

A.1179

ETUDE GEOLOGIQUE ET PROSPECTION MINIERE  
DE L'ANKAIZINA ET DE SA BORDURE SUD  
(Feuille Bealanana)

A. EMBERGER - Mars 1957

Service Géologique  
1957

## SOMMAIRE

	<u>Page</u>
INTRODUCTION .....	1
CADRE GEOGRAPHIQUE .....	3
Divisions naturelles .....	3
Hydrographie .....	5
Climatologie .....	6
GEOLOGIE .....	10
Constitution .....	10
Les terrains cristallins .....	11
Les schistes cristallins .....	11
La granitisation .....	12
Le volcanisme .....	14
Morphologie .....	14
Age .....	19
Pétrochimie .....	21
Conclusion .....	27
Les formations superficielles .....	28
Les latérites .....	28
Les sols hydromorphes .....	29
Les alluvions .....	29
La tectonique .....	30
Les éléments structuraux .....	30
Tectonique de plissement .....	32
Tectonique cassante .....	33
GEOLOGIE APPLIQUEE .....	35
La prospection minière .....	35
monazite (p.36), bauxites (p.36)	
Les matériaux de construction .....	38
les pierres de taille (p.38), les	
pierres à chaux (p.39), les terres à	
briques (p.40), les sables (p.41)	
Les matériaux routiers .....	41
La tourbe .....	43
Les sites de barrages .....	44
sites sur la Maevarano (p.44),	
site sur la Beandrarezona (p.45).	
Les recherches d'eau .....	46
Bealanana (p.46), Antanambola (p.47)	
Les sources thermales .....	48
Les seuils .....	50
CONCLUSION .....	51
BIBLIOGRAPHIE .....	51

ILLUSTRATIONS

Page bis

1 - Carte des itinéraires .....	1-1
2 - Diagramme de variation magmatique .....	26-1
Variation du paramètre alc. ....	26-2
3 - Indices d'alcalinité .....	27-1
4 - Esquisse structurale .....	30-1
5 - Matériaux routiers et de construction, tourbe ..	38-1
6 - Gisements de pierres à chaux .....	39-1
7 - Site de barrage sur la Beandrarazona .....	45-1
- Alimentation en eau de Bealanana .....	47-1
- Photographies : paysages - planche I .....	
- Photographies : volcanisme planche II .....	
- Photographies : seuils et sites de barrages planche IV .....	

ETUDE GEOLOGIQUE EN PROSPECTION MINIERE  
DE L'ANKAIZINA ET DE SA BORDURE SUD  
(Feuille Bealanana)

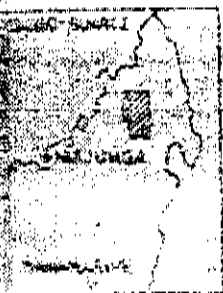
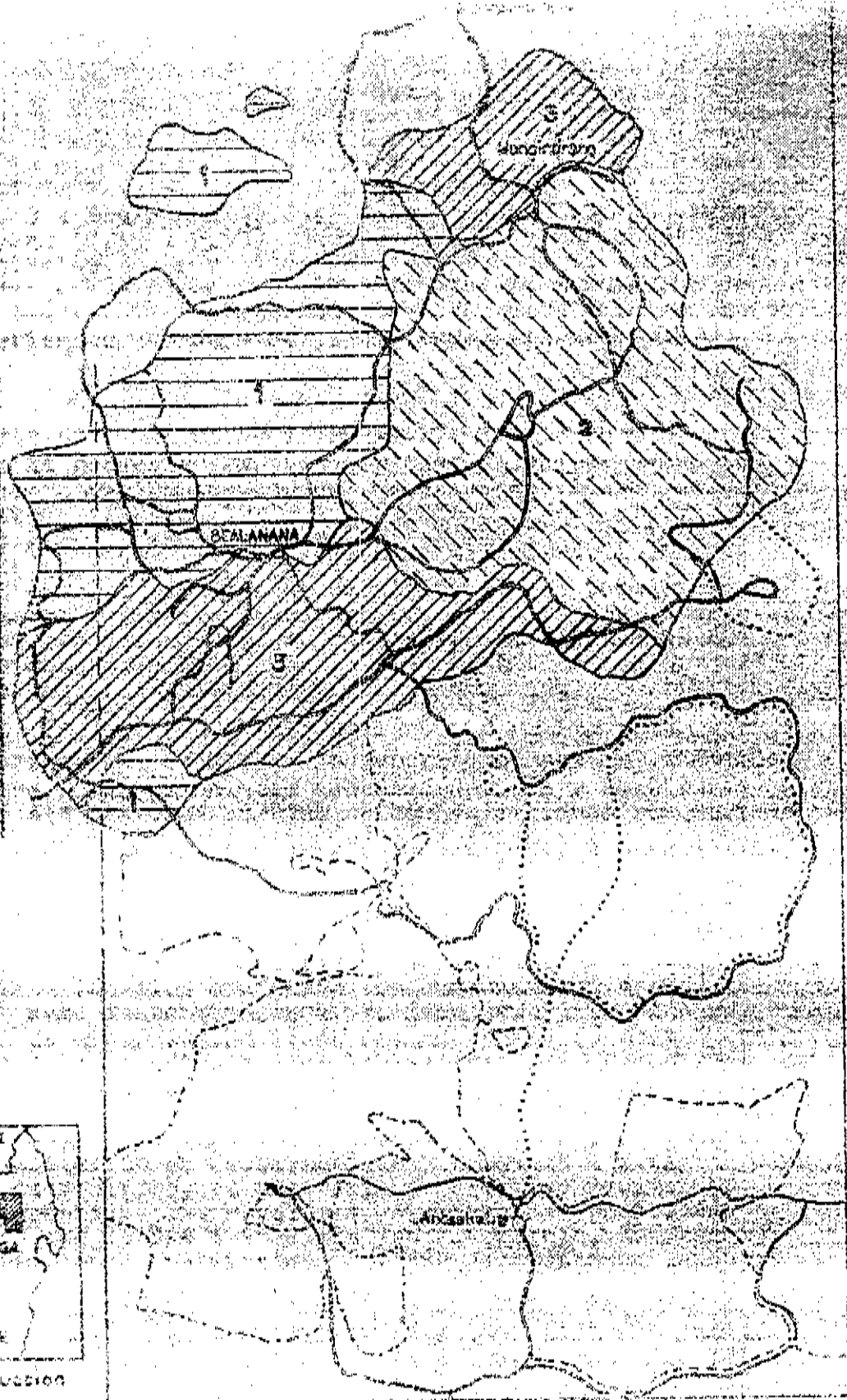
A. EMBERGER - Mars 1957

INTRODUCTION

L'Ankaizina est une région naturelle formée de grandes plaines alluviales enserrées dans un relief granitique et volcanique. Elle s'étend dans le Nord de Madagascar et englobe la majeure partie du district de Bealanana dont le Chef lieu est situé à 500 km au Nord-Nord-Est de Tananarive. La vocation agricole de ces dépressions et de ces plateaux basaltiques a été signalée pour la première fois en 1909 par H. FERRIER de la BATHIE. Depuis cette époque, plusieurs tentatives de mise en valeur ont été effectuées mais sans résultats notoires, si ce n'est l'introduction à petite échelle du café arabisca. Récemment, la question du développement économique de l'Ankaizina a été remise à l'ordre du jour avec l'installation, aux environs de Bealanana, du Bureau d'Etudes pour le développement de la production agricole dans les territoires d'Outre-Mer (E.D.P.A.). Cette société d'Etat y poursuit actuellement des travaux de drainage et d'irrigation, des essais systématiques d'acclimatation d'espèces végétales et animales et contribue enfin à l'établissement de colons originaires de la Métropole et de la Réunion.

La mission organisée par le Service Géologique en 1956<sup>(1)</sup> répondait à un double but : 1°) rechercher si des ressources minières pouvaient s'ajouter aux ressources agricoles déjà connues ; 2°) étudier les différents problèmes géologiques se rapportant à une extension des travaux de mise en valeur du pays (matériaux de construction et d'empierrement, tourbe, adduction d'eau, sites de barrages, drainage des différentes plaines). Secouru par M.M. LANGE et RIESTEIN, aide-géologues et cinq commis, prospecteurs et chauffeur, j'ai mis quatre mois pour effectuer ce travail. Au cours d'un cinquième mois, une prospection sommaire s'est déroulée au Sud de l'Ankaizina dans le secteur correspondant au reste

III- Je tiens, au début de ce travail, à exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes qui ont facilité l'accomplissement de ma mission, tant par leur aide que par leur hospitalité. Il m'est agréable de citer en particulier M. l'Administrateur JUBRY, Chef du District de Bealanana, M. THOMAS, Directeur technique du BDP et M. PIERRARD, Directeur des exploitations du BDEA dans l'Ankaizina.



CARTHE DES ITINERAIRES

- 1. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 2. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 3. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 4. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 5. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 6. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 7. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 8. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 9. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe
- 10. Itinéraire de l'expédition de M. de la Harpe

de la feuille géologique au 1/200.000 de Bealanana (Planche 1). L'Ankaizina proprement dite chevauche en effet les deux coupures géologiques au 1/200.000 Bealanana et M<sup>t</sup> Tsaratanana, débordant très légèrement à l'Ouest, sur les feuilles Ambanja et Amponbiava. Elle est inscrite dans les 3 coupures topographiques au 1/100.000 du Service Géologique de Madagascar, édition provisoire de 1948 : Bealanana (T.36), Marotaolana (U.36) et Ambondromangindrano (T.35 - U.35). Sa couverture de photographies aériennes verticales est complète à l'exception de la Haute Sofia, et appartient aux missions 015, 017 et 018. La moitié Sud de la feuille Bealanana au 1/200.000 n'est couverte par les photographies aériennes que dans sa partie Ouest (mission 015).

**HISTORIQUE DES TRAVAUX ANTERIEURS.** - La bibliographie, en ce qui concerne la géologie est très limitée. Après les notes fragmentaires de P. LEMOINE (1906), de C<sup>t</sup> COLCANAP (1910), de H. PERRIER de la BATHIE (1909 et 1927) de A. LACHOIX (1922) et de R. DECARY (1923 et 1926), seule les levés de H. BESAIRIE en 1933 (feuille Bealanana au 1/200.000), auxquels il faut ajouter ceux de J. DIETRICH en 1951 (feuille M<sup>t</sup> Tsaratanana) ont permis d'avoir une vue d'ensemble sur les structures de cette région. Pour H. BESAIRIE, dont les idées, déjà émises en 1933 et 1935, ont été nouvellement exposées en 1955 dans la "Documentation géologique sur l'Ankaizina", l'Ankaizina est formée d'un socle de gneiss, de gneiss et de mica-schistes, rattachés au système du graphite, à l'exception d'une bande Est-Ouest, dans le Nord appartenant au système du Vohibory. En dehors des vieux granites qui s'étendent à l'Ouest de l'Ankaizina, les roches éruptives y sont rares. L'ensemble a été traversé par des roches volcaniques récentes se rapportant à trois groupes lithologiques (phonolites et trachytes phonolitiques, trachytes, basaltes et basaltoides) dont les roches sont à âge différent. Les phonolites se rattachent vraisemblablement à la série pétrographique d'Ampaninava. L'âge des trachytes, et des rhyolites n'est pas connu avec exactitude, tandis que les roches basaltiques appartiennent à deux phases distinctes. Les plus anciennes correspondent à des plateaux et seraient sans doute pliocènes, ou même peut-être plus anciennes. Les coulées des basaltes de la seconde phase se sont épanchées dans les vallées actuelles et les centres d'émission sont parfaitement conservés.

En 1951, J. DIETRICH a distingué, pour les schistes cristallins une série du Sambirano que H. BESAIRIE a intégrée dans le système du Vohibory, et une série du graphite équivalent du système du graphite. Les rhyolites, trachytes et phonolites ont été rattachés aux roches intrusives post-liasiennes. Les basaltes, considérés comme quaternaire, ont été groupés sous le terme de "coulées basaltiques de l'Ankaizina".

La même année, P. SEGALIN et G. TERCINIER ont publié une "Notice sur la carte pédologique de l'Ankaizina" dans laquelle sont mentionnées d'intéressantes observations géologiques dues aux auteurs et relatives au volcanisme.

Pour terminer cet exposé succinct sur la documentation géologique il est intéressant de rappeler que R. DECARY (1923) a été le premier naturaliste à attirer l'attention sur les directions remarquables des principaux cours d'eau, en particulier leur parallélisme, et à leur attribuer une origine tectonique.

## CADRE GEOGRAPHIQUE

L'Ankaizina comprend essentiellement le bassin de la Maevarano, dans son cours supérieur et une partie de son cours moyen, et par analogie morphologique, celui de la Haute Sofia. Demain des Hauts Plateaux s'étendant dans le Nord de Madagascar, elle est limitée au Nord par le Massif de l'Ambondro et les contreforts du Tsaratanana, à l'Est par la ligne de partage des eaux Canal de Mozambique - Océan Indien, au Sud par le Plateau d'Anala-vary et à l'Ouest par les hauteurs granitiques de la Moyenne Maevarano. On lui adjoint parfois la Haute Manampatrana, située à l'Est de la ligne de partage des eaux.

Ce qui fait l'originalité de cette région, et aussi son intérêt, est l'existence de cinq grandes plaines alluviales, d'altitude moyenne de 1100 mètres et couronnées de tous côtés par des crêtes et des plateaux granitiques et volcaniques s'élevant jusqu'à près de 2000 mètres. Ce sont les plaines de Mangialano, d'Antelopole, d'Anjanaborona, de Bealanana et de la Haute Sofia (Marotsiana).

Ces plaines sont dues au comblement d'anciennes dépressions, à partir de seuils rocheux barrant les principales vallées (Maevarano, Bealanana, Sofia). Les dépôts, correspondant à une érosion régressive intense, sont remontés assez haut en étant dans les vallées adjacentes en donnant naissance à une multitude de digitations. Le comblement s'est effectué en deux phases : la plus ancienne, et aussi la plus importante, lors de l'apparition des seuils, consécutive à la formation des dépressions par effondrement ; la seconde, très récente et qui se poursuit actuellement, à la suite d'éruptions volcaniques dont plusieurs coulées ont obstrué des vallées (Bealanana, Bealanankely). Les volcans, extrêmement bien conservés, sont localisés dans la moitié Ouest.

## DIVISIONS NATURELLES

Indépendamment des plaines alluviales, la répartition des différentes formes de relief impose la division de l'Ankaizina en trois zones :

- la zone déprimée de la Haute Maevarano et de la Haute Sofia à l'Est.
- le bassin de la Moyenne Maevarano au Sud-Ouest.

-4-

- le relief volcanique de l'Ambondro-Bemanevika, au Nord-Ouest.

La zone déprimée de la Haute Maevarano et de la Haute Sofia correspond aux trois plaines de Mangindrano, d'Antelopolo et de la Sofia (Marotaolana). Les deux premières sont parfois désignées sous le terme de Mangindrano Nord et Mangindrano Sud. Couvrant respectivement une superficie approximative de 240, 100 et 30 km<sup>2</sup>, ces trois plaines sont séparées les unes des autres par de faibles ondulations. Les deux premières communiquent entre elles par un simple chenal qu'emprunte la Maevarano, sans différence de niveau appréciable, tandis que la troisième, celle de la Sofia, sort de l'Ankaizina à Andampy par un seuil bien marqué et s'engage ensuite dans une série de gorges. Les contours de ces dépressions sont découpés, en ce nombreuses ramifications. La digitation la plus importante, celle de l'Ambalamotraka, se développe sur plus de 20 km de long, avec une largeur moyenne de 2 km. Le versant oriental de la Haute Maevarano est une ligne de crête boisée, s'abaissant du Nord au Sud, de 2000 mètres (Contrefort du Mont Tsaratanana) à environ 1500 mètres.

Le bassin de la moyenne Maevarano présente une morphologie plus complexe. La Maevarano et son affluent la Bealanana coulent à travers les deux plaines d'Anjanaborona (120 km<sup>2</sup>) et de Bealanana (82 km<sup>2</sup>) insérées entre trois massifs granitiques disposés concentriquement et incurvés vers le Nord. Ces trois zones granitiques, l'Ambatoharana (1824m) au Nord, le chaînon de Marotaolana (1640m), Analabe Berotra (1638m) au centre et le Plateau d'Analavory (Ambodilaitra 1698m) au Sud, présentent dans le détail des variations de structure. L'exutoire de la plaine de Bealanana, à laquelle il faut ajouter la petite cuvette indépendante de Betakankana qui présente des caractères identiques, traverse le chaînon du Marotaolana-Analabe Berotra par un seuil granitique auquel s'est superposée récemment une coulée de basalte. La Maevarano, à sa sortie de la plaine d'Anjanaborona pénètre par un seuil (seuil de Tetezambato ou d'Ambodivohitra) dans un massif granitique auquel se rattache le plateau d'Analavory.

Un des traits particuliers de cette région est la présence de volcans parfaitement bien conservés, dispersés sur l'ensemble de ce secteur. Les cônes se dressent, soit en bordure ou au milieu de la plaine (Bealanana, Ankijanivato) ou isolés au milieu des granites (Ampasimantroatra, Antsoriavato). Les formes les plus remarquables sont celles de Marovato (plaine Bealanana-Bendrazana) et celles de l'Ankijaniambo qui présente trois cratères emboîtés. Les coulées qui en descendent sont également le plus souvent intactes et ont localement formé des bouillons, barrant les vallées de la Bealanana (ou Antsamaka) et de la Bealanankely (station agricole).

Le relief volcanique de l'Ambondro-Bemanevika domine les cuvettes de Mangindrano et de Bealanana. Il s'agit d'un vaste plateau volcanique orienté Nord-Est Sud-Ouest, d'altitude moyenne variant de 1500 à 1800 mètres et couronné par le massif également volcanique de l'Ambondro qui culmine à 2271 mètres. Au Nord-Est, le Mt Ambondro et le plateau de Marangaka représentent de vieux terrains volcaniques déjà érodés, tandis que la partie occidentale (plateau de Bemanevika) correspond à un volcanisme récent. Les centres volcaniques y sont d'une remarquable fraîcheur. On compte parmi eux plusieurs lacs de cratères.

(1) - Cette plaine est parfois désignée sous le nom de Plaine de la Moyenne Maevarano.



Le réseau hydrographique de l'Ankaizina est entièrement tributaire du Canal de Mozambique. Il en est de même des régions limitrophes qui ont également été parcourues à l'exception de la bordure Est dont les cours d'eau se jettent dans l'Océan Indien, par l'intermédiaire de l'Antanambalana (Maroantsetra). La ligne de partage des eaux correspond le plus souvent à des zones forestières. Elle coïncide au Nord avec les limites Est de l'Ankaizina jusqu'à la hauteur de Marotaolana. Vers le Sud, elle se poursuit par les crêtes du Somotra et passe à environ 8 km à l'Est d'Antakabary, sur le plateau du Bezavona.

VERSANT CANAL DE MOZAMBIQUE.— Les cours d'eau de ce versant se répartissent dans les deux bassins de la Maevarano et de la Sofia.

Le bassin de la Maevarano draine à lui seul, dans son cours supérieur et moyen la presque totalité de l'Ankaizina. Ces parties de son cours sont caractérisées par la traversée de grandes dépressions remblayées par les alluvions qui correspondent, sur de larges superficies, à des zones marécageuses qui se réduisent considérablement en fin de saison sèche. Ces cuvettes sont entourées par des lignes de crêtes dont les directions sont souvent parallèles à leur limite. Il s'ensuit que les affluents de la Maevarano, à l'exception de la Bealanana et de l'Anpandrina, ont des dimensions très restreintes. Il s'agit de petits torrents à très forte pente et toujours en eau. La Maevarano prend sa source au Nord de Mangindrano, dans le massif du Bengivy, contrefort du Tsaratanana. Dix kilomètres plus loin, elle pénètre dans la plaine de Mangindrano à laquelle succède, plus au Sud la plaine d'Antelopolo. Dans la traversée de ces dépressions, le cours de la Maevarano est fluctuant. Les torrents qui descendent de la bordure montagneuse se perdent dans les marais. Seuls les ruisseaux plus conséquents ont un lit tracé jusqu'à la Maevarano. Mais comme pour celle-ci, on en observe de nombreux déplacements.

Le seul affluent à noter est l'Ambalamotraka qui sur la rive gauche, coule dans une zone alluviale importante, constituant une digitation de la plaine d'Antelopolo. A la sortie de la plaine d'Antelopolo, la Maevarano s'insinue dans un défilé, sur une dizaine de kilomètres. Ensuite, sa vallée s'élargit de nouveau, et forme la plaine d'Anjanaborona jusqu'à Ambodivohitra. L'alluvionnement de cette plaine est toujours actif et le dépôt continu de nouvelles alluvions entraîne une surélévation et des variations dans le tracé du lit de la rivière. Dans cette plaine, la Maevarano reçoit l'un de ses deux affluents les plus importants, la Bealanana. Sur cette rivière, l'existence d'un seuil à Ambatoria a provoqué la formation d'une plaine alluviale très ramifiée dans laquelle se situe le chef-lieu du district de Bealanana. C'est dans cette cuvette que vient se perdre la Beandrarezona, important torrent descendant du plateau de Marangana. La basse vallée de la Bealanana, en aval du seuil d'Ambatoria, constitue également une plaine alluviale qui prolonge celle de la moyenne Maevarano. La continuité parfaite de ces deux plaines en arc de cercle ne nécessite pas de les distinguer géographiquement et permet de les englober toutes les deux sous le terme de plaine d'Anjanaborona. La digitation la plus importante de cette plaine est celle de Beantsindrano, qui s'allonge en arc de cercle, parallèlement à la Maevarano, au Sud d'Anjanaborona. La Maevarano reçoit encore sur sa rive droite, dans la traversée de la plaine d'Anjanaborona, la Bealanankely. Ce petit cours d'eau rejoignait primitivement la Maevarano au Sud d'Anpandrina. Mais une

Re poussée vers l'Est d'environ 2 km, la Beainanakely a retrouvé la Maevarano en franchissant par une chute, un petit éperon granitique. Le barrage de son ancienne vallée a déterminé la formation d'une petite plaine dans laquelle le B.D.P.A. a installé son centre le plus important : Antanambola.

