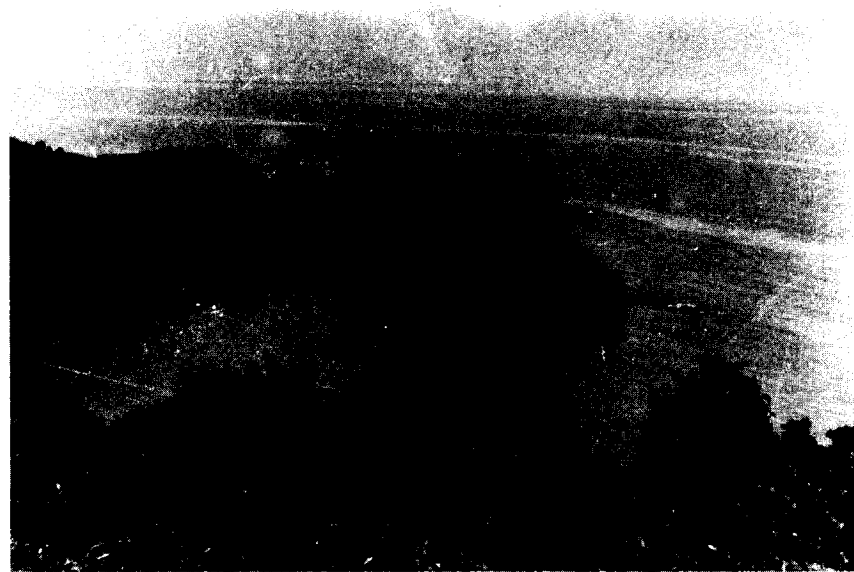
4/ Vallée de Lingoni, versant méridional de l'île.

Vue prise vers l'amont. La vallée, fortement entaillée dans les flancs du massif du N'Tingui, incise le volcanique ancien recouvert de volcanique intermédiaire. Elle a été partiellement fossilisée par une coulée basaltique quaternaire, visqueuse, au modelé irrégulier, qui est occupée par les plantations d'ilang-ilang. Le cours d'eau s'y incise en une gorge abrupte et profonde, au pied du versant E (dans le fond).



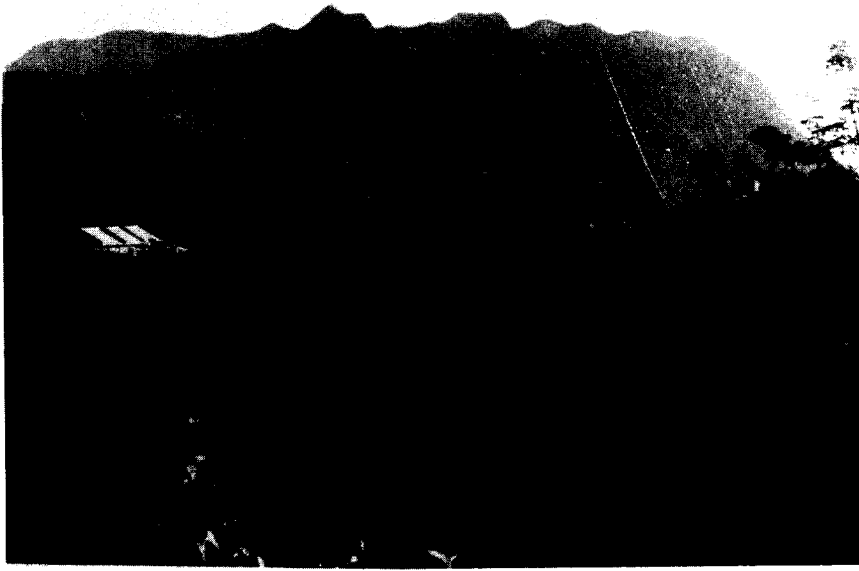
5/ Amphithéâtre de Chandra, vu de l'amont.

Partie centrale de l'île. Vaste dépression ressemblant aux «cirques» réunionnais, excavée dans le volcanique ancien, qui forme la paroi boisée abrupte visible dans le fond. A droite, à son pied, un peu de volcanique intermédiaire, donne des pentes moins raides, avec des cultures. Dans le fond de l'amphithéâtre, à l'ombre, pied de cône pyroclastique récent, avec matériaux étalés par les eaux. Derrière, petits cônes pyroclastiques, appartenant aussi au volcanisme récent, et coulée de basalte du volcanisme récent.