Il faut encore signaler l'existence, au Nord de Bealanana d'une étroite vallée qui met curieusement en communication la plaine de Bealanana à celle de Mangindrano. Le point le plus haut de couloir est situé à proximité de la plaine de Mangindrano et empêche toute circulation d'eau entre les deux cuvettes.

Après le seuil d'Ambodivohitra qui marque la limite de la plaine d'Anjanaborona, la Maevarano s'engage par une vallée escarpée dans un relief granitique qui marque la limite occidentale des Hauts Plateaux. A 4 km en aval du seuil d'Ambodivohitra, elle reçoit sur sa rive droite l'Ambatomainty, affluent descendant du Plateau de Bemanevika.

L'importance de l'hydrographie de la Maevarano est grande. Les problèmes qui s'y rattachent, conditionnent en grande partie (drainage, irrigation, équipement hydroélectrique) la mise en valeur agricole de l'Ankaizina du moins en ce qui concerne les plaines alluviales, les autres régions intéressantes étant les plateaux basaltiques.

Le bassin de la Sofia est représenté, dans l'Ankaizina par l'extrémité de son cours supérieur (Haute Sofia). Il s'agit d'une zone également remblayée par des alluvions (plaine de Marotaolana). Une multitude de petits torrents aboutissent à une zone plus ou moins marécageuse et ce n'est qu'à proximité de son exutoire (Andampy) que la Sofia prend effectivement naissance, avec un lit nettement individualisé.

En aval, donc en dehors de l'Ankaizina, la Sofia serpente essentiellement dans un relief granitique. Il faut signaler que très rapidement son lit s'élargit. A Antsakabary près de la sortie de la feuille Bealanana au 1/200.000, soit à environ 90 km d'Andampy, sa largeur varie de 100 à 200 mètres. Les affluents les plus importants sont, pour la rive droite la Bébara, la Teanahana et la Sabantona ; pour la rive gauche, l'Androfinaty et l'Ankofa.

VERSANT OCEAN INDIEN. - Le versant Océan Indien est essentiellement représenté par la Manampatrana qui est un affluent de l'Antanambalana, rivière se jetant dans l'Océan Indien à Marcantetra. La Haute Manampatrana présente des analogies morphologiques avec la digitation de l'Ambalamotraka (plaine d'Antelopolo) : plaine alluviale inondée en saison des pluies, avec contours dentelliformes. Cette analogie est la raison pour laquelle certains auteurs intègrent la Haute Manampatrana à l'Ankaizina. C'est un secteur où les possibilités agricoles paraissent également non négligeables. Les autres cours d'eau de ce versant ont une moindre importance. Citons l'Antsaribe, qui grossie de la Mananara rejoint la Manampatrana, mais en dehors de la feuille Bealanana.

#### CLIMATOLOGIE

L'Ankaizina jouit d'un climat particulier encore mal connu. Le climat tropical à alternance de deux saisons sèches et hu-

mides due à sa latitude est atténué par son altitude et la proximité du massif du Tsaratanana, dont l'imposante masse, située sur la ligne de partage des eaux de l'île, entraîne d'importantes perturbations.

Les données climatiques de Bealanana peuvent s'étendre à quelques variantes près, à la moyenne Maevarano ; celle de Mangindrano, à la zone déprimée de la Haute Maevarano, à l'exception des bordures montagneuses.

A Bealanana (sur 12 ans), la température moyenne est de 20°0 avec des maxima de 26°1 et des minima de 13°8 (température absolues extrêmes 33°0 et 3°2). Mais on peut enregistrer très localement des gelées matinales (Antanambola). A Mangindrano, les écarts sont plus sensibles (sur 10 ans) : moyenne 19°8 avec 26°8 pour les maxima et 12°7 pour les minima (température absolues extrêmes 33°2 et 2°1).

La saison des pluies est bien marquée de Décembre à Mars, mais de fréquents brouillards et quelques pluies s'observent en saison sèche. A Bealanana, 83% des précipitations annuelles (1341,4 mm) tombent durant cette saison. La hauteur d'eau est plus grande à Mangindrano, 1.458 mm dont 78% seulement pendant la même période.

On ne peut appliquer directement ces chiffres pour le relief volcanique d'Ambondro-Bemasnevik. Son altitude élevée, sa position à l'Ouest du Tsaratanana lui confère un climat relativement froid et humide. Les gelées ne sont pas rares en Juillet et Août à Bemasnevik. Les pluies sont fréquentes, et elles entretiennent une humidité permanente favorable à la forêt et à la prairie.

TABLEAUX CLIMATIQUES

Composés par la Direction du Service Météorologique de Madagascar. Il s'agit de valeurs normales relevées pendant les périodes mentionnées pour les stations suivantes :

Bealanana (alt. 1060m) Antsahabary (alt. env. 450m)

Mangindrano (alt. 1150m) Befandriana Nord (alt. 315m).

Cette station est à l'extérieur de la zone étudiée, à 40 km au S.S.O. de Bealanana.

Pluies : RR = hauteur de pluie en millimètres

J = nombre de jours de pluie

Stations	JAN	FEB	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
Bealanana 18-20 ans	RR 325,1	300,7	256,6	75,7	7,9	11,7	4,9	11,0	5,8	21,7	61,3	237,2	1341,4
	J 18	17	17	6	2	3	2	2	1	3	7	21	99
Mangindrano 10 ans	RR 315,2	294,3	293,3	99,5	29,9	24,0	14,9	11,2	12,3	26,5	100,6	237,7	1459,2
	J 19	19	19	10	6	5	5	5	2	5	6	16	117
Antsahabary 15-17 ans	RR 235,8	291,8	215,3	70,3	14,5	18,0	13,8	10,2	5,7	16,1	84,7	214,3	1290,5
	J 19	15	15	8	5	5	7	6	4	3	7	14	109
Befandriana N	RR 313,6	400,3	264,4	80,4	8,3	3,6	4,4	3,1	2,3	44,0	139,9	316,1	2160,4
	J 20	18	15	6	1	1	1	1	1	3	7	16	90

Température en ° : Tx abs : maximum absolu  
 Tx : moyenne des maxima  
 Tn abs : minimum absolu  
 Tn : moyenne des minima  
 $\frac{Tx + Tn}{2}$  : moyenne

Station	JANV	FEBV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOYENNE	
Beaulieu 9-13 ans	Tx abs	31,2	31,2	30,2	28,2	29,0	29,0	27,7	30,6	33,0	33,0	31,8	-	
	Tx	27,0	27,2	27,7	27,0	24,0	23,3	22,9	25,1	27,6	28,6	28,0	26,1	
	Tn abs	10,7	10,8	10,6	10,2	7,2	7,2	5,7	3,7	5,6	8,6	10,2	-	
	Tn	16,4	16,5	16,3	15,4	13,2	13,9	13,4	11,4	11,0	13,1	14,9	15,6	13,8
	$\frac{Tx + Tn}{2}$	21,7	21,9	22,0	21,2	19,8	17,8	17,1	18,1	18,1	20,4	21,8	21,8	20,0
Mauglières 10 ans	Tx abs	33,4	30,8	30,8	30,5	29,3	29,8	29,2	31,0	33,2	33,0	33,4	-	
	Tx	29,5	27,4	28,3	27,5	26,3	24,7	24,3	26,5	29,1	30,1	29,2	26,8	
	Tn abs	11,2	12,4	12,0	9,0	6,2	2,1	4,4	3,3	1,3	4,7	8,2	10,6	-
	Tn	15,9	15,7	15,6	14,0	12,8	10,9	9,3	9,5	6,9	12,0	13,6	15,0	12,7
	$\frac{Tx + Tn}{2}$	22,7	21,6	22,0	20,8	19,6	17,8	16,9	17,7	17,7	20,6	21,9	22,1	19,0
Antecrabbary 7-9 ans	Tx abs	36,5	35,4	35,6	34,4	33,4	32,9	32,3	34,1	37,7	37,9	37,4	-	
	Tx	30,9	31,4	31,4	30,5	28,5	27,1	26,3	27,5	30,3	31,9	32,8	29,4	
	Tn abs	16,5	16,1	15,1	15,6	11,6	7,9	9,0	10,1	10,9	12,2	13,1	-	
	Tn	20,1	19,9	20,1	19,2	17,4	15,3	15,0	15,1	16,8	18,2	19,2	17,5	
	$\frac{Tx + Tn}{2}$	25,5	25,7	25,8	24,8	23,0	21,2	20,9	20,3	21,3	23,5	25,0	26,0	25,4
Befendriane H. 9-13 ans	Tx abs	35,7	36,6	35,1	34,6	34,4	33,0	34,2	35,8	37,9	37,2	37,3	-	
	Tx	31,4	31,5	31,7	31,8	30,8	29,0	29,0	30,8	32,9	33,7	33,0	31,5	
	Tn abs	18,4	16,6	16,4	17,4	13,9	12,9	12,2	13,2	14,6	15,6	17,2	-	
	Tn	21,1	21,1	21,0	20,8	19,0	16,2	16,1	18,6	19,9	20,5	20,6	19,7	
	$\frac{Tx + Tn}{2}$	26,3	26,3	26,4	26,3	24,9	23,6	23,6	24,7	26,4	27,1	27,1	26,8	

## G E O L O G I E

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

### CONSTITUTION

L'Ankaizina est constitué par un ensemble de schistes cristallins précambriens plus ou moins granitiques, rattaché à la Série du Sambirano (J. DIETRICH - 1951) et au Système du Graphite et traversé à deux époques différentes par des venues volcaniques. Les éruptions volcaniques les plus anciennes (secondaires ou tertiaires) ont précédé des phénomènes de tectonique cassante qui ont provoqué la formation des grandes dépressions séparées les unes des autres par des seuils granitiques. La formation de ces seuils a modifié les profils d'équilibre primitivement établis et entraîné une érosion intense des versants. Les matériaux ainsi arrachés n'ont pu être entraînés normalement loin vers l'aval en raison des seuils et se sont accumulés au fond des dépressions. Au quaternaire, si l'on en juge par la morphologie, se sont produites de nouvelles éruptions volcaniques. Les épanchements de laves ont emprunté les vallées en formant localement des bouchons. Les nouveaux seuils ainsi constitués ont donné naissance à un cycle d'érosion dont les effets sont moins sensibles que le précédent.

Le rattachement des schistes cristallins aux grands ensembles stratigraphiques de l'île est malaisé. Les caractéristiques sur lesquelles on se base pour faire des corrélations sont ici peu nettes. On ne connaît qu'un seul point minéralisé en graphite et les niveaux amphiboliques, quartziques ou calcaires paraissent distribués irrégulièrement sans que l'on puisse y observer une densité particulièrement grande, comme c'est le cas dans le Système du Fohibory. Mais des considérations d'ordre tectonique nous apportent des éléments importants qui, joints à l'association des faciès, permettent de dresser une esquisse stratigraphique. Tous les terrains cristallins de l'Ankaizina ont des directions de plissements qui se répartissent en deux systèmes : en arc ouvert vers le Nord et s'infléchissant, dans sa branche Est, vers l'Est et une direction monoclinale Nord-Nord-Ouest Sud-Sud-Est avec plongement Est. Mais, et ce fait est capital, les terrains présentant l'un de ces deux systèmes de directions ne sont pas tous en continuité, et sont séparés les uns des autres par des secteurs affectés par l'autre système. Il s'ensuit fréquemment des discontinuités angulaires que je considère comme la trace de fractures

mettant en contact des terrains d'âges différents. La régularité des directions de chacun des deux systèmes, la présence de mylonites, les caractères instables de la région (volcanisme important) et la morphologie constituant un faisceau de preuves en faveur de cette interprétation. Je ne pense pas que l'on puisse, du moins dans la majorité des cas, expliquer ces "discordances" par le seul jeu d'une tectonique souple. A l'intérieur des compartiments ainsi délimités existent localement des secteurs à directions aberrantes mais parallèles à l'une des directions majeures. Les itinéraires n'ont pas toujours été suffisamment serrés pour préciser les rapports entre ces directions. L'esquisse tectonique dressée ici sera développée plus loin mais n'en conservera pas moins son caractère schématique. Dans le détail subsistent des lacunes que seule les levés à plus grande échelle sont susceptibles de combler.

Les terrains plissés suivant l'arc incurvé vers le Nord sont rattachés au Système du Graphite, tandis que ceux qui suivent la direction monoclinale Nord-Nord-Ouest Sud-Sud-Est sont assimilés à la Série du Sambirano définie plus au Nord par J. DIE-TRICH en 1951. Les schistes cristallins assimilés au Système du Graphite surmontent ceux rattachés à la Série du Sambirano. Si cette dernière série est l'équivalent du Système du Vohibory, je serais conduit à faire superposer le Système du Graphite à celui du Vohibory, contrairement à la superposition officiellement admise.

Les faits géologiques qui ont le plus contribué à conférer à l'Ankarafana son caractère actuel sont le volcanisme et la tectonique. Aussi ces deux questions seront-elles exposées plus longuement dans deux chapitres particuliers. Ce sont elles en outre qui conditionnent l'intérêt agricole de la région, à savoir les larges cuvettes alluviales et les riches terres basaltiques.

## LES TERRAINS CRISTALLINS

### LES SCHISTES CRISTALLINS

Les schistes cristallins sont essentiellement représentés par des gneiss et des migmatites dans lesquels sont fréquemment intercalés, dans le Nord et dans l'Est, des niveaux à amphibole et plus rarement à pyroxène ainsi que quelques cipolins. Le faciès dominant est celui des migmatites qu'il est souvent difficile de séparer des gneiss en raison de leur répartition irrégulière. La migmatitisation ne s'est pas stabilisée sous un front caractéristique mais a affecté les gneiss d'une manière diffuse. Elle est plus intense dans la moitié Ouest. On observe aussi une bande de micaschistes d'extension très réduite. Ces différents faciès sont rattachés à la Série du Sambirano et au Système du Graphite.

LA SÉRIE DU SAMBIRANO.— Les Formations de la Série du Sambirano s'étendent principalement entre la Maevarano et la Manampatrana (Mangindrano, Marotaolana, Andasinimara), où leur continuité n'est interrompue qu'au Nord-Est du Mangindrano, par deux plages du système du Graphite. Sur la rive droite de la Maevarano, elles

se poursuivent uniquement au Nord de Mangindrano et dans le petit bassin de la Beraitra, au Sud-Sud-Ouest d'Antelopolo. Il faut sans doute rattacher à cet ensemble les niveaux à amphibole et pyroxène qui affleurent au Nord-Est de Deslanana et au Sud-Ouest d'Ambatoria. A l'exception de ce petit secteur dans lequel les directions de plissement sont Nord-Est Sud-Ouest, les schistes cristallins de la Série du Sambirano sont régulièrement orientés Nord-Ouest Sud-Est avec un plongement Est généralement faible à moyen (inférieur à 50°).

La région occupée par ces roches est fortement latéritisée, il est difficile d'y prélever des échantillons sains, particulièrement dans la région Nord Marotaolana. Le facies dominant est un gneiss à biotite partiellement migmatisé et dans lequel s'observent des niveaux à amphibole (Ouest d'Antsaonjo, Andingiliny, Sud-Ouest de Beraitra). Les cipolins sont rares. Deux affleurements seulement ont été observés : le premier, situé au Sud-Ouest d'Ambatoria est associé à des amphibolites et des pyroxénites et se trouve dans une zone de fracture (recristallisation de la calcite). Le second est au Sud d'Anolakely. Il est constitué par des blocs de cipolins jonchant le fond d'un lavaka. La roche en place n'a pas été trouvée. Les gneiss de la Série du Sambirano sont irrégulièrement granitisés (voir paragraphe consacré à la granitisation).

LE SYSTEME DU GRAPHITE. - Les facies rattachés au Système du Graphite sont localisés sur la rive droite de la Maevarano. On en retrouve quelques lambeaux sur la rive gauche, au-dessus des gneiss et migmatites de la Série du Sambirano (Sud d'Antsaonjo). Le rattachement au Système du Graphite est basé essentiellement sur l'indice de graphite signalé par J. DIEBTRICH (1951), à 3km5 au Nord-Nord-Ouest de Beandrarexona. En dehors de cet indice, le rattachement est fait d'après la continuité tectonique, ou des facies particuliers. C'est le cas des mica-schistes à sillimanite et grenat que l'on rencontre entre Antsaonjo et Anjozorandony, et qui apparaissent placés dans des formations rattachées à la Série du Sambirano. Sans doute s'agit-il de schistes en repli synclinal.

Le Système du Graphite dessine un arc ouvert vers le Nord dont la branche Ouest entre la Beandrarexona et la Sandrakoto. La branche Est s'infléchit vers l'Est. A l'exception des mica-schistes d'Antsaonjo, il s'agit presque uniquement de migmatites avec quelques intercalations de gneiss à amphibole. Ces migmatites présentent deux facies. Le premier est celui des migmatites rubanées (embréchites). On l'observe à la sortie Est de Bealanana, au départ de la future piste de Mangindrano. Le second est celui de gneiss massif à litage diffus. La roche est intermédiaire entre un gneiss et un granite. Elle correspond à une granitisation plus ou moins poussée, phénomène largement développé dans toute la région.

#### La GRANITISATION

Les schistes cristallins de l'Ankaizina font souvent place à des roches granitiques présentant encore des caractères plus ou moins gneissiques. Ces roches dérivent directement des gneiss et des migmatites de la Série du Sambirano ou du Système du



Graphite, par une granitisation progressive dont l'ampleur va croissante de l'Est à l'Ouest. Les termes ultimes conduisent à de véritables massifs granitiques. Cette granitisation se traduit, soit par un aspect plus massif, moins schisteux du gneiss original, soit par l'individualisation au sein de ces gneiss de bancs ou lamens de granites foliés. Ces bancs, peu épais dans l'Est (de quelques décimètres à quelques dizaines de mètres) deviennent de plus en plus importants dans la moyenne Masvarano : lams de l'Analabo Berotra, de Marofamara, de Marovato, où ils dépassent mille mètres de puissance. A l'Ouest du méridien d'Ambodivohitra, la granitisation est totale, le granite affleure sur de grandes étendues.

Dans le détail, ces granites peuvent présenter trois modes de gisements différents :

- 1 - Lentille ou feuillet interstratifié dans les migmatites, avec une schistosité parallèle à celle de la roche encaissante : bancs de Marofamara, de Marovato.
- 2 - Massif à foliation et contours conformes à la schistosité de la roche encaissante : massif de Marotaolana.
- 3 - Massif à contours discordants par rapport à la schistosité de la roche encaissante, mais dont la foliation lui est parallèle : granite du plateau d'Analavory.

Tous ces granites ont en fait une origine commune. Il s'agit de granites métasomatiques résultant d'une granitisation irrégulière, plus ou moins diffuse de la roche aux dépens de laquelle ils se sont formés. Les facies ne sont pas homogènes. On observe tous les passages entre un granite franc et un gneiss. Sa distinction sur le terrain s'avère parfois délicate et il n'est pas toujours facile de dire si l'on a affaire encore à un gneiss ou déjà à un granite. Les facies intermédiaires sont groupés sous le nom de migmatites, le terme de granite étant réservé pour les roches dans lesquelles le rubanement ou la schistosité ont disparu mais où subsiste encore le plus souvent une foliation. Dans la carte au 1/200.000 ci-jointe, ces migmatites n'ont pas été séparées des gneiss. Cette distinction eût été illusoire à cette échelle.

Ces granites ont une couleur claire, variant de gris au rose. Sa texture est généralement foliée, avec parfois formation de phénocristaux (Nord d'Ambodivohitra). La proportion des ferromagnésiens est irrégulière. Lorsqu'elle est faible, la roche ressemble à une leptynite (pont sur la Masvarano). L'allanite est rare. Le facies malgachitique s'observe localement (Nord d'Ambodivohitra, Ampemainty). La structure est granoblastique avec corrosion plus ou moins accentuée. La perthite est constante. La hornblende verte est fréquente.

Le mode de gisement en feuillet n'est pas particulier aux granites de l'Ankalisina. Il a été observé dans de nombreux granites de Madagascar pour lesquels ont été définis le terme de granites stratifiés. Des études chimiques effectuées sur différents types de granites stratifiés dans plusieurs régions de l'île : Granite anosyon (R. de la ROCHE, 1956), granite de Midongy (A. BERGER, 1955), granite d'Andriba (R. LAUTEL, 1952) ont montré que cette granitisation correspondait à un apport essentiellement siliceux et alcalin. Les échanges produits par métasomatose sont d'ailleurs relativement faibles. Dans le pays betsileo, les différences qui existent entre la composition du granite de Midongy

et celles des roches encaissantes sont de l'ordre de 10%. Aucune comparaison chimique de ce genre n'a encore été faite sur les granites de l'Ankaizina. Mais déjà, leur mode de gisement et leur structure pétrographique permettent de les classer parmi les granites stratifiés.

UN VOLCANISME

Des éruptions volcaniques se sont produites à plusieurs époques dans l'Ankaizina et les régions limitrophes. Leurs matériaux se sont épanchés sur l'ensemble de la région, mais avec une densité plus grande dans la moitié Ouest. Leur répartition géographique s'établit comme suit :

Au Nord-Ouest, la bordure de l'Ankaizina est presque entièrement volcanique. Les plateaux de Bonanavika, de Marangaka, le massif trachyphonolitique de l'Ambondro forment un relief volcanique à peu près continu, d'une quarantaine de kilomètres de long avec une largeur variant de 5 à 15 km. L'altitude moyenne est de 1.800 mètres, avec le point culminant de l'Ambondro, à 2.271 mètres.

Au Sud-Ouest (bassin de la moyenne Muevarano), les manifestations éruptives ont donné des volcans et des coulées isolées, dispersées au milieu des granites et des schistes cristallins. 14 centres d'émissions bien conservés ont été dénombrés, ainsi que plusieurs coulées fortement altérées. La base des volcans se situe généralement à une altitude variant de 1050 à 1200 mètres, c'est-à-dire à un niveau proche de celui de grandes dépressions marécageuses. Les coulées de laves altérées, sans cône d'émission visible, se répartissent à des altitudes variables, depuis la côte des marais jusqu'aux sommets de crêtes atteignant 1500 mètres.

A l'Est (rive gauche de la Maerazano). Le volcanisme ne se manifeste plus que par des coulées très érodées et transformées en arête laitéritique formant le plus souvent des plateaux de basse altitude (Marotaolana) ou des culots phonolitiques caractéristiques émergeant au milieu du cristallin. Plus de 25 culots ont été observés entre la Haute Sofia et le Haut Manampetra (secteurs de l'Andingiliny - 1644 m, du Marivondrona, du Heroitra).

MORPHOLOGIE

Les formes du relief qui résultent des manifestations volcaniques présentent de grandes diversités en raison de la superposition, du moins dans le temps et ce n'est toujours dans l'espace, de plusieurs cycles éruptives. L'étude morphologique conduit à distinguer deux reliefs différents : un relief ancien, très évolué et un relief jeune, à peu près identique à sa forme primitive. Cette distinction est d'une façon très générale facile à établir sur le terrain. Mais il y a cependant quelques cas où le rattachement à l'un de ces deux types est malaisé, certains caractères se rapportant à un relief jeune, d'autres à un relief ancien. Ces cas seront envisagés dans le paragraphe consacré à l'interprétation de la morphologie.

**RELIEF ANCIEN.** - Le relief ancien est caractérisé par un démantèlement et un ravinement plus ou moins poussés des appareils éruptifs et une altération intense des produits épanchés. Le phénomène d'inversion de relief est toujours réalisé, mais à des échelles différentes. Ces formes anciennes s'observent sur toute l'étendue de l'Ankaizina : dans sa bordure Nord-Ouest (plateau de Marangaka, massif de l'Ambondro), dans la région de Bealanana (terrain d'aviation), sur la rive gauche de la Marvarano (Berotra, Marotolana). Remarquons que toutes les formes volcaniques visibles à l'Est de cette rivière sont anciennes.

L'une des caractéristiques du volcanisme est de donner naissance à un relief de couverture qui se distingue nettement de celui du substratum. Dans le premier stade d'évolution, l'érosion n'agit que sur les matériaux volcaniques, à l'exclusion du substratum qu'ils recouvrent et protègent. Le relief volcanique conserve toute son individualité. Lorsque l'érosion atteint le substratum, l'évolution morphologique se poursuit conjointement sur la couverture et sur le socle. Les caractéristiques du relief volcanique s'estompent. A un stade plus poussé, aucune distinction entre les deux ensembles n'est possible. Seule la nature des roches ou des latérites qui en dérivent permet de déceler les traces d'une activité volcanique. Tous ces stades d'évolution morphologique sont représentés dans l'Ankaizina. Les formes d'origine essentiellement volcanique sont les plateaux et les culots. Il existe aussi des matériaux éruptifs qui n'affectent pas ces formes et qui se confondent morphologiquement avec les terrains cristallins.

Les plateaux représentent la forme de relief la plus répandue. Ils s'étagent à deux altitudes particulières : plateau d'altitude, de 1600 à 1800 mètres et plateaux des marais à quelques mètres au-dessus du niveau des grandes cuvettes, c'est-à-dire à environ 1100 mètres. Les plateaux d'altitude sont localisés à l'Ouest du massif de l'Ambondro et sont désignés par le terme de Plateau de Marangaka et ses dépendances. Ces plateaux basaltiques sont altérés et localement recouverts par une véritable cuirasse latéritique. Ils sont largement entaillés par les tributaires de la Beandrarezona et de la Sandrakoto. La partie supérieure forme souvent à la périphérie un ressaut nettement individualisé dans la topographie. La roche saine n'apparaît que dans les zones d'érosion active, c'est-à-dire dans les lits de ruisseau. Il faut sans doute attribuer une origine identique au petit plateau qui s'allonge sur trois kilomètres au Sud-Ouest d'Antambato (Nord-Est de Bealanana). Le fait que je n'y ai pas observé de lave, même au bordure, peut signifier que le basalte ait été entièrement altéré et même presque entièrement érodé. La surface actuelle correspondrait à une surface de nivellement proche de la surface topographique antérieure à la mise en place du basalte. Il faut préciser qu'il existe effectivement à proximité, mais sur l'autre rive de la Bealanana, une petite crête dont la latérite représente une ancienne lave. Son altitude est légèrement supérieure à celle du plateau d'Antambato.

Les laves de ces plateaux appartiennent le plus souvent à la famille des basaltiques : basanites, basaltites, andésites. Un basalte du plateau de Marangaka, prélevé à 8 km au Nord-Nord-Ouest de Beandrarezona, renferme de l'olivine, de l'augite, de la calcite, du labrador, de la magnétite, de l'ilménite. Les plagioclases forment de fines microlites. Le basalte de Marofanara (7 km Nord-Est de Marofanara) a une composition analogue.

Les plateaux basaltiques que je désignerai sous le nom de plateau des marais, forment de curieuses plateformes au milieu

des grandes dépressions de l'Ankaizina. Elles dominent les marécages ou les alluvions de plusieurs dizaines de mètres. Leurs pentes sont généralement très fortes. L'érosion y dégage parfois des coupes naturelles (lavaka) qui montrent à la partie supérieure une latérite brune ou grise de lave, et à la base des schistes cristallins également souvent très altérés. Le terrain d'aviation de Bealanana est établi sur l'un de ces plateaux et la coupe de la route qui y conduit est particulièrement démonstrative à cet égard. On y observe un ravinement de migmatite par des produits volcaniques altérés (tufs et laves). Quelques blocs de roches saines, isolées dans la latérite de ce plateau indiquent qu'il s'agit d'un ancien basalte. La partie supérieure, à l'extrémité Ouest de la piste d'atterrissage, est localement cuirassée. La cuvette d'Antelopofo montre des exemples identiques, en particulier au Sud-Ouest d'Ankodohofo. Ces plateaux sont encore plus nombreux dans la cuvette de Marotaolana (haute Sofia) où elles constituent un chepelet d'îlots. Comme pour le plateau d'Antambato, il est probable que dans certains cas la partie basaltique ait déjà été enlevée.

Les culots, constitués par des roches proches des phonolites (phonolites, trachyphonolites) offrent leur aspect caractéristique : pains de sucre plus ou moins évasés avec accumulation d'éboulis sur le pourtour. Leurs dimensions sont variables. A la base, leur diamètre varie de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres. La hauteur dépasse rarement cent mètres. L'état d'altération est parfois plus avancé que ne pourrait le laisser supposer la forte inclinaison des parois. Ces culots phonolitiques se rencontrent autour de la plaine de Mangindrano (Ambondro) et avec une densité plus grande entre la haute Sofia et le haut Manampatrana. Dans la bordure Ouest de la plaine de Mangindrano, les principaux culots sont visibles dans le massif de l'Ambondro, au Nord-Ouest d'Ambararatabe Nord (bordure Est du plateau de Marangaka) et au Nord-Ouest de Mangindrano (mont Antongonjao). Entre la Sofia et le Manampatrana, ils sont particulièrement abondants autour de Marotaolana (Marivorondro), près d'Andingilingy (l'Andingilingy - 1544 m), en bordure des rives de la Manampatrana, à la hauteur d'Amalafony.

Les phonolites et trachyphonolites ont leur teinte classique grise à verdâtre. A l'Ouest d'Ambahivahy, elles renferment de la néphéline, du microcline anorthose, de la hornblende. Les microlites ont une orientation nette (E.4125). L'Ambondro est formé principalement par des trachyphonolites. Sur la rive gauche de la Maevarano, à l'Est de Marotaolana, le culot de Marivorondro est constitué par une roche à structure foyaitique (E.4194) : fond de feldspathes aplatis et enchevêtrés avec néphéline et aegyrine. Il n'y a pas de verre. Cette disposition appartient à la structure microgrenue (microsyénite à néphéline) et marque un stade intermédiaire entre les roches grenues et les roches microlitiques. Cette structure très particulière permet d'envisager l'hypothèse d'un édifice volcanique profondément démantelé et dont le Marivorondro correspondait à une partie profonde.

Les autres matériaux volcaniques anciens de l'Ankaizina ne se distinguent pas des schistes cristallins par leur morphologie. Ils leur sont intimement associés dans leurs formes d'érosion. On les rencontre sur le rebord occidental de la plaine de Mangindrano où ils forment des placages importants très érodés et descendant jusqu'au niveau de la cuvette (Ambahivahy, Bezanogotra, Matsaborimadio). A l'Est d'Ambahivahy, les coulées deviennent subhorizontales et forment de petites plateformes identiques

aux plateaux de marais. Entre Antambato et Beroitra, les traces de volcanisme sont abondantes. Elles se reconnaissent sur les crêtes par la couleur sombre de leurs latérites. Dans les bas fonds, lits de rivière, on retrouve parfois la roche saine. C'est le cas du basalte dans lequel est creusé une fraction du cours de la rivière Beroitra, ainsi que celui de la rivière Antsatrana. Entre Antolongo et Mangindrano, A. LACROIX signale une labradorite. Au Nord d'Amboivohitra, un basalte forme un épéron en bordure du marais, sans que son relief affecte une forme particulière, si ce n'est des cannelures d'érosion rappelant celles que l'on observe sur des calcaires. Le basalte, que A. LACROIX considère comme la forme d'épanchement des Luscladites, est caractérisé par l'abondance de phénocristaux d'augite atteignant un centimètre. L'olivine est en cristaux plus petits (analyse 379).

Notons enfin que dans les terrains atteignant le dernier stade d'évolution morphologique, les lavaka sont nombreux et leur coupe montre parfaitement, par la différence de couleurs de latérite, la superposition d'une couverture volcanique à un substratum cristallin.

RELIEF JEUNE. - Le relief jeune est caractérisé par des formes n'ayant pas, ou très peu, évolué depuis les éruptions qui leur ont donné naissance. Les cônes volcaniques sont intacts, les coulées conservent leur aspect de chèvres chartiques. Les roches sont généralement saines mais on peut cependant y observer localement un état d'altération parfois assez poussé. L'inversion du relief n'a pas encore eu le temps de se produire. A l'exception de l'Ankijanimavo, toutes ces formes jeunes sont situées sur la rive droite de la Maevarano. Elles ne constituent une couverture continue qu'au Plateau de Bemanevika. Ailleurs, elles apparaissent isolément au milieu du cristallin dans le bassin de la moyenne Maevarano, en particulier autour ou au milieu de la cuvette de Bealanana. Enfin, on rencontre quelques volcans isolés sur le plateau de Marangaka.

Le plateau de Bemanevika. - Le plateau de Bemanevika est essentiellement formé par de larges coulées basaltiques issues de volcans parfaitement conservés. Il mesure vingt cinq kilomètres de long, avec une largeur variant de dix à quinze kilomètres. Seule la partie Sud-Est a été parcourue pendant cette mission. Sa bordure Est repose sur un substratum qui n'est autre que les basaltes altérés du plateau de Marangaka. Au Sud, les roches sous-jacentes sont granitiques et leur topographie ancienne correspondait à une pénéplaine. Les observations mentionnées ici ne se rapportent donc qu'à la partie Sud-Est. Au Nord d'Amberivory, à proximité de la plate de Bemanevika se dressent plusieurs volcans alignés Nord-Nord-Ouest-Sud-Sud-Est. E. BESAIKIE a signalé l'analogie topographique qu'ils présentent avec la chaîne des Pays d'Auvergne. Les cratères sont le plus souvent évasés, avec des ouvertures dirigées dans des directions variables. Certains cônes sont surabaissés et leur cratères sont envahis par des marécages. Au Nord-Est d'Amberivory existent quatre lacs de cratères (dont l'Ambaravantsarika, la Matsaborimena et l'Andraikavato). Leur diamètre varie de 400 à 800 mètres. L'un d'eux est formé par l'accrolement de deux cratères et mesure un kilomètre suivant son grand axe. Les vallées qui descendent du plateau ont été empruntées par des coulées de laves. La plus typique est celle d'Amberivory. Issue d'un volcan situé à 5 km au Nord-Nord-Ouest d'Amberivory et dominant la

vallée, la lave est descendue sur plus de sept kilomètres, avec une dénivellation supérieure à 400 mètres. Dans sa partie inférieure, elle a déplacé de près de deux kilomètres le confluent d'un petit ruisseau avec l'Anberivary. Les deux cours d'eau bordent la coulée et ne se rejoignent qu'à son front, près de l'Andraratrana. Il s'agit d'un basalte à olivine et augite. Le plagioclase est du Labrador (E.4116).

Le bassin de la moyenne Maevarano. - Les volcans de cette région sont isolés. Malgré leurs formes caractéristiques, ils ne sont pas toujours facilement visibles. Les reliefs granitiques au milieu desquels ils s'insèrent les camouflent quelque peu. Leurs laves sont toujours basaltiques. L'olivine y est fréquente. Les principaux sont les suivants :

L'Antscriavato est situé sur la rive gauche de l'Ambatomainty, à 5 km<sup>5</sup> de son confluent avec la Maevarano. Son cône s'appuie vers l'Est sur un massif granitique. Sa coulée de basalte emprunte la vallée de l'Ambatomainty. Elle prend en aval de l'importance par l'adjonction des laves émises par l'Ankijanivato, volcan qui se dresse plus à l'Est, au milieu des granites. Les deux coulées réunies s'arrêtent à la Maevarano qu'elles surplombent de plus de 20 mètres par une falaise.

Le Marovato, à 8 km à l'Ouest-Nord-Ouest de Bealanana, est entièrement dégagé au milieu d'un petit plateau latéritique. Par son flanc Est s'est échappé une coulée de basalte de 2 km<sup>5</sup> de long et qui a atteint le Marais. On observe sur la coulée elle-même et en bordure du cône quelques petites cratères secondaires. De nombreuses projections se sont accumulées à l'Ouest du cône principal jusque sur la chaîne granitique de l'Anaborano.

L'Ankijaniambo se dresse en bordure de la Bealanana (7 km à l'Ouest-Sud-Ouest du Chef lieu de district), appuyé sur la chaîne granitique de l'Anaborano. Il constitue le groupe volcanique le plus complexe de la région. Il comprend en effet un premier cône affaissé vers le Nord-Est. La dépression du sommet est subdivisée en trois petits entonnoirs. Au Nord de ce cône apparaît un volcan plus petit, adossé au granite de l'Anaborano. Ces différents cratères ont donné deux coulées de basalte. La première, de dimension très restreinte, s'est épanchée vers le Nord-Est ; la seconde, de trois kilomètres de long, s'est dirigée vers l'Ouest, dans la vallée de la Bealanana qu'elle a entièrement obstrué au passage d'un rétrécissement granitique. Ces centres éruptifs ont émis une grande quantité de projections qui se sont déposées sur le flanc Sud-Ouest de l'Anaborano.

L'Ampasimantrotra est à 11 km au Sud-Sud-Ouest de Bealanana, à proximité de la station agricole de Betainkankana. Largement éguulé vers le Sud-Est, il s'élève à l'Ouest de la route Bealanana-Antschily qui traverse sa chaîne. Sa coulée de basalte s'est étendue vers le Nord-Est et le Sud-Ouest dans la vallée de la Bealananakely qu'elle a complètement fermée. La rivière a déplacé son cours vers l'Est et rejoint la plaine de la Maevarano par un seuil granitique à 2 km<sup>5</sup> à l'Est de son entrée primitive. Comme pour la plupart des autres volcans, les scories ont formé une couverture sur le flanc des collines granitiques voisines.

L'Ankijaninayo (16 km au Sud-Sud-Ouest de Bealanana) a émis une coulée de basalte qui s'est épanchée dans le marais de la plaine d'Antschily.

Le Beacilafana (10 km à l'Ouest-Sud-Ouest de Bealana-na) possède deux cratères jumelés.

Les deux volcans de Bealmana présentent encore leurs formes caractéristiques, mais leurs précipités sont tous très altérés, qu'il s'agisse des laves ou des projections. Les flancs en particulier, ceux du volcan Nord, sont ravinsés. Ce volcan est bordé au Sud-Ouest par un lac périmétrique. H. BESAIKIE en a fait un lac de cratère, mais aucune projection pouvant témoigner d'une explosion n'est visible aux environs. Un argument en faveur d'une origine volcanique serait la grande profondeur. Les quelques rares tentatives de recherche du fond n'ont pas abouti. Mais personne n'a pu me dire qu'elle était la profondeur maxima atteinte.

Le volcan d'Antanambola (6 km au Sud-Sud-Ouest de Bealana-na) disparaît presque entièrement au milieu des granites. Son cône est bien conservé mais sa coulée de basalte, épanchée vers l'Est jusqu'au niveau du marais, est partiellement altérée en argile latéritique.

L'Anhetrakabe est un exemple de volcan dont la lave n'est pas sortie par la base ou par un des flancs écroulés du cratère, mais par débordement au sommet. L'Anhetrakabe est situé à 2km5 au Nord-Ouest de Bealmana, sur un petit plateau. La coulée de basalte dirigée vers le Sud-Est, se termine à ce village, en bordure de la plaine de Bealmana. Le versant Sud-Est ne présente aucun caractère d'un relief volcanique. La lave est entièrement altérée et entaillée de profonds ravins qui fournissent de remarquables coupes. A la partie supérieure, sur une hauteur variant de un à cinq mètres, des argiles latéritiques dérivant de basalte forment un tapis recouvrant des argiles latéritiques au cristallin. Le versant Nord, au contraire, tourné vers une dépression marécageuse, offre une forme conique dans laquelle se reconnaît la structure d'un volcan.

En bord l'Ankorojo (rive gauche de la Maravato) à 43 km à l'Est-Nord-Est de Bealmana, l'extrémité de la vallée de l'Ambalamotraka est occupée par une coulée basaltique descendant de la bordure forestière de l'Analabe. La morphologie de ce fond de vallée attire de loin l'attention. Sa pente est relativement forte et sa section ressemble une auge. Je ne suis pas remonté suffisamment en amont pour retrouver le centre d'émission. L'examen de la photographie aérienne ne révèle aucun cône volcanique. Comme dans l'exemple précédent, le basalte est transformé en latérite. Seules quelques boules intactes sont visibles au front de la coulée.

AGE

La première conclusion qui se dégage de l'étude morphologique est l'existence de plusieurs cycles volcaniques. Le plus ancien a donné naissance aux vieux basaltes du plateau de Maravato, tandis que le plus récent a produit les volcans du Maravato, de l'Ampasimatraka. Le rattachement des volcans présentant des formes intermédiaires d'évolution à l'un de ces deux cycles présente des difficultés dans plusieurs cas. Pour tenter de les résoudre, il faut également envisager la morphologie des terrains cristallins voisins. Nous établirons d'abord une chronologie relative des différentes émissions basées sur les basaltes puis nous verrons dans quelle mesure il est possible

de situer ces cycles volcaniques dans la stratigraphie de l'île.

CHRONOLOGIE DES EMISSIONS. - Compte tenu de la morphologie des matériaux volcaniques et de leur position sur le socle cristallin, les émissions se répartissent en deux cycles, un cycle ancien et un cycle récent. Le cycle ancien paraît s'être déroulé sur une période assez longue qui nécessite sa subdivision en deux phases, la phase 1 étant antérieure à la phase 2.

Cycle ancien : Ce cycle a donné des laves dont l'éventail pétrographique est large : rhyolite, trachyte, phonolite, basalte.

Phase 1 : basaltes des plateaux, très érodés, fortement ravinsés.

Phase 2 : basaltes sur le versant des cuvettes alluviales (basaltes des pentes) que l'on retrouve dans les cuvettes, en plateformes surélevées. Toujours très altérés, centres éruptifs érodés.

Il n'est pas possible pour l'instant de préciser la position des émissions rhyolitiques, trachytiques et phonolitiques du secteur Marangaka-Ambondro. L'altération poussée de ces laves et l'insuffisance des levés ne permettent pas de retracer l'histoire de leurs éruptions. Les phonolites et trachyphonolites qui sont isolées sur la rive gauche de la Maevaran (Marotaolana, Andingilingy) appartiennent également à un cycle ancien. Mais leur étude pétrochimique montre qu'elles constituent un groupe particulier qui se situe nettement en dehors de la courbe de différenciation magmatique des roches précédentes. Tout en les considérant comme anciennes, il est prématuré de les rattacher au volcanisme de l'Ambondro.

Cycle récent : Ce cycle n'a donné naissance qu'à des laves basaltiques.

Basaltes situés à des altitudes différentes, appareils éruptifs toujours conservés, coulés en général peu ou pas altérés.

Le rattachement des différents basaltes à ces deux cycles est le suivant :

Cycle ancien

Phase 1 : Basalte des plateaux.  
Marangaka  
Marofanara  
Beroitra

Phase 2 : Basaltes des pentes.  
Ambakivaky  
Besarangotra  
Terrain d'arrosation de Bealanana

Cycle récent

Dans l'ordre des éruptions :

- 1- L'Anketrakaha
- 2- Volcans de Bealanana
- 3- Volcans d'Antanamboia
- 4- Le Marovato et
  - 1'Antsorianana,
  - 1'Ampasimantroatra,
  - 1'Ankijanambo,
  - 1'Antsoriavato,
  - 2'Ankijanivato,
  - le Besodifazana,
  - les volcans du plateau de Romanovika coulés à Ambakivaky.