6/ Côte septentrionale, presqu'île de Sima : cratère d'explosion de la côte 63 vu depuis au-dessus de Foubani.

Volcanique récent. Le bourrelet en croissant de l'ancien cône, dont la moitié seulement subsiste, est bien visible. Formé de roches dures (basaltes, brèches), il donne des falaises. Cet édifice jalonne un accident situé le long du rivage. Il s'adosse au volcanique intermédiaire, ferrallité, qui donne des collines émoussées. Une petite accumulation littorale, formée de sable calcaire, s'est édifiée derrière le cratère d'explosion. Elle est bordée d'une plage et couverte de cocotiers.



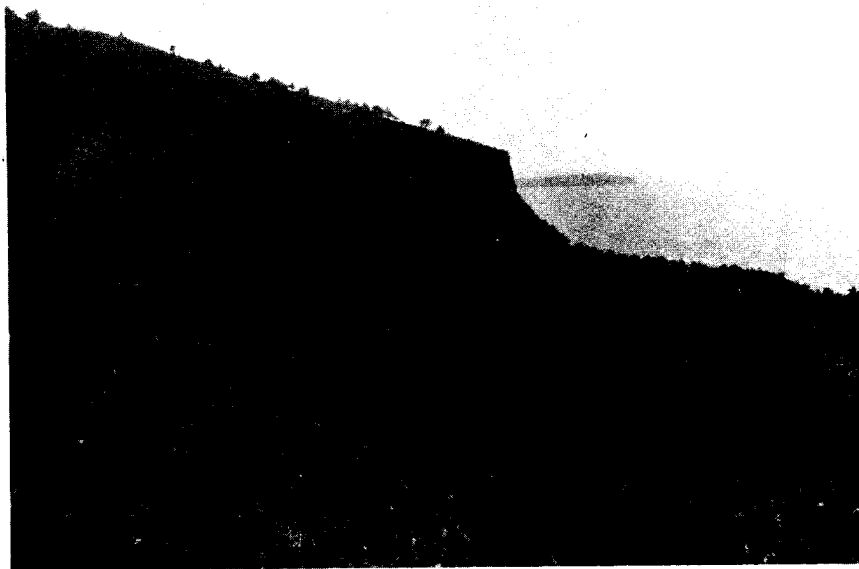
7/ Les bords Nord et Est de l'amphithéâtre de Chandra, vus de M'Chacojou.
Dans le fond, ligne de crête formée par le volcanique ancien, donnant un relief vigoureux et escarpé. En avant, bord N de l'amphithéâtre, formé de volcanique récent : cônes pyroclastiques et cratères d'explosion.



8/ Le Patsoani, cône pyroclastique à l'E de M' Rijou (Nioumakélé).
Volcanisme récent. Cratère égueulé, ce qui explique l'ensemble visible dans la partie centrale du cliché. Cultures vivrières sur les flancs.



9/ Côte occidentale de la presqu'île de Nioumakélé vue des environs du col de Moya. Association de formes du volcanisme intermédiaire et du volcanisme récent. Le volcanisme intermédiaire est formé ici surtout de roches résistantes, qui permettent un relief de dissection vigoureux. Il donne, entre autres, la mesa située à gauche, au second plan. Le volcanisme récent est formé surtout de cônes pyroclastiques, parfois consolidés en brèches (centre du cliché).



10/ Cratère d'explosion du volcanisme récent sur la côte orientale de Nioumakélé. Vue vers le Nord.

Dans le fond, le promontoire de Domoni. La ligne d'horizon rectiligne et fortement inclinée est constitué par le sommet d'accumulations pyroclastiques consolidées en brèche du volcanisme intermédiaire. C'est dans ce matériel qu'a été ouvert le cratère d'explosion situé en avant et occupé par des cocoteraies avec cultures vivrières. Il date du volcanisme récent. Dans le fond du cratère, se rencontre une série de formations pyroclastiques avec des cendres et quelques culots de laves, ce qui donne un modelé bosselé. Le cratère est ouvert sur la mer.