La position dans le temps de l'Ankaizina n'est pas certaine. Malgré le ravinement important de sa lave, il me semble plus logique de le placer au début du cycle récent, en raison de l'état de conservation relative de son cône.

PLACE DANS LA STRATIGRAPHIE. - Nous ne disposons d'aucun élément direct pour placer les différentes éruptions volcaniques dans la stratigraphie de l'île. Ces émissions ne sont en effet produites sur des terrains cristallins très anciens, placés dans le Précambrien et remontant à plus d'un milliard d'années. Nous en sommes réduits aux seuls arguments morphologiques et pétrographiques qui, par comparaison avec d'autres édifices volcaniques datés, peuvent apporter quelques précisions.

Cycle ancien. - Le volcanisme ancien, à l'exception des roches de la famille des phonolites qui affleurent au Sud-Est de l'Ankaizina, présente un relief ressemblant à celui du massif de l'Ankaratra (centre de Madagascar) et dont les éruptions sont datées de Mio-Pliocène. Les différences climatiques qui existent entre les deux régions ont sans doute conduit à deux évolutions de formes non similaires. Aussi ne peut-on faire une corrélation certaine. Je pense que le cycle ancien de l'Ankaizina, du moins pour les laves localisées dans le Nord-Ouest, fait partie du volcanisme du Tsaratanana avec lequel j'ai observé la quasi-congruence. Géographiquement, la ceinture de relief qui entoure la plaine de Manjirano et dont la moitié Ouest est presque entièrement volcanique, appartient déjà à ce massif. Mentionnons dès maintenant que les laves de l'Ankaizina s'intègrent parfaitement dans la courbe magnétique de celles du Tsaratanana. L'étude chimique révèle également une analogie frappante avec les facies microlitiques de la province pétrographique d'Ampsiadava (Sud-Ouest d'Amboina) qui métamorphosent les terrains du Callovien inférieur. Mais nos connaissances sur le Tsaratanana sont trop limitées pour que l'on puisse pousser la comparaison plus loin.

Cycle récent. - Aucun argument paléontologique ne me permet de dater les éruptions récentes. Mais l'extrême fraîcheur de la plupart des volcans indique que ces éruptions se sont produites dans un passé très proche. Les dernières émissions de laves sont certainement quaternaires.

#### PÉTROLOGIE

Les laves qui affleurent dans l'Ankaizina ont une aire d'extension qui dépasse les limites de cette région. Les basaltes de l'extrémité du plateau de Bemanevika ne représentent qu'une petite partie d'un ensemble largement étalé vers le Nord-Ouest. Le massif de l'Ambondro paraît se rattacher au volcanisme du Tsaratanana. Les nombreux pitons phonolitiques et trachyphonolitiques de la rive gauche de la Msevarano appartiennent à la même série que les phonolites de l'Antsahamalandy et de l'Amparihy qui percent le socle cristallin à l'Est de l'Ankaizina (feuille Anispa, L. LAPINAINE 1955). Je ne dispose pas d'un nombre suffisant d'analyses pour entreprendre l'étude des seules roches volcaniques de l'Ankaizina. J'utiliserai donc également les analyses faites sur les laves de ces différentes séries. La comparaison de ces analyses justifiera le rattachement d'une partie du volcanisme ancien de l'Ankaizina à celui de Tsaratanana et

permettra d'esquisser les caractéristiques de chaque cycle d'activité volcanique.

Aux roches à structure microlitique type, j'ai joint deux roches microgrenues qui paraissent en relation avec le volcanisme et qui pourraient correspondre à des parties plus profondes des édifices volcaniques. Cette hypothèse n'est pas nouvelle puisqu'elle a déjà été émise par A. LACROIX, au sujet des roches de la province d'Ampasindava. Dans l'Ankaizina, j'ai trouvé à l'Est de Marotselana un culot qui présentait tous les caractères externes d'un dôme phonolitique. L'examen au microscope a révélé qu'il s'agissait en réalité d'une foyaitte, roche à structure microgrenue particulière (foyaitte), équivalent d'une syénite néphélinique à aegyrine (analyse en cours). Il sera intéressant de voir si ces roches s'intègrent effectivement dans les courbes de variation magmatique des laves.

LES PARAMETRES DE NIGGLI. - J'utiliserai, pour cette étude pétrochimique les paramètres de NIGGLI que l'on obtient en faisant le total par rapport à 100, des proportions moléculaires d'alumine (al), de ferro-magnésiens (fm), de chaux (c) et des alcalis (alc). Le paramètre si (silice) est calculé proportionnellement à ce total. Ces calculs ont été faits en partie par R. VIONNET.

Les analyses proviennent de deux sources :

- 1- A. LACROIX, Minéralogie de Madagascar, numéros simples.
- 2- JEREMINE et A. LENOELE. - Bulletin du Muséum National d'histoire naturelle - T. XXIV, 1952, n°4. Numéros précédés de J.L.

ANALYSES CHIMIQUES TABLEAU I

	MASSIF DU TSARATANANA							
	316	328	392	461	462	464	465	466
SiO <sub>2</sub>	66.00	59.16	42.49	41.22	66.74	75.80	63.16	43.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.14	19.26	14.29	15.66	14.77	17.45	11.13	24.38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.55	1.70	3.51	3.14	3.94	2.50	1.89	3.69
MnO	1.05	3.04	8.20	5.98	1.67	4.38	8.25	8.05
HgO	-	0.61	7.69	9.46	0.18	1.72	9.12	7.52
CaO	1.02	2.89	12.42	14.74	0.52	9.90	15.84	12.04
Na <sub>2</sub> O	5.61	5.56	2.63	2.25	6.21	4.64	1.71	3.02
K <sub>2</sub> O	5.38	5.30	1.21	1.17	4.05	4.88	1.16	3.88
TiO <sub>2</sub>	0.72	0.92	3.31	2.43	0.15	1.37	2.32	3.54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.23	0.44	0.47	0.06	0.53	0.02	0.55
CO <sub>2</sub>				1.11				
H <sub>2</sub> O <sub>+</sub>	0.30	1.44	3.40	1.61	1.27	1.34	2.17	0.81
H <sub>2</sub> O <sub>-</sub>	0.26	0.26	0.40	1.24	0.71	0.21	0.99	0.27
Total	100.12	99.75	99.93	100.13	100.28	100.16	100.36	100.17

Massif du Tsaratanana :

- 316 - Rhyolitoïde - Ampanompa. I.4(5).1(2).(3)4
- 328 - Trachy-phonolite - Sud-Ouest du Tsaratanana. I'.5.2.'4
- 392 - Basaltoïde - base Sud du Tsaratanana. III'.6.3(4).4
- 461 - limburgite - Antsahavony sur le Manambato. III.6.(3)4.4
- 462 - Microsyenite à égyrine - Marokalona. I'.4(5).1.4
- 464 - Dorsite, entre Akadaba et Antombony. II.5.2.(3)4
- 465 - Basalte - Ampanompa. III(IV).5'.(3)4.'4.
- 466 - Basaltoïde - Sandrakotohely. III.6.3.4.

ANALYSES CHIMIQUES TABLEAU 2

	EST ANKAIZINA						ANKAIZINA		
	238	336	337	JL3	JL4	JL5	349	379	463
SiO <sub>2</sub>	54,50	57,60	59,31	56,40	57,06	57,28	46,96	42,54	52,82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,10	20,20	20,40	23,55	20,71	21,86	17,75	14,37	18,62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,08	1,61	1,50	0,73	0,79	1,00	3,11	3,13	3,73
FeO	2,22	1,12	1,35	1,41	1,62	1,32	6,05	9,07	2,23
MgO	1,37	0,80	0,77		0,09		3,81	9,12	0,21
CaO	3,74	1,61	0,77	1,52	1,54	1,56	10,32	12,41	1,18
Na <sub>2</sub> O	8,15	9,42	9,42	8,84	8,11	8,63	2,83	2,06	6,32
K <sub>2</sub> O	5,59	4,90	4,90	5,72	5,62	5,68	1,41	1,06	4,59
TiO <sub>2</sub>	1,06	0,20	0,31	0,09	0,61	0,11	4,03	3,51	0,12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	0,10					0,91	0,50	0,09
FeO +	} 0,45	} 2,00	} 1,40	1,44	1,08	1,70	} 2,89	} 2,15	} 3,11
FeO -				0,27	0,47	0,44			
SO <sub>3</sub> /Cl	0,18	0,13		00,6/0,25	0,14/0,13	0,04/0,47			
CO <sub>2</sub>								0,14	
NaO				0,12	0,15	0,16			
Total	100,49	99,69	100,53	100,41	103,12	100,25	100,07	100,21	100,23

Est Ankaizina :

- 238 - Syénite à roséane - Entre Amparihiny et Belalona. I(II).6.1'.<sup>04</sup>
- 336 - Phonolite néphélinique à natryne - Ambohibory I'.6.1.4.
- 337 - Phonolite néphélinique à natryne - Ambohimirahavavy I'.6.1.4.
- 342 - Tachyrite à natryne - Entre Amparihiny et Belalona II.6'.(1)2.4'.<sup>04</sup>
- JL3 - Phonolite néphélinique à natryne : Entre l'Ampatsa et Kaitombaka. I.6. 1(2).4
- JL4 - Phonolite néphélinique à natryne : Entre l'Ampatsa et Kaitombaka I.(5)6.1'.<sup>04</sup>
- JL5 - Phonolite néphélinique à natryne - village Ambawaha (Ouest d'Andapa) I.6. 1(2).4

Ankaizina :

Volcanisme ancien seulement

- 349 - Labradorite. Entre Antolonga et Mangindrano I'.5.1(2).<sup>04</sup>
- 379 - Basalte. Ambodivohitra. III. 3(6).4.4.
- 463 - Trachy phonolite. Bemaintikely. I'.5. 1(2).<sup>04</sup>

TABLEAU DES PARAMETRES DE NIGGLI

	SI	ai	fa	o	alo
<b>Tsarstanans</b>					
516 .....	289	44	12	5	39
328 .....	213	43	17	11	31
392 .....	92	18	46	29	7
461 .....	83	16	46	32	6
462 .....	305	40	21	0	39
464 .....	174	32	27	19	22
<b>Est Ankaizina</b>					
238 .....	163	37	16	12	35
336 .....	204	42	8	5	44
337 .....	210	42	12	3	45
342 .....	134	29	28	18	25
JL3 .....	192	47	6	6	41
JL4 .....	207	44	8	6	42
JL5 .....	202	45	6	6	42
<b>Ankaizina ancien</b>					
349 .....	123	27	34	29	10
379 .....	89	18	49	28	5
463 .....	225	42	19	5	35

**DIAGRAMME DE VARIATION MAGMATIQUE.** - Ce diagramme (planche 2) se construit en portant les valeurs de  $si$  en abscisses et celles de  $al$ ,  $fm$ ,  $o$ ,  $alo$  en ordonnées. Les points représentatifs des laves de l'Ankaizina et ceux des roches du Tsaratanana s'intègrent dans les mêmes courbes. Le volcanisme du Tsaratanana et celui de l'Ankaizina (cycle ancien) appartiennent donc à une série unique. Théoriquement, cette conclusion n'est pas rigoureuse puisque le nombre des analyses de laves de l'Ankaizina est restreint. La disposition de leurs points représentatifs n'en constitue pas moins un critère intéressant, qui associé aux arguments morphologiques prend la valeur d'une preuve.

Nous constatons une diminution progressive des faibles les plus basiques aux faibles les plus acides, de la teneur en ferromagnésiens et en chaux. Cette diminution correspond à une augmentation de la teneur en alumine et en alcalis. Ces variations sont tout à fait normales. La courbe  $Al$  coupe la courbe  $fm$  en un point important, dit point d'isofalie. Il représente la teneur en ferromagnésiens et en alumine de la roche moyenne de la série. Le diagramme donne les valeurs correspondantes suivantes :  $al = 31$ ,  $fm = 31$ ,  $o = 20$ ,  $alo = 21$ ,  $si = 152$ . Ces paramètres sont ceux d'une trachy-andésite.

Sur ce graphique, les points relatifs aux laves de l'Est Ankaizina ont parfois des positions excentriques, en particulier  $al$  et  $fm$ . Ils semblent participer à une autre série de courbes que je n'ai pu tracer. Les points étant répartis dans un trop petit intervalle, l'allure de telles courbes est sujette à caution, surtout pour l'extrémité acide. Nous pouvons néanmoins tirer ici une seconde conclusion : les phonolites de l'Est Ankaizina ne se situent pas entièrement sur les courbes de l'Ankaizina-Tsaratanana. D'un point de vue pétrochimie, je distinguerai donc une série Est Ankaizina (phonolite de la rive gauche de la Maavarano), et une série Ankaizina-Tsaratanana (les autres laves du cycle ancien).

**INDICES D'ALCALINITÉ.** - La détermination de l'indice d'alcalinité suivant la méthode de M.A. PEACOCK (1931) permet d'assigner aux séries volcaniques une place dans quatre grandes provinces pétrographiques types : les provinces calciques, calco-alcalines, alcalino-calciques et alcalines. Auparavant, P. NIGGII (1923), après BECKE et HARKER, avait envisagé deux provinces seulement : une province atlantique<sup>(1)</sup>, caractérisée par des séries calciques ou calco-sodiques et une province pacifique, avec ces laves essentiellement alcalines. Des considérations tectoniques ont montré que les séries calciques ou calco-sodiques appartiennent à des aires orogéniques à tectonique souple, tandis que les zones tabulaires à tectonique cassante montraient des séries alcalines. R. MICHEL (1953) donne le tableau de correspondance suivant :

(1) Ces termes atlantique et pacifique ne correspondent pas à une répartition géographique de ces provinces. Ils signifient simplement que ces deux régions ont montré des exemples de séries calciques et alcalines.

ANCAIZINA  
A. E. BERGER - 1957

Andésites		Es. andésites	
Basaltoides		Basaltoides	
a)	o	o	
b)	o	o	
c)	o	o	
d)	o	o	

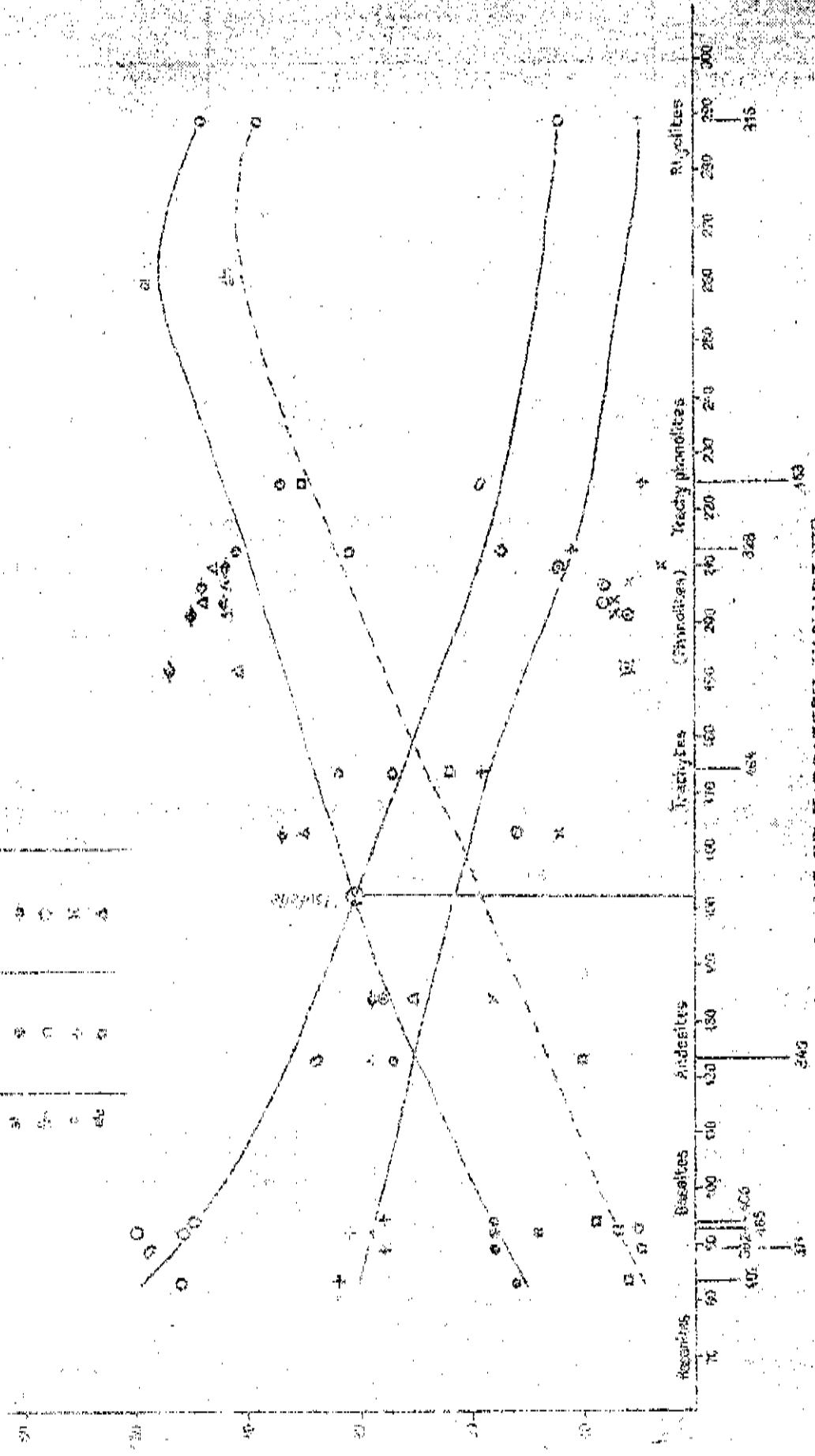


DIAGRAMA DE VARIACION TIPOLOGICA

HARKER-BECKE	NIGGLI	PEACOCK
Pacifique	Calco-alkaline-Pacifique	Calcoique Calco-alkaline
Atlantique	Sodique = Atlantique et Potassique-Méditerranéenne	Alcalino-calcoique Alcaline

Pour obtenir l'indice d'alcalinité, on trace les courbes représentant la variation du pourcentage de  $\text{CaO}$  et de  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  en fonction de  $\text{SiO}_2$ .  $\text{SiO}_2$  est porté en abscisses,  $\text{CaO}$  et  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  en ordonnées. L'intersection de ces deux courbes correspond à un pourcentage de  $\text{SiO}_2$ , appelé indice d'alcalinité. Les divisions des séries de PEACOCK sont les suivantes :

Séries	Indices
Alcaline	en dessous de 51
Alcalino-calcoique	entre 51 et 56
Calco-alkaline	entre 56 et 61
Calcoique	au dessus de 61

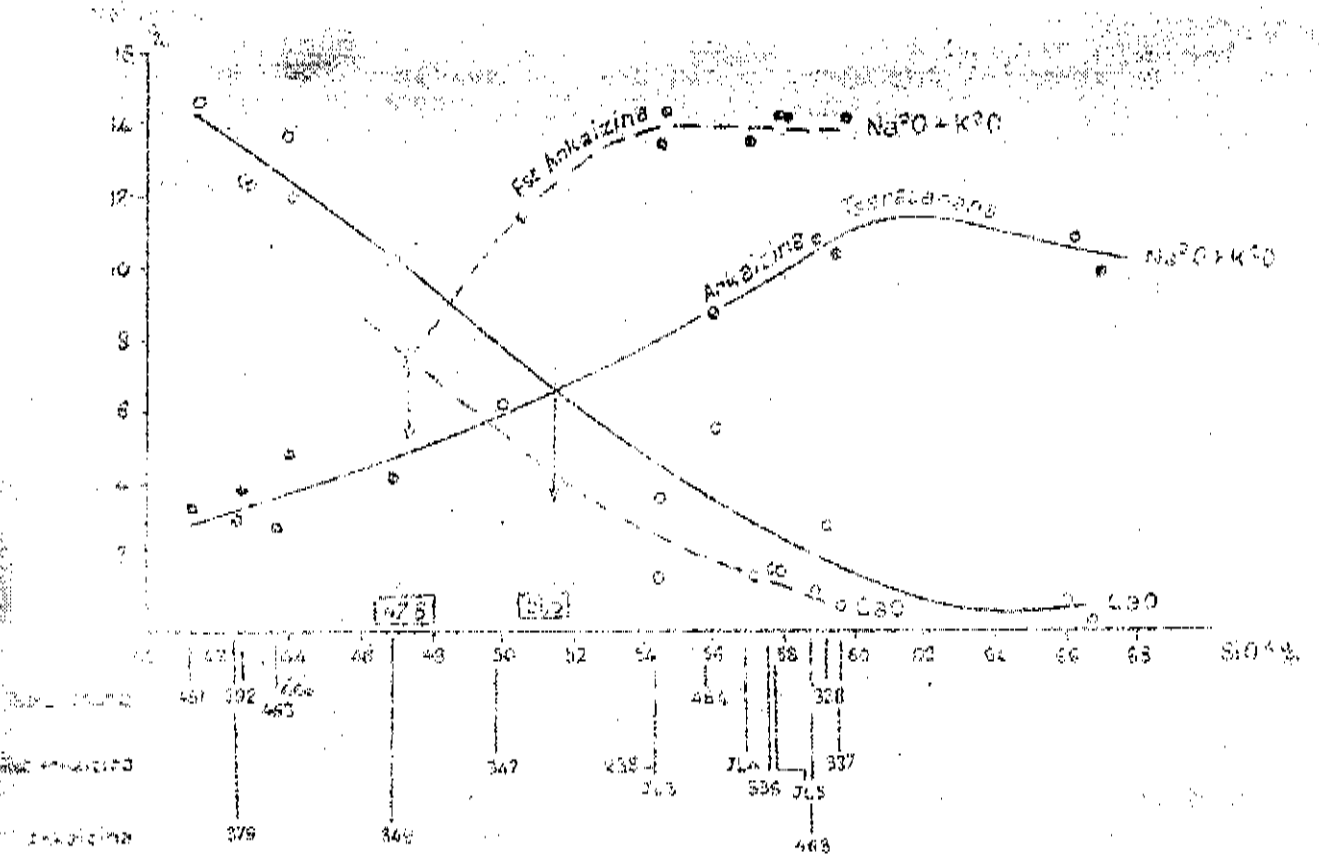
Le diagramme de la planche 3 donne, pour la série Ankaizina-Tsaratanana, un indice de 51,5. Pour celle de l'Est Ankaizina, l'extrapolation donne 47,6. La première série est alcalino-calcoique, la seconde alcaline.

La comparaison avec les séries types de NIGGLI se fait sur un diagramme (planche 7) où sont portées, en abscisses, les valeurs du paramètre  $\text{si}$  et en ordonnées celles du paramètre  $\text{alc}$ . La courbe de la série de l'Est Ankaizina est située au-dessus de la courbe Atlantique. Celle de la série Ankaizina-Tsaratanana est intermédiaire entre les types atlantique et pacifique, mais plus proche de la série Atlantique. Nous retrouvons ici les résultats indiqués par les indices de PEACOCK. Ces deux diagrammes sont intéressants à un autre titre, il nous confirme la distinction faite précédemment entre les deux séries Est Ankaizina et Ankaizina-Tsaratanana. Leurs points représentatifs s'intègrent parfaitement dans l'une ou l'autre courbe.

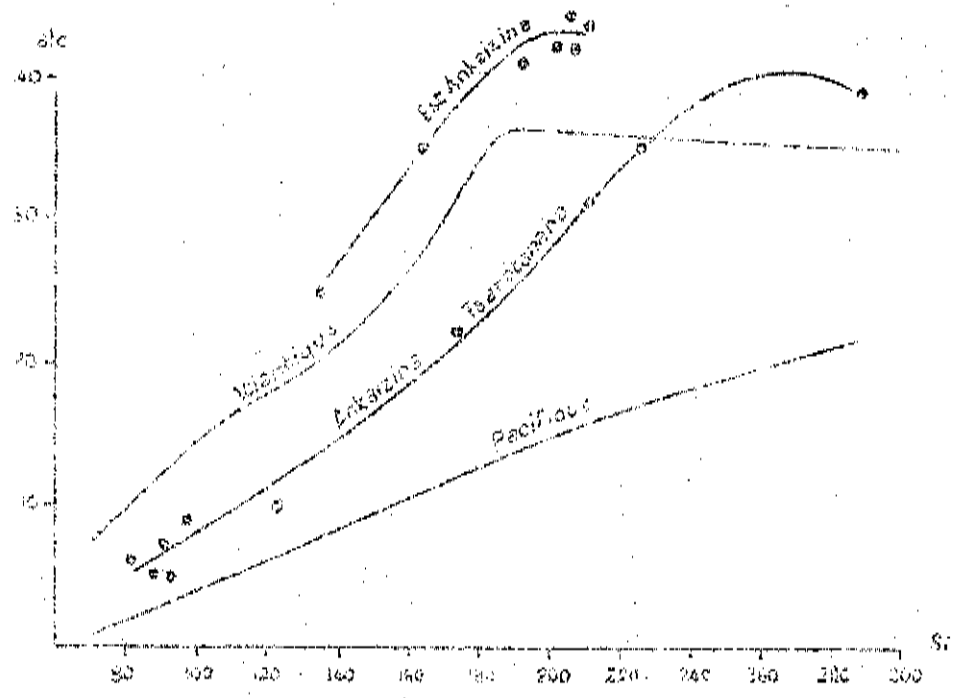
#### CONCLUSION

Des considérations d'ordre morphologique et pétrochimique nous montrent que les phénomènes intrusifs qui se sont manifestés dans l'Ankaizina, participent à des activités volcaniques dont l'extension dépasse largement les limites de cette région. Le cycle ancien, daté du Secondaire ou du Tertiaire, a produit dans l'Ankaizina et dans le massif du Tsaratanana, un large éventail de types pétrographiques, allant des basanites aux rhyolites. Les variations magmatiques de ces laves montrent que les phonolites et les trachyphonolites se différencient en deux séries distinctes, sans que l'on puisse établir entre elles des corrélations précises. Nous ne pouvons dire s'il s'agit de deux séries indépendantes ou au contraire d'une différenciation locale à l'intérieur d'une même série. Il faut rappeler que les phonolites de l'Est Ankaizina, affleurent le plus souvent seules, au milieu du socle cristallin, alors que celles de l'Ambondro, qui leur sont opposées, sont associées à d'autres laves. Le volcanisme ancien semble être en rapport avec les mouvements de tectonique cassante qui ont produit





**INDICES D'ALCALINITE**



**VARIATION DU PARAMETRE alc**

DANS LES SERIES ATLANTIQUE ET PACIFIQUE (d'après P. NISGLI)  
 ET DANS LES SERIES VOLCANIQUES DE L'ANKAIZINA

ANKAIZINA  
 A. EMERGER - 1957



les derniers effondrements. Les premières émissions ont sans doute précédé ces mouvements. Les coulées de basalte dont des témoins sont visibles sur les plateformes qui émergent au milieu des marais reposant sur des schistes cristallins également émergés. Une assez longue période d'érosion a donc dû séparer l'épanchement de ces laves des dislocations qui ont entraîné par voie de conséquence le remblaiement alluvial des fossés, puisque l'inversion du relief a eu le temps de se produire.

Le cycle volcanique quaternaire n'a donné que des roches de la famille des basaltes pour lesquelles il n'est pas possible de définir actuellement les rapports qui pourraient exister avec les basaltes anciens.

### LES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Les formations superficielles présentent un grand intérêt puisque certaines d'entre elles (alluvions, terres basaltiques) confèrent à l'Ankaizina, par leur fertilité, son intérêt agricole. La question des sols a fait l'objet d'une étude particulière par S. SEGALIN et G. TERCINIER (1951) d'où est extraite une partie des données qui suivent.

Ces formations comprennent les latérites, les sols hydromorphes et les alluvions.

### LES LATÉRITES

Les latérites (argiles latéritiques et cuirasses) se sont formées aux dépens des schistes cristallins et des roches volcaniques. Cette altération est en général, à situations géographiques analogues, plus poussée sur les roches basiques que sur les roches acides. Tenant compte de la nature de la roche-mère et le degré d'évolution de la latérite, je distingue trois groupes :

- Latérites de schistes cristallins.
- Latérites de roches volcaniques.
- Cuirasses latéritiques (roches cristallines et volcaniques).

Pour les deux premiers groupes, il s'agit plus exactement d'argiles latéritiques.

LES LATÉRITES DE SCHISTES CRISTALLINS. - Ces latérites sont extrêmement répandues et constituent le terme normal de l'évolution de ces roches, sous le climat de l'Ankaizina. Ces sols sont le plus souvent jaunes ou rouges. Seules les parties hautes et escarpées du relief montrent la roche à nu (Analabo, Beroitra, falaise d'Ambatopia). Leur épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres au terrain découvert. L'érosion y est très active et les lavas prennent des dimensions considérables. La teneur en sable est toujours importante, de l'ordre de 50 %. La proportion d'argille baisse avec la profondeur.

LES LATÉRITES DE ROCHES VOLCANIQUES. - Seules les roches volcaniques appartenant au cycle ancien, ou au début du cycle récent ont été transformées en latérites. Les laves plus récentes ont conservé toute leur fraîcheur. L'altération est d'autant plus sensible que les laves se sont épanchées sur des surfaces faiblement inclinées. Elle n'a que peu de prise sur les coulots phonolitiques à la surface desquels la roche est moins altérée, les parties les plus transformées donc moins résistantes étant rapidement éliminées. La couleur des latérites oscille autour du brun rouge et du gris. Ces sols sont caractérisés par une teneur en argile généralement forte (50 à 50 %) ainsi qu'un taux en acide phosphorique total élevé (0,5 à 1 %).

LES CUIRASSES LATÉRITIQUES. - Quelques cuirasses latéritiques forment un revêtement sur les plateaux d'Analavory (granitique) et de Marangaka (basaltique) et sur le versant Nord de l'Ambondro. Elles se situent à une altitude comprise entre 1500 et 1900 mètres.

Sur le plateau de Marangaka, la cuirasse est à peu près continue sur une dizaine de kilomètres de long. Sa largeur est variable, de 0,5 à 2 km. La texture est oolitique. Sur le plateau d'Analavory, la zone cuirassée est discontinue, sous forme de lambeaux de quelques centaines de mètres de long. La texture est davantage caverneuse. Sur le flanc Nord de l'Ambondro, la partie haute de plusieurs éperons descendant en pente douce vers la vallée du Sambirano est parfois cuirassée. De couleur rose et blanche, la latérite est souvent oolitique. Les possibilités de ces cuirasses, en tant que minerais d'aluminium seront envisagées plus loin.

LES SOLS HYDROMORPHES

Les sols hydromorphes résultent d'un drainage nul pendant toute l'année ou réalisé seulement à une certaine époque de l'année. Ce sont les sols de marais à forte proportion de matières organiques (immersion permanente), les sols gris, à immersion temporaire, les podzols et les sols complexes provenant de la superposition de sol de marais et d'alluvions. En fait, ces sols correspondent à une évolution de la partie supérieure des alluvions sous-jacentes. Quel que soit le sol envisagé, une coupe montre généralement, sous un horizon humifère noir ou gris, un horizon plastique plus ou moins argileux. Ces sols se trouvent dans toutes les grandes dépressions, mais localisés en dehors de la zone active des rivières qui les drainent, à l'exception des sols complexes à texture restreinte.

LES ALLUVIONS

Contrairement aux sols hydromorphes, les alluvions proprement dites se rencontrent dans les zones actives. Elles s'étendent largement dans les secteurs où les lits sont divaguants. Elles occupent fréquemment la totalité du fond des petites digitations. En surface, les alluvions sont humifères avec une proportion importante de sable et de limon. En profondeur, la teneur des différents constituants est variable, mais en général,

précambriennes et formation de compartiments abaissés et sur-  
levés, suivant un axe Nord-Sud.

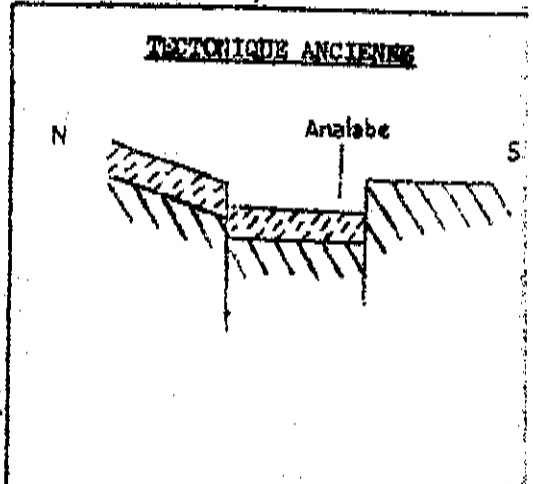
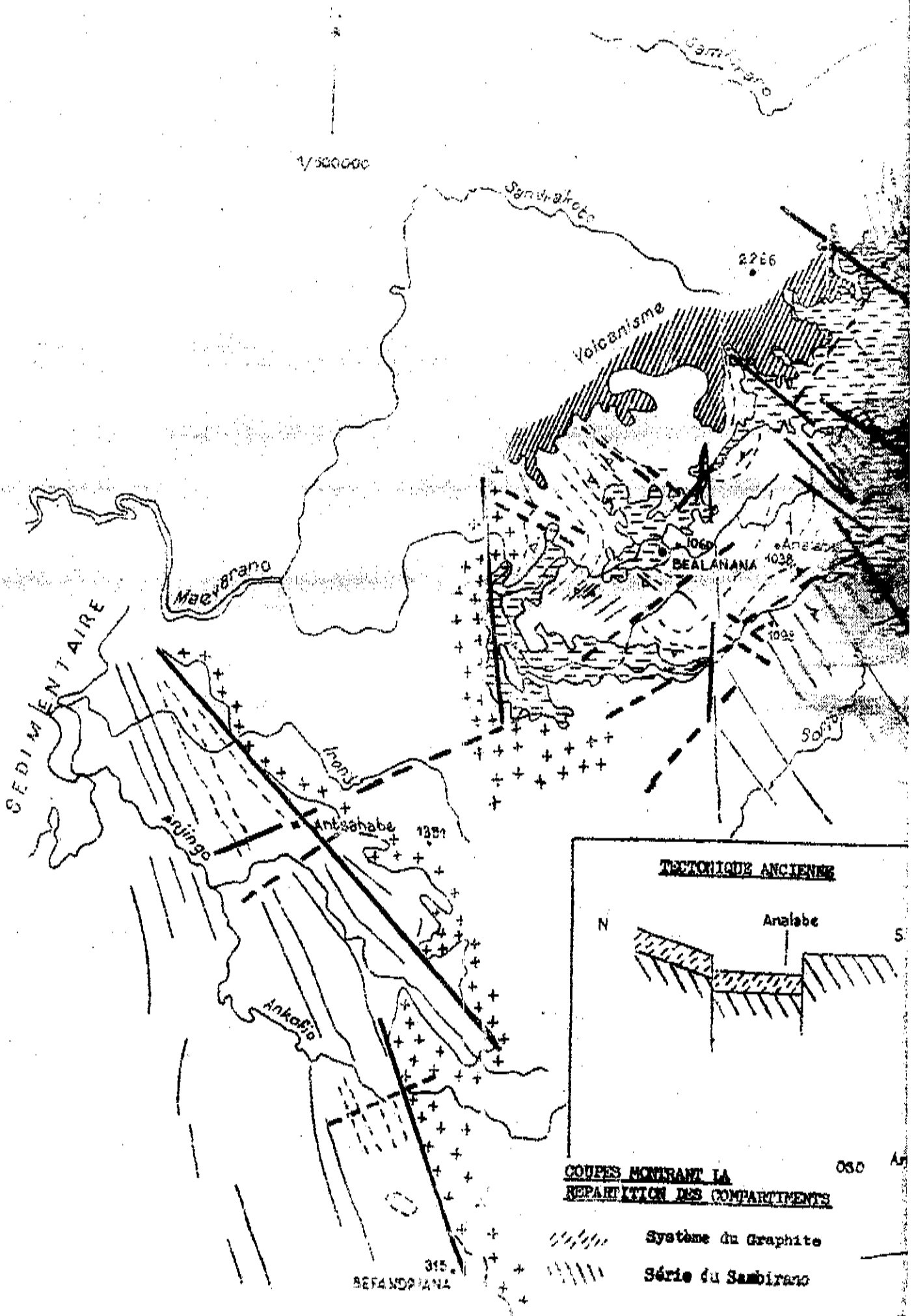
### TECTONIQUE DE PLISEMENT

Les terrains affectant une direction monoclinale Nord-  
Ouest Sud-Est sont rattachés à la Série du Sambirano. Ceux qui  
sont pliés suivant un arc ouvert sur le Nord appartiennent  
au Système du Graphite.

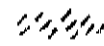
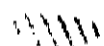
SERIE DU SAMBIRANO. -- La direction caractéristique de la Série  
du Sambirano s'observe principalement entre la Massarano et la  
haute Manampatrana. Le pendage est Nord-Est, mais avec de nom-  
breuses variations dans sa valeur. Part (70 à 80) suivant l'axe  
d'Andasiniaro au Sud, il se relève progressivement vers le  
Nord-Est : 40 à 30° aux environs de Marotaiana, 30 à 10° près  
d'Andranovaky. Se rattache également à cette série un ensemble  
riche en facies à amphibole qui s'étend entre Ambovomby et An-  
lila et qui forme un petit synclinal d'axe Nord-Est Sud-Ouest.  
Cette direction est aberrante pour la série du Sambirano, mais  
conforme à celle du Système du Graphite. Ce rattachement est  
basé uniquement sur la lithologie. Il est confirmé par une su-  
re zone de gneiss à amphibole, à pyroxène et alpinite qui af-  
flurent près de Bealanana, au Sud-Ouest d'Ambatoria. La diffé-  
rence de ces derniers facies est identique. Les pendages sont fai-  
bles et indiquent un léger mouvement anticlinal, avec localement  
des traces de broyage (calcite recristallisée). Cette direction,  
contraire à la direction générale, marque une inflexion locale,  
dont il ne manque des éléments pour la définir entièrement.

SYSTEME DU GRAPHITE. -- Le Système du Graphite dessine un arc qui  
est souligné par des laves granitiques : lame de l'Analahe Be-  
roitra et lame de Marofanara pour la branche Est, lame de Maro-  
vato, pour la branche Ouest. Le point d'inflexion est caracté-  
ristique à l'extrémité Sud de la lame de l'Analahe Berotra. Ce  
mouvement de courbure correspond également à une torsion. Le  
plongement qui est dirigé vers le centre de l'arc, à l'Est,  
passe vers la périphérie, c'est-à-dire vers l'Ouest, dans la  
branche Ouest. La zone disloquée d'Ambatoria interrompt locale-  
ment cet arc. Dans le bassin de la Beandravonon, les gneiss et  
les granites plongent vers le Nord-Est, en conformité avec les  
schistes cristallins dans lesquels est interstratifiée la lame  
granitique de Marofanara. Il ne m'est pas possible de préciser  
pour l'instant si la disposition des pendages dans la branche  
Ouest traduit un anticlinal ou une zone fracturée avec bascu-  
lement. La région est très altérée. Aucun pendage subhorizontal  
n'a été mesuré. Par contre, des traces de broyage intense ont  
été observées à 2 kilomètres au Nord-Nord-Ouest d'Ambatory.  
Dans le secteur d'Ambararatabe Nord-Ambondro, des micaïtes  
présentent une orientation généralement Est-Ouest, avec un plon-  
gement Nord. Elles indiquent un fêchage vers l'Est du  
Système du Graphite.

En dehors de cette zone, au Sud d'Antsoanjo, une petite  
nappe de micaïtes présentant l'orientation des formations  
du Sambirano a été rattachée au Système du Graphite. Il s'agit



**COUPES MONTRANT LA REPARTITION DES COMPARTIMENTS**

-  Système du Graphite
-  Série du Sambirano

de micaschistes couleur lie de vin, très altérés et renfermant de la sillimanite et du grenat. Le faciès est courant parmi les micaschistes du Système du Graphite. Je ne l'ai jamais rencontré dans la Série du Sambirano ou dans le Système du Vohibory. Sans doute, cette bande correspond-elle à un lambeau pincé dans les migmatites de la Série du Sambirano.

TECTONIQUE CASSANTE

Des phénomènes de tectonique cassante se sont produits à deux époques différentes. Les plus anciens, précambriens, ont donné naissance à un effondrement Est-Nord-Est Ouest-Sud-Ouest, tandis que les plus récentes sont responsables de dislocations Nord-Sud et ont imposé la structure de la morphologie actuelle.

TECTONIQUE PRECAMBRIENNE. - La direction majeure de ces dislocations, Ouest-Sud-Ouest Est-Nord-Est dans la moyenne Masvarano, se relève légèrement vers Mangindrano. Les autres directions sont plus difficiles à déceler. Elles ont dû également être reprises par les mouvements récents et correspondent donc à plusieurs des fractures Nord-Sud et Nord-Ouest Sud-Est qui délimitent les compartiments récemment mis en mouvement. La partie effondrée était essentiellement constituée par les schistes cristallins les plus récents ; c'est-à-dire ceux rattachés au Système du Graphite. Sur les zones surélevées, l'érosion a découpé le plus souvent les formations appartenant à ce système, mettant à nu les roches sous-jacentes de la Série du Sambirano.

TECTONIQUE RECENTE. - Des mouvements récents de tectonique cassante, superposés aux mouvements anciens, résultent deux compartiments abaissés séparant trois compartiments surélevés, disposés d'Ouest en Est.

Compartiments abaissés : Bealanana  
Mangindrano-haute Manampatrana.

Compartiments relevés : Bordure Ouest de l'Ankaizina  
Mie de l'Ankalava Berotra.  
Bordure Est de l'Ankaizina.

A l'intérieur de ces unités principales se sont individualisées des gradins secondaires : Marotaolana, dans le compartiment effondré de Bealanana, gradins, dans celui de Mangindrano. Les limites des compartiments ne sont pas dues à une faille unique mais le plus souvent à des faisceaux de failles. L'ensemble présente une disposition convergente vers le Nord, en forme de coin. Le compartiment de Mangindrano est plus important que les autres. Il correspond à la zone déprimée de la haute Masvarano et se prolonge vers le Sud-Est, dans la haute Sofia et la haute Manampatrana.

Le rejet maximal doit dépasser 500 mètres sans que l'on puisse préciser la part attribuable aux mouvements récents. Le sens dominant de ces derniers déplacements paraît être une surélévation, plutôt qu'un abaissement. L'affaissement des régions de Bealanana et de Mangindrano remonte à la tectonique

ces alluvions restent sablo-limoneuses. Il faut aussi noter l'abondance des micas.

Les alluvions anciennes n'existent pratiquement que dans la haute Maevarano où s'observent un ou deux étages de terrasses, avec une dénivellation de un à deux mètres. Au Nord-Est de Mangindrano, deux étages de terrasses surplombent le lit actuel de la Maevarano. La phase de comblement est donc achevée dans ce secteur. Le volume des dépôts est inférieur à celui des éléments arrachés aux rives. Plus en aval, près de Berotra, cette phase se poursuit encore et la rivière exhausse continuellement son lit.

Pour la Bealanana, on observe un processus identique. Des terrasses existent dans son cours supérieur, en amont de Bealanana, où le transport l'emporte sur le dépôt. En amont du seuil d'Ambatoria, le phénomène inverse se produit. Dans son cours inférieur, on retrouve le même schéma : érosion en aval du seuil, comblement à son confluent avec la Maevarano.

### LA TECTONIQUE

La morphologie si particulière de l'Ankaizina est due en grande partie à une tectonique cassante qui a déterminé des effondrements séparés par des zones surélevées. Ces mouvements, survenus à une époque indéterminée, mais relativement récente (secondaire ou tertiaire) n'ont fait que se surajouter à des effondrements et des plissements beaucoup plus anciens, d'âge précambrien (planche 4).

### LES ELEMENTS STRUCTURAUX

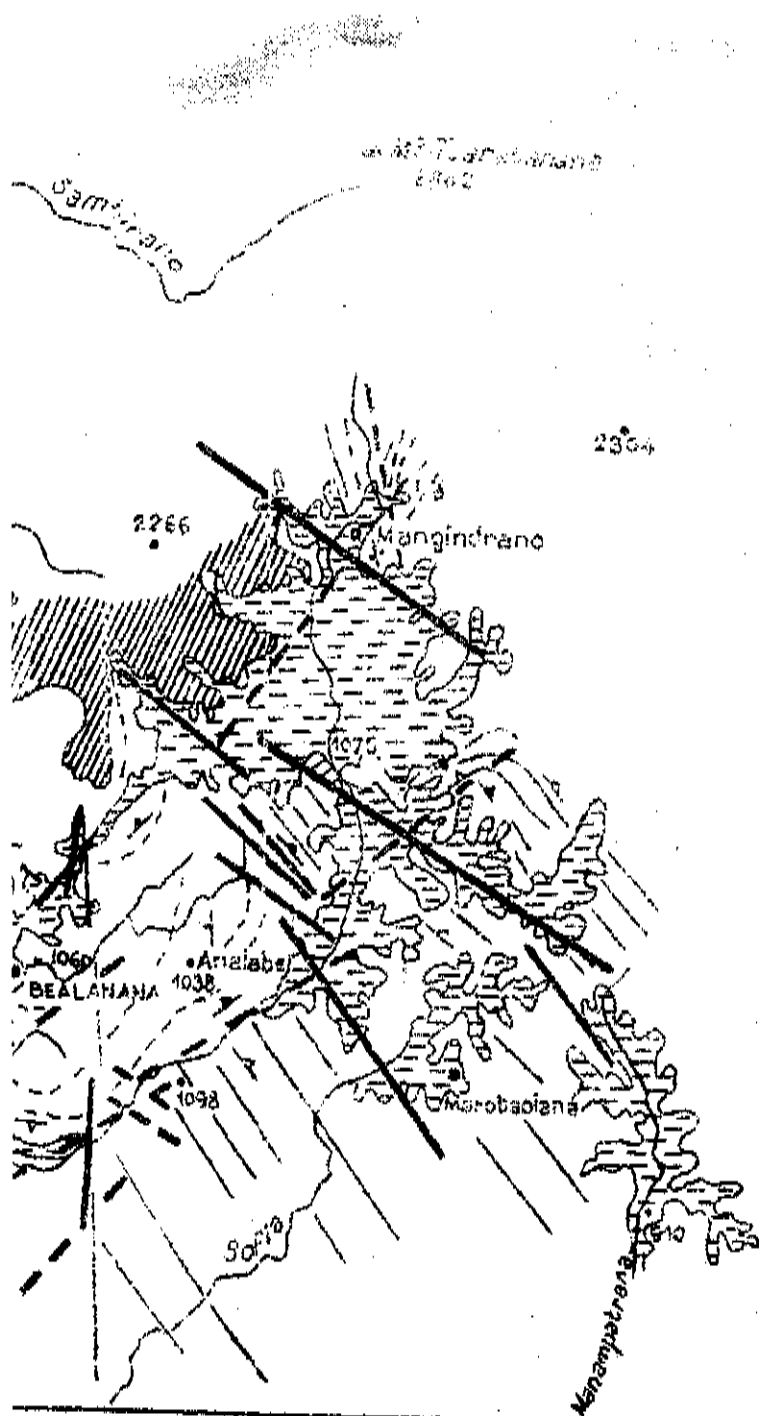
Les directions de plissement des schistes cristallins se répartissent suivant deux groupes distincts :

- 1 - un arc ouvert sur le Nord et situé dans la grande boucle de la Maevarano (rive droite) ;
- 2 - une direction monoclinale Nord-Ouest Sud-Est affectant les terrains qui s'étendent principalement sur la rive gauche de la Maevarano.









Ces dernières formations viennent buter entre Antelopolo et Ampamainty, le long de la Maevarano, contre des migmatites et la lame granitique de l'Analabe-Berotra affectant la première direction. La disposition des schistes cristallins de la rive gauche reste régulière vers l'Est, jusqu'à la limite de la région étudiée, c'est-à-dire jusqu'à la haute Manampetrana. La constance de cette direction ne permet pas d'interpréter le changement d'orientation observé le long de la Maevarano comme provoqué par un simple rebroussement de tectonique souple. Il y a ici une importante faille orientée Est-Nord-Est Ouest-Sud-Est mettant en contact deux ensembles stratigraphiques différents. Cette dislocation est matérialisée par un tracé rectiligne du réseau hydrographique, qui se poursuit vers l'Ouest sur plus de 50 kilomètres et qui correspond à une section du cours de l'Irony. Une direction de dislocation presque identique s'observe au Nord de Bealanana, déterminant le superbe couloir de Marofamara qui met en

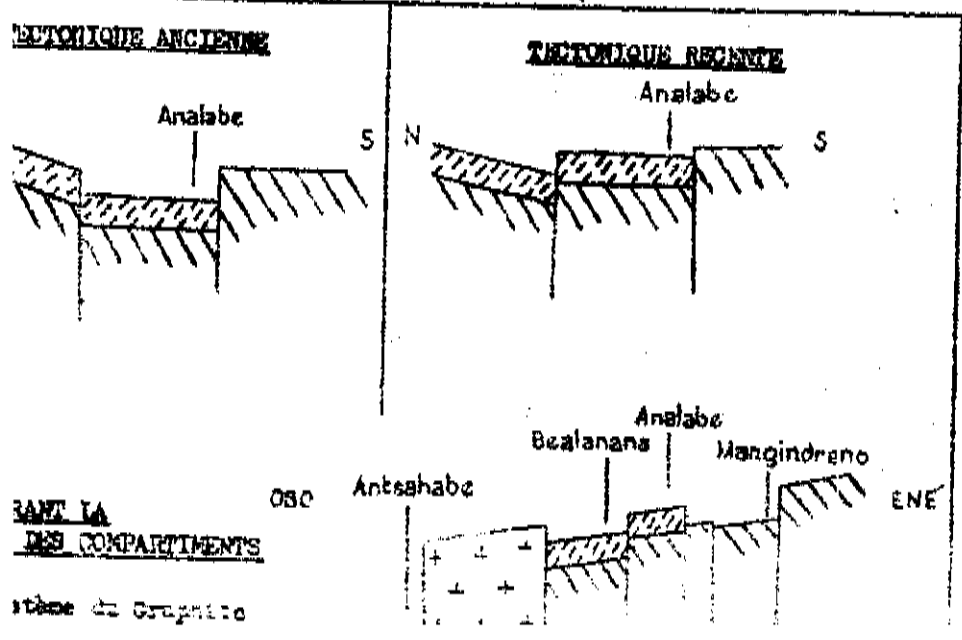
ancienne, tandis que les compartiments surélevés sont récents. Un des effets les plus importants du mouvement ascendant a été la formation des deux seuils granitiques d'Antelopolo et d'Ambodivonitra qui ont entraîné des modifications dans le profil des cours d'eau, avec pour conséquence, le comblement des fossés situés en amont. Le seuil d'Antelopolo marque l'entrée de la Maevarano dans un grand massif granitique dont la bordure occidentale domine de plus de six cents mètres le bas plateau de l'Androna (Antsahabe-Ampombilava). La dénivellation est brutale, avec de grands escarpements que l'on suit sur près de cent cinquante kilomètres de long, de la Maevarano à la Sofia, par Antsahabe et Befandriana Nord. Ces escarpements sont orientés Nord-Nord-Ouest Sud-Sud-Est, c'est-à-dire, parallèlement aux directions des limites des compartiments de l'Ankaizina. En outre, la faille de la Maevarano prolonge un tracé rectiligne, visible sur photographies aériennes, qui emprunte une partie de la vallée de l'Irony (longée par la route Bealanana Antsohihy) et d'autres rivières moins importantes. Cette direction remarquable se poursuit sur près de 80 kilomètres, à travers des formations très différentes, d'altitude variant de 300 à 1300 mètres. Un réseau de fractures, d'orientation identique a déjà été mis en évidence dans les bassins de l'Anjingo et de l'Ankofia (A. EMBERGER 1956). Ce parallélisme remarquable nous conduit à attribuer une origine tectonique à la bordure granitique du bas plateau de l'Androna. Cette grande fracture, limitant à l'Ouest l'ensemble des compartiments de l'Ankaizina, pourrait être produite au Précambrien et avoir rejoué lors des mouvements récents, par un relèvement de tout l'ensemble oriental.





**ESQUISSE STRUCTURALE**

-  Fracture ancienne
-  Fracture récente
-  Direction du Système du graphite
-  Direction de la Série du Sambirano
-  Pendages :  $< 45^\circ$  ,  $> 45^\circ$  et subvertical
-  Alluvions
-  Granite
-  Volcanisme



relation la plaine de Mangindrano à celle de Bealanana. Ces deux directions de fractures limitent un important effondrement orienté Est-Nord-Est Ouest-Nord-Ouest et qui englobe aussi les régions de Bealanana et de Mangindrano. Cette dislocation constitue, avec les plissements qui ont affecté les formations rattachées à la série du Sambirano et au Système du Graphite, les éléments d'une tectonique ancienne, précambrienne. La tectonique cassante ancienne, dont les effets ont le plus souvent été atténués par l'érosion, ne suffirait à expliquer la présence des grandes dépressions alluviales. Les formes actuelles du relief sont des formes jeunes dont l'évolution ne pourrait remonter très loin. Le comblement des vallées et des dépressions par d'importantes alluvions a eu pour point de départ la formation de seuils granitiques sur la Maevarano - le premier en amont, celui d'Antelopolo et le second en aval, celui d'Ambodivohitra. Ces seuils n'ont pu se produire que par des surélévations des parties aval, ou, ce qui revient au même, par des abaissements des parties amont. Contrairement au cas des plaines de Bealanana de la Bealananakely, on ne peut invoquer la présence de bouches volcaniques. Or, on n'en connaît pas sur la Maevarano. La tectonique cassante précambrienne, orientée Est-Ouest, n'a pu provoquer ces seuils, du moins en toute rigueur celui d'Antelopolo. La rivière devrait pénétrer dans la zone surélevée. Or, son cours est dirigé Est-Ouest et cette direction correspond à la ligne de fracture elle-même. Il faut donc envisager un second cycle de dislocations, de direction principale Nord-Sud, dont l'effet a été de produire des compartiments surélevés, dont celui de l'Analabe-Ampamainty et de l'Ouest d'Ambodivohitra. Ces failles peuvent d'ailleurs représenter d'anciennes directions précambriennes, suivant lesquelles la tectonique a rejoué. Les photographies aériennes relèvent un réseau hydrographique orienté parallèlement à ces directions de tectonique ancienne et récente. Les contours dentelés des zones effondrées s'opposent a priori à une telle interprétation. Mais si l'on considère l'enveloppe des différentes digitations, on s'aperçoit qu'elle est parallèle aux principales directions de fractures et que dans plusieurs cas, elle est en continuité avec une faille mise en évidence sur le cristallin. Un exemple particulièrement net est donné par la vallée de Marofamara dont le prolongement correspond à la limite des digitations de la bordure Nord-Ouest de la plaine de Mangindrano. Les nombreuses ramifications sont simplement dues à des dépôts alluviaux qui se sont formés en partie, d'abord, en amont, dans les vallées secondaires, au fur et à mesure du comblement des grandes dépressions. L'exemple de Marofamara nous montre également que les anciennes fractures ont dû rejouer lors de la deuxième phase de tectonique cassante. Sur le terrain, certaines failles ont pu être mises en évidence par l'observation de mylonites.

En résumé, la structure de l'Ankaizica se schématise de la façon suivante :

1. Précambrien : Tectonique de plissement donnant deux groupes de directions : l'un suivant un axe incurvé vers le Nord, le second suivant un axe Nord-Ouest Sud-Est.

2. Tectonique cassante provoquant un effondrement Est-Nord-Est Ouest-Sud-Ouest.

Récapitulatif : Tectonique cassante suivant les directions de fractures

## GEOLOGIE APPLIQUEE

MEMORANDUM

L'Ankaizina apparaît, à la suite de la prospection effectuée au cours de la campagne 1956, comme une région défavorisée au point de vue minier. A l'exception de monazite (minéral de cérium) sans intérêt et de bauxites pour lesquelles des recherches plus poussées doivent être entreprises, aucun produit minier n'a été trouvé. Mais l'ensemble des problèmes géologiques en rapport avec un développement agricole peut être résolu sans difficultés majeure. Seule la chaux n'existe qu'en quantité nettement insuffisante. Tous ces résultats figurent sur la carte de prospection Ankaizina-Bealanana au 1/200.000 (A. M. BERGER, 1956). Successivement seront envisagées les questions suivantes :

- La prospection minière
- Les matériaux de construction
- Les matériaux routiers
- La tourbe
- Les sites de barrages
- Les recherches d'eau
- Les sources thermales
- Les seuils.

LA PROSPECTION MINIERE

Une prospection minière systématique a été entreprise par lavage de sables dans la plupart des cours d'eau. La prospection directe a été réalisée sur les pegmatites, les filons de quartz et suivant les résultats fournis par l'étude des concentrés de bâte.

De ce travail détaillé, correspondant à 964 prélèvements de sables lourds, seuls sont à signaler des indices de monazite dans la haute Ambalamotzaka et sur le flanc Est de l'Analauberoitra et de la colombite. Ces minéralisations ne présentent pas d'intérêt économique. Un indice d'arsénic, recueilli dans une bâte, à 9 km au Sud-Est de Bealanana s'est révélé incolore. Il s'agit probablement de cassitérite provenant d'une pegmatite.

La seule activité minière dont nous avons eu connaissance

ne un ancien gisement d'or et une recherche de béryl. L'or a été exploité avant 1939, dans des alluvions s'étendant à 5 km au Sud-Ouest d'Antsikapelo. Une prospection faite sur son emplacement n'a donné aucun résultat. L'abondance du gisement semble dû à son épuisement. Quelques prismes de béryl ont jadis été sortis dans une petite pegmatite à environ 3 km au Sud-Ouest d'Antete.

L'examen des pegmatites et des filons de quartz s'est également révélé infructueux. Ces formations ne sont pas très répandues et sont de petite taille. Le noyau de quartz ne dépasse pas un mètre de puissance (Nord-Est de Bealanana, environs d'Ambovononby, Ouest d'Antsacoujo, Nord d'Antsakabary). Les lavages faits sur les pegmatites ou à leur proximité ont fourni un peu d'euxénite au Nord-Ouest d'Antsakabary, et quelques grains de columbite au Nord de Beandraremona et au Sud-Est de Bealanana (consulter la carte de prospection). Mais ces quelques indices ne justifient pas des travaux de recherche plus poussés. Les pegmatites sont trop restreintes et trop isolées pour que l'on puisse espérer y trouver des teneurs intéressantes.

MONAZITE. - De la monazite a été recueillie en proportion notable dans plusieurs batteries faites au Nord d'Antsacoujo (42 km à l'Est-Nord-Est de Bealanana) et sur le flanc Est de l'Analabe Beroitra (20 km à l'Est-Nord-Est de Bealanana).

Dans la région d'Antsacoujo, la plupart des batteries montrent des concentrations correspondant à des teneurs, par rapport au tout-venant de 0,01 % à 1 %. La majorité oscille autour de 0,03 %, chiffre nettement trop bas pour avoir une valeur économique. La seule teneur intéressante est celle de 1 %, calculée sur un placier s'étendant à 3,5 km au Nord-Ouest d'Antsacoujo. En supposant que cette teneur se maintienne sur plusieurs centaines de mètres, on pourrait espérer retirer plus d'une tonne de monazite. Outre la faiblesse de ce chiffre, l'éloignement de cette région s'oppose à une exploitation rentable.

Sur le flanc Est de l'Analabe Beroitra, à 2 km au Nord-Nord-Ouest d'Antanantanaoa, le teneur, sur deux ruisseaux rapprochés, est de 0,3 %. Mais les réserves sont nulles. Les prélèvements ont été faits à la rupture de pente, à proximité de la zone marécageuse dans laquelle se jettent les deux ruisseaux. En aval, la dispersion des sables lourds ne permet pas d'espérer une teneur intéressante. En amont, il n'y a pas d'alluvions.

BAUXITES. - Des bauxites existent sur deux plateaux calcaires : celui d'Analavory, au Sud-Est de Bealanana et celui de Marangaka, au Nord de Beandraremona. Quelques petites zones calcaires s'étendent encore sur le flanc Nord de l'Ambondro.

Plateau d'Analavory. - Sur le plateau d'Analavory, la zone calcaire forme des lambeaux discontinus inscrits dans un rectangle de 8 km sur 5. La bauxite apparaît sous la forme de blocs cavernaux juxtaposés dans une terre jaune à rouge. Un puits foré à 22 km au Sud-Est de Bealanana a rencontré cet horizon sur environ deux mètres d'épaisseur. Si l'on tient compte des coupes naturelles visibles à la limite du plateau, on peut espérer

que ce chiffre correspond approximativement à une épaisseur moyenne. Les analyses faites au Laboratoire d'analyses de la Direction des Mines, jointes à celle effectuée par l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar (P. SEGALEN et G. TERCIVIER) montrent que dans l'ensemble, ces bauxites constituent un excellent minéral d'aluminium, tant par la teneur élevée en  $Al_2O_3$  que par la proportion des autres constituants. Une étude détaillée s'avère indispensable pour préciser l'importance du tonnage sur lequel on pourrait éventuellement compter. La question des voies d'accès se présente sous un jour relativement favorable, du moins par rapport à la route Bealanana-Antschiky. La bordure de la zone cuirassée est à 8 km à vol d'oiseau d'Ampemainty, terminus d'une piste carrossable.

	40-1	E.4218	E.4219	E.4220	E.4221	E.4222	E.4223
SiO <sub>2</sub> .....	1,61%	6,56	7,78	1,79	1,30	1,33	1,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	53,90	53,63	57,77	60,00	55,58	57,88	61,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	21,25	10,35	3,30	4,83	10,67	8,60	4,82
TiO <sub>2</sub> .....	1,15	1,20	0,75	0,85	1,60	0,60	0,72
H <sub>2</sub> O .....	19,19	28,06	30,50	32,51	31,16	31,75	32,36
		99,80	100,10	99,98	100,31	100,16	100,22

40-1 - IRSM - Plateau d'Analavory. Référence P. SEGALEN et G. TERCIVIER - 1951.

E.4218 - Plateau d'Analavory - 8 km E d'Ampemainty sur piste Andasinimaro-Beangozoka - Echantillon moyen, de surface, versant Nord du sommet du plateau.

E.4219 - A 200 mètres au Sud de E.4218. Mêmes conditions de prélèvement.

E.4220 - A 400 mètres au Sud de E.4218. Mêmes conditions de prélèvement.

E.4221 - A 600 mètres au Sud de E.4218. Echantillon moyen de surface - Versant Sud du sommet du plateau.

E.4222 - 1.600 mètres au Sud de E.4218. Echantillon moyen - sous escarpement cuirassé.

E.4223 - 1.750 mètres au Sud de E.4218 - Bloc unique de surface.

Plateau de Maranraka. - La zone cuirassée du plateau de Maranraka forme une bande grossièrement orientée Ouest-Sud-Ouest - Est-Nord-Est, d'une dizaine de kilomètres de long avec une largeur variant de 0,5 à 2 km et allongée entre le plateau de Bealanana et les contreforts de l'Ambondro. Elle forme la ligne de partage des eaux entre la Beandraregona et la Sandrakoto. L'espace proprement dits est bauxitique et présente une texture litigieuse. Dans un puits fait à 14 km au Nord de Bealanana, son épaisseur est de 80 cm. En dessous, sur 1,30 m se trouve une terre rouge pulvérulente. Une analyse faite dans l'escarpement cuirassé à 10 km à l'Est d'Antrombozaka par l'IRSM a donné les résultats suivants : (Référence citée 40-0) :

SiO <sub>2</sub> .....	2,65	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	58,52	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,25	%
TiO <sub>2</sub> .....	0,30	%
Résidu .....	4,09	%
Perte au feu .....	29,94	%

Cette zone est moins importante que la précédente. Elle mériterait cependant une étude.

Flanc Nord de l'Anbondro. - Sur le flanc Nord de l'Anbondro, plusieurs crêtes descendant en pente douce sur la vallée du Sambira, ne sont également cuirassées. Les zones à bauxite peuvent atteindre 1 km de long, avec une largeur de 200 à 300 mètres, avec une épaisseur variant de 1 à 4 mètres. Une analyse faite sur un échantillonnage moyen a donné les résultats suivants (E.4154) :

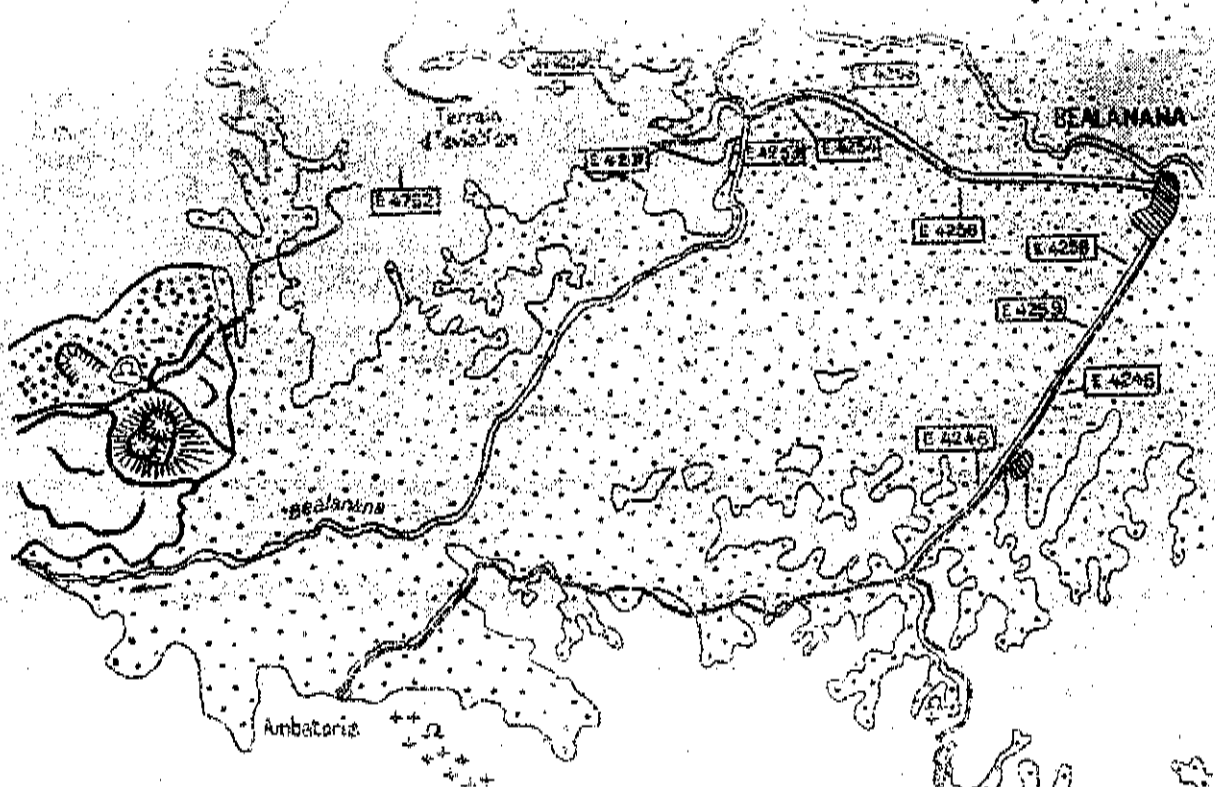
SiO <sub>2</sub> .....	3,62	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	56,84	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8,22	%
TiO <sub>2</sub> .....	0,48	%
H <sub>2</sub> O+ .....	30,04	%
-----		
100,20		

Cette bauxite est de bonne qualité. Mais les gisements sont discontinus et de faibles dimensions. Leur situation dans une région très difficile d'accès leur enlève encore de la valeur.

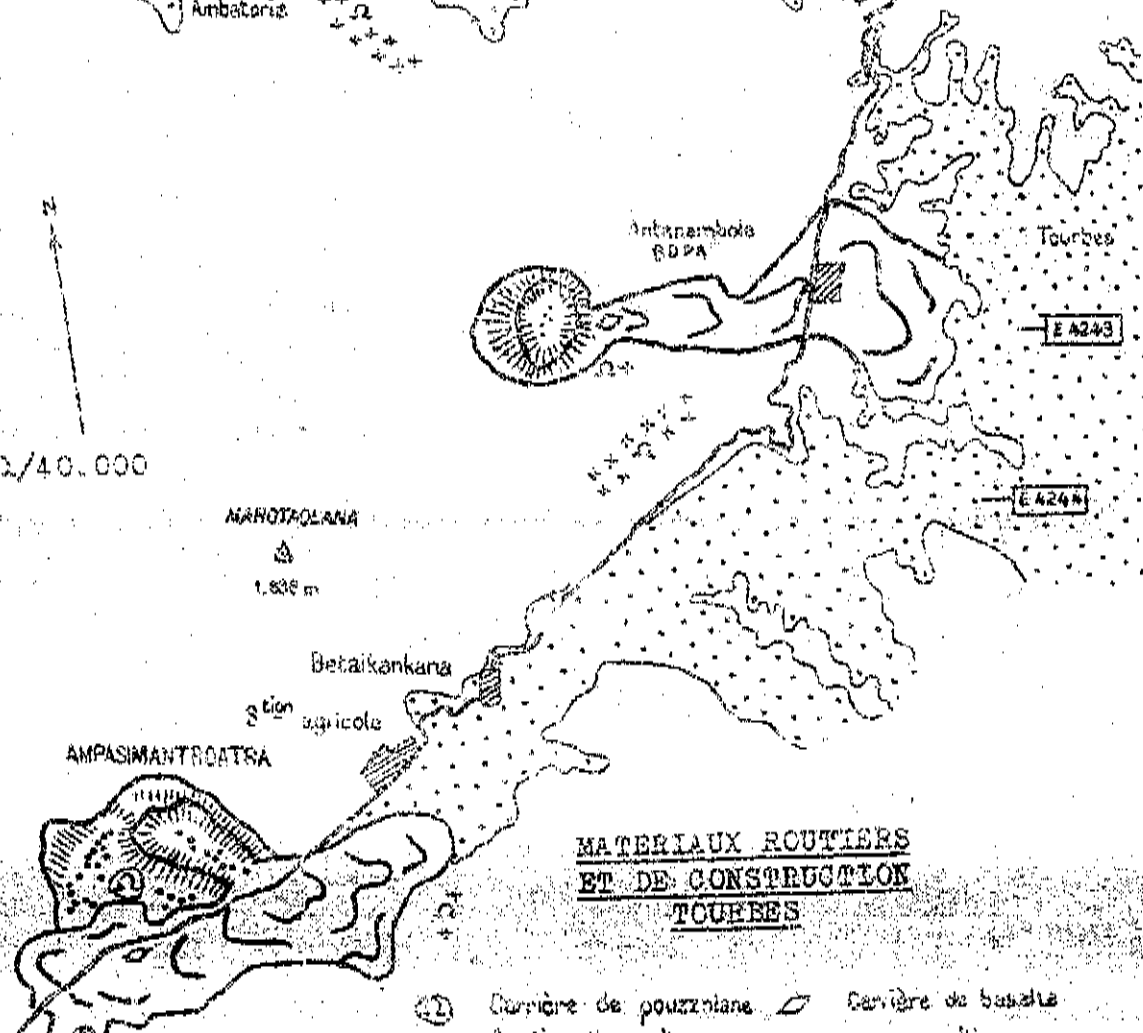
LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Parmi les différents matériaux de construction susceptibles d'être utilisés lors d'un développement économique de l'Ankabina, certains, comme les pierres de taille, les terres à briques, ont des gisements en général suffisamment bien répartis pour couvrir les besoins, quelles que soient les zones d'implantation. D'autres, au contraire, comme la pierre à chaux, sont beaucoup plus rares et très localisés. Pour les premiers, l'objet de ce paragraphe n'est donc pas de fixer de nombreux points d'extraction théoriques, puisque nous ignorons la position des zones d'utilisation, mais de définir quelles en sont les possibilités pour l'ensemble de la région. Des emplacements précis en seront proposés, mais uniquement à proximité des agglomérations actuelles (Planche 5).

LES PIERRES DE TAILLE. - Les pierres de taille seront essentiellement fournies par les granites. Nous savons que ces roches sont abondantes autour de Bealamana. La roche saine affleure le plus souvent dans les zones à forte pente. Ailleurs la zone utilisable est recouverte par un manteau latéritique. L'extension des granites portés sur la carte géologique ci-jointe correspond aussi bien aux parties saines qu'aux parties altérées. Pour l'ouverture des carrières, il faudra dans la mesure du possible tenir compte de l'orientation des plans de fâillement qui présentent souvent ces roches. Un pendage dirigé vers l'avant



1/40.000



**MATERIAUX ROUTIERS  
ET DE CONSTRUCTION  
TOUEES**

- |                    |  |                     |
|--------------------|--|---------------------|
| Cratère            | Carrière de pouzzolane                                     | Carrière de basalte |
| Projections        | Carrière de granite  | Zone granitique     |
| Couloir de basalte | K <sup>e</sup> affluents<br>sables<br>tourbes<br>latérites | Mévions             |
|                    |  | Route ou piste      |
|                    |  | Sique               |

ANKAZINA  
A. EMERSON 1957

PL. 5

A. 1179

permettre, dans certains cas, de réduire d'au moins un tiers les frais d'exploitation. Pour les principaux centres, ces carrières pourront être ouvertes aux emplacements suivants (Distances à vol d'oiseau) :

Bealanans. - 1.300 mètres au Sud de l'extrémité Sud de la digue d'Antsohihy, à l'Ouest de la route. Couvert nul mais altération superficielle possible. Au Nord de la route, couvert plus grand.

Antanambola. - Paroi rocheuse au Sud-Est du volcan. Paroi rocheuse en bordure Ouest de la route, entre Antambola et Betainkankana. Nombreux blocs éboulés utilisables.

Beandrarezoa. - Bordure de la rivière à 1,3 km au Nord du village - accès très facile.

Mangindrano. - Rocher, 2 km à l'Est du village. Accès facile.

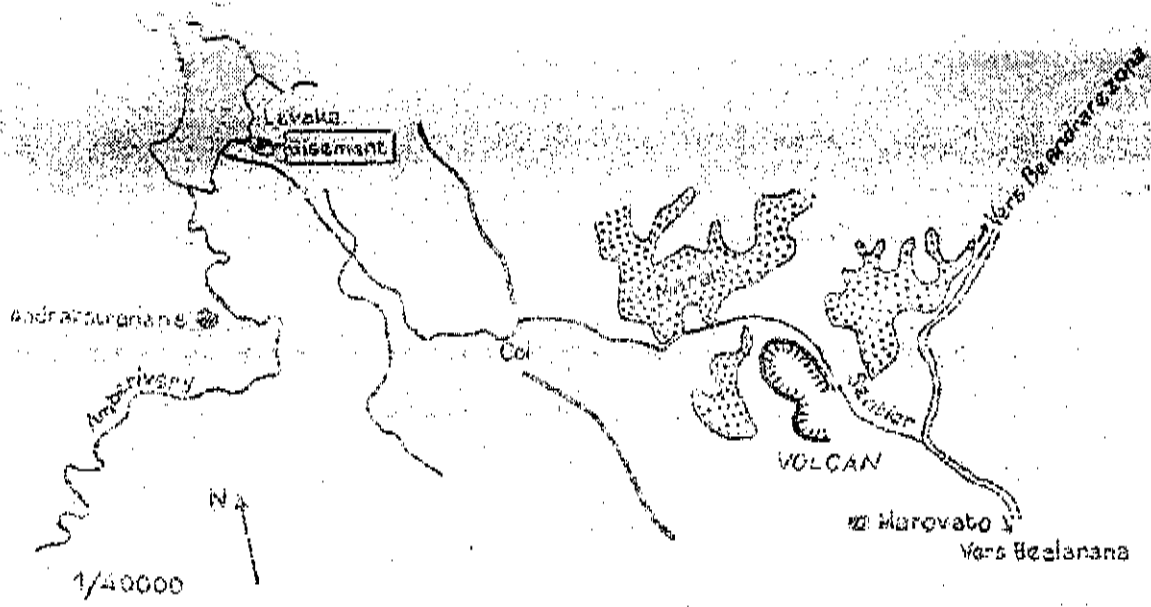
LES PIERRES A CHAUX. - Les possibilités en chaux sont très restreintes. Les pierres à chaux ne sont connues qu'en deux emplacements : près d'Ambatoria et d'Andraratrana (Planche 6). Ces deux gisements sont près de Bealanans. A 3,5 km à l'Ouest-Sud-Ouest d'Ambatoria a jadis été installé un four à chaux. Il s'agit d'un ancien cipolin recristallisé. Le calcite constitue des masses et des filons irréguliers dans un gneiss à pyroxène passant à des pyroxénites et des amphibolites. L'hétérogénéité est si grande qu'elle impose un triage à la main. La réserve actuelle est de l'ordre de vingt mètres cubes. Un triage préalable de la calcite augmenterait la teneur en carbonate de chaux, mais s'avérerait inopérant.

Le deuxième gisement est situé près d'Andraratrana, à 11,5 km à l'Ouest-Nord-Ouest de Bealanans. Au fond d'un lavaka, sont accumulés plusieurs blocs de cipolin (E.5051). La réserve dépasse 100 tonnes, dont 50 pour un seul bloc. La roche en place n'est pas connue. L'examen des parois du lavaka a révélé que de l'argile latéritique formée aux dépens de gneiss et de migmatites. Mais d'importants éboulements cachent la roche en place. Son utilisation pourrait être envisagée pour le chaulage de terres de cultures.

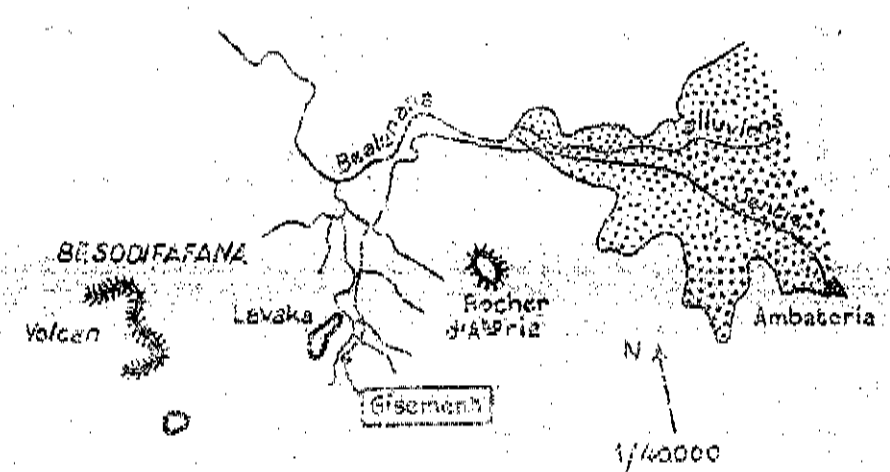
Analyses. - Les analyses ont été faites au Laboratoire d'analyses de la Direction des Mines à Tananarive.

	E.4213	F.5051
SiO <sub>2</sub> .....	22,54%	3,27 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	5,30	0,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,79	0,79
CaO .....	37,80	37,80
MgO .....	4,61	13,89
CO <sub>2</sub> .....	23,30	43,80
H <sub>2</sub> O .....	0,67	0,10
	<hr/>	<hr/>
	99,61	99,83

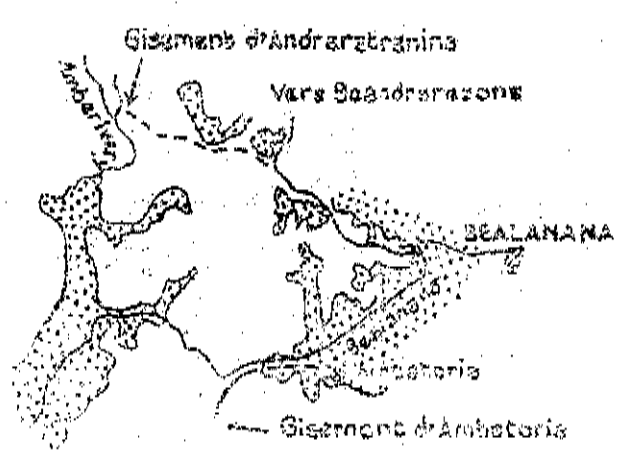




GISEMENT D'ANDRARATRINA



GISEMENT D'AMBATORIA



GISEMENTS DE  
PIERRES A JEUX

à l'Ouest de Bealanana

BUREAU DE RELEVEMENT  
No 37200

ANDESIANA  
1/25000

A 1950

E.4213 - Ambatoria 9 Km OGO de Bealanana  
Echantillon moyen avec pyroxénite

E.5051 - Andraratranina 11,5 Km ONO de Bealanana.  
Echantillon moyen - cipolin homogène.

La chaux n'est pas exprimée uniquement par la calcite. Elle rentre dans la constitution de la dolomite (Carbonate double de chaux et de magnésie), dans le diopside (alumino-silicate de chaux et de magnésie). L'échantillon E.4213 renferme du diopside et E.5051, de la dolomite en proportion notable. La somme  $CaO + CO_2$  ne correspond donc pas à la teneur réelle en carbonate de calcium exprimé et donne un chiffre supérieur à cette teneur que l'on obtient par calcimétrie (Calcimètre de Bernard) :

E.4213 : 27 % de  $CO_3Ca$

E.5051 : 51,2 %

LES TERRES A BRIQUES. - Les argiles nécessaires à la confection des briques peuvent être prélevées dans deux sortes de gisements. Le premier est constitué par les latérites formées aux dépens de coulées basaltiques, le second par les niveaux argileux dans les alluvions.

Les argiles basaltiques ont l'avantage d'être toujours situées au-dessus des zones inondées. En outre, elles renferment fréquemment une faible teneur en carbonate de chaux qui diminue ou évite même les retraits dus à la cuisson. Il est facile de trouver un important volume de ces argiles à Ambalabe qui est édifié sur une coulée altérée. Cette latérite est déjà exploitée pour cet usage. Beandrarazona est également sur une coulée entièrement altérée qui descend du Nord-Ouest. Le volcan d'Antanambola présente aussi, au front de sa coulée (Est de la route) d'importantes masses transformées en argile latéritique. De nombreuses coulées offrent des conditions favorables à l'extraction de terres à briques sur la bordure Nord-Ouest de la cuvette de Mangindrano entre Ambahivahy et Matsaborimedio, ainsi que dans la région de Berotra, de Marotolana.

Analyse. - Argile basaltique de la sortie Est d'Ambalabe

	en % $CO_3Ca$	Sable grossier	Sable fin	Limon	Argile
E.4257	1,8	12,4	18,8	25,3	41,7

Les niveaux argileux des sols de marais sont situés sous un horizon humifère dont l'épaisseur peut atteindre un mètre. Ces sols de marais sont largement répandus en bordure de la plaine de Bealanana, dans la quasi-totalité de la dépression de la Bealanankely et également sur le pourtour des plaines d'Anjanaborne et de Mangindrano. Les possibilités en terres à briques sont donc réelles et les emplacements pourront être choisis en fonction des centres d'utilisation. Mais les carrières devront être étudiées avec soin, en raison des variations rapides que l'on peut observer sur leur granulométrie. Consulter la carte pédologique de l'Ankairina (SECALEN et TERCINIER) pour la répartition

des sols de marais.

D'une façon générale, les conditions d'exploitation des argiles basaltiques sont préférables. Il n'y a aucun couvert étirable.

LES SABLES. - Les sables sont répartis le long de la plupart des lits de rivières de plaines : la Bealanana, la Maevarano, l'Am-balamotrika. Mais comme pour les niveaux argilleux, ils présentent de fréquentes variations dans leur granulométrie. De préférence, il faudra prendre du sable des terrasses anciennes qui n'est généralement pas micacé.

Quelques gisements :

Bealanana. - de chaque côté de la digue du terrain d'aviation, le long du kilomètre qui précède le pont. En fin de saison sèche, ce sable est utilisable sur une profondeur de 1,20 m (niveau phréatique). La granulométrie est donnée dans le paragraphe consacré aux matériaux routiers.

Beandrarezona. - A un kilomètre en amont du village, terrasse avec du sable sur une épaisseur moyenne de 2 à 3 mètres - grande réserve.

Anjanaborona. - Au Sud d'Anjanaborona, sur la rive gauche de la Maevarano - grande réserve.

Il faut signaler que les travaux de drainage peuvent créer artificiellement de petits gisements de sable. A Antanam-bola, des dépôts de sable de plus d'un mètre d'épaisseur se sont ainsi formés en moins de six mois.

#### LES MATERIAUX ROUTIERS

Granites, basaltes, pouzzolanes et sables constituent l'essentiel des matériaux routiers qui pourront être mis en oeuvre. Les granites fourniront l'empierrement (coefficient d'usure moyen), les basaltes, le gravillon. Suivant la structure donnée à la route, le sable et la pouzzolane pourront également intervenir en couche de fondation ou en couche supérieure. Signalons l'intérêt de la pouzzolane pour l'entretien actuel des digues et des routes. Les deux gisements les plus pratiques en sont situés, l'un sur le flanc Sud du volcan de Betainkankana, l'autre au volcan Ankijanambo (Ouest du terrain d'aviation de Bealanana). Les réserves sont considérables. A l'Ankijanambo, la pouzzolane renferme une proportion plus importante de grandes projections. Les volcans de Bealanana ne sont pas directement utilisables. Leurs scories sont fortement altérées sur une profondeur non déterminée.

Les deux digues qui partent de Bealanana et se dirigent l'une vers le terrain d'aviation, l'autre vers Bealanana, posent des problèmes particuliers. Des prélèvements des alluvions qui les bordent ont été effectués pour déterminer leurs caractères

physiques, en vue d'une utilisation éventuelle. Trois prélèvements ont également été faits sur la laterite du terrain d'aviation. Ces caractères physiques comprennent le pourcentage des constituants, définis par granulométrie et les limites d'Atterberg : limite de liquidité (LL), limite de plasticité (LP) et l'indice de plasticité (IP) qui correspond à la différence des deux limites précédentes. Ces mesures ont été faites en laboratoire par P. BUSSIERE et J. RASOUCARISON (Ref. Lab. 287). La position des échantillons est indiquée sur la planche 9.

N°	PROVENANCE	NATURE	
E.4250	Terrain d'aviation de Bealanana	-Bordure Nord Terrain face case Air Md. Moyenne sur 30 cm.	Sol brun argileux
E.4251	-id-	-Bordure Nord 300m ESE case Air Md. Moyenne sur 30 cm	Sol brun argileux
E.4252	-id-	-Prolongation piste 1200 m Ouest case Air Md.	Sol brun argileux
E.4253	Digue terrain d'aviation	-Pont Bealanana rive droite Moyenne sur 1 mètre.	Sable et limon
E.4254	-id-	-200 m Pont bord Sud route. Moyenne sur 0,60 m.	Sable et limon
E.4255	-id-	-500 m Est Pont bord Sud route. Moyenne sur 0,80 m.	Sable
E.4256	-id-	-1100 m Ouest Bealanana, bord Sud route.	Sable et limon
E.4258	Digue route Antschihy	-150 m Sud poteau indicateur entrée Bealanana Ouest de la route. Moyenne sur 0,60 m.	Sable et limon
E.4259	-id-	-600 m poteau entrée Bealanana Ouest de la route. Moyenne sur 1 mètre.	Sable et limon
E.4245	-id-	-1000 m Sud poteau entrée Bealanana Est de la route. Moyenne sur 0,50 m.	Sable et limon
E.4246	-id-	-1600 m Sud poteau entrée Bealanana Ouest de la route (près Anondrombato). Moyenne sur 0,50 m.	Sable et limon

	N° de terrain	% passant au Tamis d'ouverture (en mm)			Limites d'ATERBERG			Classification américaine
		2	0,5	0,074	IL	IP	IP*	
Terrain d'aviation	E.4250	95,05	63,81	22,35	50,14	38,20	11,94	A-2-7
	E.4251	98,34	70,74	25,35	50,46	38,74	11,72	A-2-7
	E.4252	94,13	61,24	21,63	42,70	33,76	8,94	A-2-5
Digue terrain d'aviation	E.4253	97,87	65,06	6,22	28,91	20,79	8,12	A-2-4
	E.4254	98,25	72,64	1,73	I M P O S S I B L E			A-3
	E.4255	94,31	63,30	7,64	39,11	27,61	11,50	A-2-6
	E.4256	94,46	59,23	13,47	54,20	37,85	16,35	A-2-7
Digue route Antsahily	E.4258	96,69	64,09	24,72	73,59	45,75	21,84	A-2-7
	E.4259	93	46,15	1,22	I M P O S S I B L E			A-1b
	E.4245	93,23	46,78	13,50	68,85	44,25	24,60	A-2-7
	E.4246	98,79	82,33	23,67	64,20	48,13	16,07	A-2-7

La classification américaine des sols a la signification suivante :

A-1, A-3, A-2-4, A-2-5 : excellent à bon  
 A-2-6, A-2-7 : passable.

#### LA TOURBE

Un élément sur lequel l'attention n'a pas encore été attirée et qui serait susceptible d'entrer en ligne de compte dans l'économie locale est la présence de tourbières. Les zones correspondant aux sols de marais présentent de nombreuses possibilités : terrain Ouest de la cuvette de Mangindrano, bordure de la dépression de la moyenne Maevarano, de la Haute Sofia. A Antananarivo, la tourbe couvre de grandes surfaces. A la bande d'essais, son épaisseur n'est pas connue mais dépasse 1,50 mètre. A la concession BOIREAU (S.D.P.A.), elle est supérieure à 1 mètre.

Les analyses, sur des prélèvements provenant d'Antanambola et de la Haute Sofia, ont été faites par le Laboratoire d'Analyse de la Direction des Mines. Le pouvoir calorifique a été déterminé à la bombe de PERRY.

	<u>E.4198</u>	<u>E.4243a</u>	<u>E.4243b</u>	<u>E.4243c</u>	<u>E.4244a</u>	<u>E.4244b</u>
Humidité .....	8,5 %	9,0	11,8	10,9	8,8	9,9
Matières volatiles	31,5	27,6	46,5	30,6	21,7	37,3
Cendres .....	41,5	46,3	17,4	42,6	45,3	31,9
Carbone fixe .....	18,7	17,1	24,3	15,9	24,2	24,9
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>
Pouvoir calorifique	2200 Cal	2300	3600	2350	1950	2900

E.4198 - Andampy - Plaine de la haute Sofia  
niveau de 30 cm, sur argile

E.4243 - Antanambola  
(BDPA)  
Terrain d'essais  
Marais à Zozoro  
drainé depuis avril  
1956

a - surface  
b - niveau -0,30 m  
c - niveau -0,80 m

E.4244 - Antanambola  
(BDPA)  
Concession BOIREAU  
Marais à Zozoro  
drainage en cours

a - niveau -0,30 m  
b - niveau -0,80 m

A titre indicatif, mentionnons que les tourbes commerciales ont un pouvoir calorifique oscillant entre 3.000 et 3.500 calories.

#### LES SITES DE BARRAGES

Plusieurs sites topographiques présentent des conditions géologiques favorables à l'implantation de barrages hydroélectriques. Une reconnaissance a été faite en Octobre 1955 par L. LAPLAINE sur un site en aval d'Ambohitra sur la Maevarano. Parmi les autres emplacements rencontrés, le plus intéressant est celui situé sur la Beandrazona (Planche photographique n°3)

SITE SUR LA MAEVARANO. - Le projet LAPLAINE prévoit le barrage de la Maevarano en aval d'Ambohitra avec une installation de l'usine à proximité du confluent de l'Anatomainty, près d'Ambohitrankely. La hauteur brute de chute utilisable est de 65 mètres. Avec le seul débit d'étiage (10 m<sup>3</sup>/sec.) on pourra obtenir une puissance de l'ordre de 5.200 kw. Pour un tirant d'air de 10 m, la largeur de la vallée, au couronnement du barrage est de 145 m. La galerie d'amène d'eau aurait une longueur de 2.500 m. Ayant visité à mon tour l'emplacement, j'attire l'attention sur trois faits pouvant susciter de graves difficultés :

- Sur la rive droite, le barrage s'appuie sur un cône d'éboulis. Une telle formation présente le plus souvent une étanchéité insuffisante, aussi est-on obligé de l'enlever pour assécher l'ouvrage sur la roche en place. Cette opération aurait ici pour effet de supprimer en partie l'étranglement du lit de la Maevarano. Elle risquerait de faire disparaître l'intérêt même du site. D'un autre côté, étanchéifier et stabiliser un cône d'éboulis est un travail techniquement possible, mais qui augmenterait considérablement le coût de l'entreprise. Il y aurait donc lieu de déterminer avec précision quel accroissement de largeur du barrage entraînerait le déblaiement du cône. Il est possible que l'on se heurte à une difficulté du même genre sur la rive gauche.

- La cote base du barrage est à 67,10 (le niveau 0 est pris à l'échelle placée par le Service hydrologique de l'IRSM près d'Ambodisatrakely). Le tirant d'air prévu est de 10 m. La mise en eau d'un tel barrage risque de gêner les travaux de drainage de la plaine d'Anjanaborona, si ceux-ci exigent l'abaissement du seuil de Tetesambato situé en amont du barrage, dans la zone inondée. Le seuil est à la cote 75,97, tandis que la plaine commence pratiquement à la cote 78,24.

- Le débit solide de la Maevarano devra être estimé, afin de ne pas courir des risques d'ensablement.

D'autres sites existent dans la traversée du seuil d'Antelopolo qui, entre Antelopolo et Ambatomainty, mesure une dizaine de kilomètres. Les hauteurs utilisables sont de l'ordre de 20 à 30 mètres. Le resserrement de la vallée donnera à la retenue une capacité relativement faible.

Les débits communiqués par l'IRSM sont les suivants :

Ambodisatrakely - 21 Août 1955 : 15,7 m<sup>3</sup>/s.

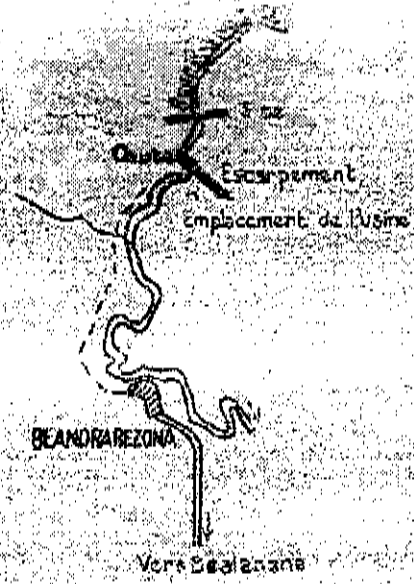
Ambodivohitra

amont confluent Bealanana 22 Août 1955 : 9,1 m<sup>3</sup>/s

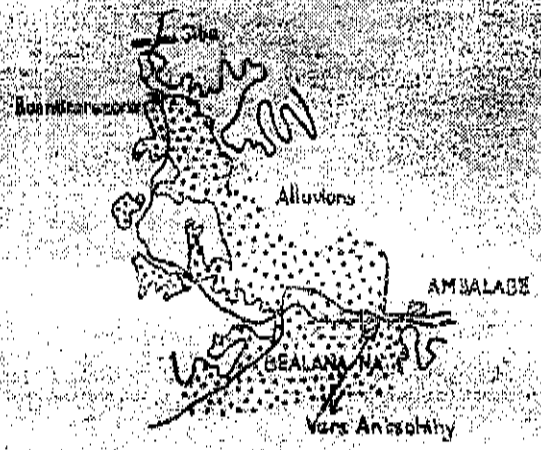
aval confluent Bealanana 23 Août 1955: 12,3 m<sup>3</sup>/s.

SITE SUR LA BEANDRAREZONA. - Ce site, signalé par P. RENE, est à 1,600 km en amont de Beandrarezona, sur la rivière de même nom (Planche 7). La rivière sort d'une petite plaine par un étranglement granitique, en amont d'une chute d'environ 30 mètres (Planche Photo n°3). L'emplacement est situé à l'étranglement. Une hauteur du barrage de 20 mètres correspondrait à une longueur en crête inférieure à 100 mètres. L'usine serait établie en aval des chutes, près d'une falaise granitique (descente de la conduite forcée) sur la rive gauche. La galerie d'amenée d'eau aurait une longueur de 300 mètres. Le débit d'étiage est de l'ordre d'un mètre cube. La puissance minimum serait de l'ordre de 240 kw. Compte tenu du débit régularisé, on pourrait escompter une puissance variant de 500 à 1000 kw. L'accès est facile à partir de Beandrarezona, par une ancienne terrasse alluviale.

Ancrages. - La zone d'ancrage est constituée par des gneiss. On observe à proximité des bancs granitiques interstratifiés. L'un d'eux détermine la chute, en aval du site. Les gneiss ont une direction Nord 70° Est avec un pendage Nord, c'est-à-dire amont.

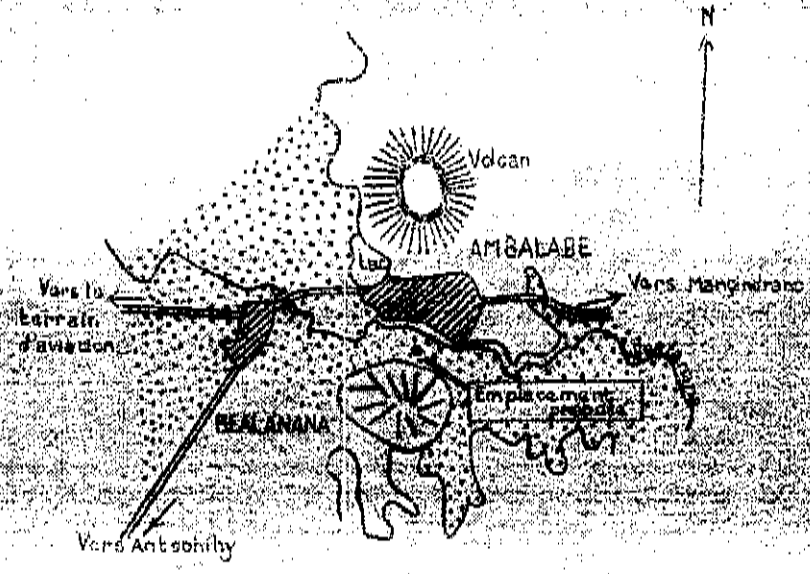


Emplacement du site de barrage  
à 1/40.000



Gros plan de situation  
à 1/200.000

SITE DE BARRAGE DE BEANDRAREZONA



ALIMENTATION EN EAU DE BEALANANA  
Emplacement proposé du sondage  
1/40.000

ANKAZZINA  
A. ENBERGER - 1957



de 30 à 40°. Cette direction tourne progressivement vers l'Est. Au sommet de la chute, elle devient Nord 130° Est, avec un pendage Nord-Est de 30°. Au droit du barrage sur la rive gauche, la roche est à nu, tandis que sur l'autre rive, elle est recouverte sur une épaisseur non déterminée. La roche est parcourue par des joints approximativement Nord-Sud qui ne doivent pas modifier l'étanchéité.

Retenue. - La retenue se développe dans des roches analogues, avec localement une couverture volcanique. L'étanchéité de la retenue ne doit donc pas poser de problème particulier. Il y aura lieu néanmoins de vérifier en amont le passage de fractures orientées Ouest-Nord-Ouest - Est-Sud-Est.

Galerie d'aménée d'eau. - La présence d'un ravin, sur la rive droite entrainera une difficulté pour le passage de la galerie d'aménée d'eau (photo). Se méfier également des joints Nord-Sud précédemment signalés.

Cheminée d'équilibre - conduite forcée. - Ces ouvrages seront assés sur le banc granitique qui détermine la chute. Les conditions sont excellentes.

Matériaux de construction. - Les possibilités des environs immédiats sont suffisantes pour couvrir les besoins, tant en sable qu'en moellons.

Si ce site est susceptible d'être retenu, il faudrait établir une échelle afin de mesurer avec précision les débits de la Beandrarezona.

#### LES RECHERCHES D'EAU

L'alimentation en eau potable des principales agglomérations ne pose aucun problème majeur. Les eaux peuvent être captées, soit à partir de petits barrages établis sur les nombreux cours d'eau qui aboutissent aux plaines, soit dans des nappes alluviales ou encore au front de coulées basaltiques (eaux sous-laviques). Les alluvions sont dans le cas général suffisamment perméables pour que l'eau puisse y former des nappes. Mais aucun sondage n'ayant encore été fait dans les différentes dépressions, nous sommes dans l'ignorance absolue sur la présence et la disposition de nappes profondes. Dans la plupart des cas, la nappe phréatique, qui correspond au niveau des marais, est suffisante pour couvrir les besoins très restreints des villages (puits). J'envisagerai ici les cas particuliers de Bealanana et d'Antanambola (BDPA).

BEALANANA. - Actuellement, la population de Bealanana-Ambalebe s'approvisionne, pour la plus grande part, dans la Bealanana et, en très faible proportion, dans quelques puits forés, soit dans les terrains cristallins de la butte de Bealanana, soit dans les alluvions de la rivière, au Sud d'Ambalebe (Mission catholique).

Seuls les puits d'Ambalabe, profonds de 4 à 10 mètres, fournissent de l'eau en toutes saisons. Leurs débits n'ont jamais été mesurés mais s'avèrent suffisants pour satisfaire les besoins limités de particuliers. Il est à noter que la population délaisse l'eau toujours limpide du Matsaborimena, petit lac situé en bordure Sud-Ouest du volcan d'Ambalabe, pour celle de la Bealanana, toujours trouble. La première eau a la réputation d'être polluée.

Deux possibilités pour une adduction d'eau sont à envisager : captage d'une nappe dans les alluvions de la Bealanana près d'Ambalabe et pompage dans le Matsaborimena. Je n'examinerai ici que le premier cas, le second, relatif au captage d'une eau libre, n'étant pas du ressort du géologue, j'en donnerai simplement plus loin le résultat d'une analyse chimique, analyse n° 1.

A Ambalabe, la Bealanana coule dans un étranglement provoqué par des schistes cristallins surmontés de produits volcaniques. En amont, sa vallée, remblayée par des alluvions, s'élargit et se ramifie en de nombreuses digitations. La surface de toutes les zones alluviales continues aboutissant à la Bealanana, en amont d'Ambalabe, est évaluée à 7 km<sup>2</sup>. La hauteur d'eau qui tombe annuellement étant de 1341 mm, on peut compter que ces alluvions absorbent par an un volume d'eau de l'ordre de 10 millions de m<sup>3</sup>. Les apports provenant du ruissellement sur les rives sont supposés combler les pertes dues à l'évaporation ou à d'autres causes. Si cette masse d'eau est drainée dans les alluvions de la Bealanana reposant sur un substratum imperméable, nous obtenons un chiffre de 300 litres/sec, comme débit passant dans le goulet d'Ambalabe. Ce chiffre théorique ne doit pas être pris avec sa valeur absolue. Il nous indique simplement que les alluvions sont suffisamment étendues pour emmagasiner une ou plusieurs nappes importantes.

Seul un sondage peut nous renseigner sur la présence effective de ces eaux souterraines et sur leur débit. L'emplacement le plus favorable pour ce sondage est situé sur la banquette alluviale (rive gauche), au Sud de la place principale d'Ambalabe (Bureau de District). (Planche 7).

ANTANAMBOLO. - L'alimentation en eau du centre du BDEA est assurée par une prise captant les eaux d'un petit ruisseau descendant du volcan d'Antanambola et dans la coulée duquel il a creusé son lit. Le BDEA prévoit de remplacer le dispositif actuel par un petit réservoir situé dans le basalte lui-même. A l'emplacement prévu, le ruisseau coule au fond d'une petite gorge de 2 à 3 mètres de profondeur, entièrement entaillée dans le basalte. La très faible capacité de ce réservoir, de l'ordre de 20 m<sup>3</sup>, permet d'envisager sa construction sans grande difficulté. L'été, la cherté des basaltes sur une grande surface, est souvent diluée à obtenir en raison des fissures horizontales et verticales qui parcourent la roche. Mais ici, sur de si petites surfaces, la roche est homogène. Le fond est en partie recouvert par des argiles. Si, à la mise en charge, des pertes se produisaient, il serait facile d'effectuer des plâtrages de ciment sur les parois.

Un prélèvement de l'eau d'Antanamboolo a été effectué en amont des deux buses de distribution, pour analyse (Analyse n° 2).

Les analyses 3 et 4 ont été effectuées par le Laboratoire de Chimie et de Recherches des Travaux de l'Université.

EXAMEN ORGANOLEPTIQUE ET PHYSIQUE

	N°1	N°2
Limpidité - Odeur - Couleur	Limpide inodore incolore	Limpide inodore incolore
pH	6,6	7,2

ANALYSE CHIMIQUE

1° Elements de potabilité :

Hydrotimétrie	Degré total ..... 3°30	4°30
	Degré permanent	
Résidu sec	36	56 mg/l.
Chlorures en chlorure de sodium	7	5
Phosphates	absence	absence
Matières organiques (en mil. acide)	4,16	2,56
en mg. d'oxygène (en mil. alcalin)	0,96	0,56
Azote	nitreux	absence
	nitrique	absence
	ammoniacal	absence

CONCLUSIONS :

Eaux potables du point de vue chimique actuellement.

SOURCE DE BETAINKANKANA. - L'ancien thalweg dans lequel s'est épanchée une lave correspond parfois à une zone dans laquelle se ressemblent les eaux d'infiltration provenant du versant volcanique. Les eaux réapparaissent alors au front de la coulée. Dans l'Ankaizina, les eaux sous-laviques (quand elles existent), se perdent souvent dans les marais au niveau desquels existent les laves et échappent à toute observation. Une seule source de ce genre a été trouvée. Elle est située à 2,400 m au Sud-Ouest de Betainkankana, à la base de la branche Sud-Ouest de la coulée de l'Ampanantroatra. L'eau sourd dans une petite zone marécageuse. Son débit est d'environ 3 litres/sec.

LES SOURCES THERMALES

Les sources thermales connues dans l'Ankaizina sont situées aux environs de Mangindrano 1 au Nord-Est et au Sud.

SOURCES NORD-EST. - Un habitant de Mangindrano n'a montré que

source située à 4 km au Nord-Est de Mangindrano, sur la rive gauche de la rivière Antsahanibaro. Les griffons sont dans des alluvions à gros éléments dans lesquelles stagne un petit marécage. Le débit est de l'ordre de 0,3 litre/sec. Quelques aménagements actuellement abandonnés et envahis par des dépôts sableux ont jadis été apportés. Je n'y ai reconnu qu'un petit puits profond de quelques décimètres. La température de l'eau a été estimée à 35° environ (Analyse 3). Dans son rapport de 1951, J. DIETRICH signale une source, en amont de Mangindrano, sur la berge droite de la Maevarano, en aval de son confluent avec l'Antsahanibaro, dans un petit marécage. J. DIETRICH s'est demandé si cette source correspondait à celle citée dans un rapport du Chef de District de Bealanana, daté de 1941, et mentionnée sous le nom de Bekipay. Des piscines y ont été aménagées. Ce texte donne les températures suivantes : source Nord, piscines Est : 38°5, piscines jumelles 38°5, piscine Ouest 37°2, petit puits 39°.

La localisation de la source indiquée dans le texte de J. DIETRICH ne correspond pas à celle du Ranomafana que j'ai visitée. Elle ne correspond pas non plus à celle portée sur sa carte géologique au 1/200.000 qui, elle, coïncide avec ce ranomafana. Je pense qu'il y a eu intervention des termes dans la description, plutôt qu'une erreur de dessin. Cette source serait probablement la même que celle vue au cours de la campagne 1956. BECARY (1923) indique également une source près du confluent de l'Antsahanibaro, mais sans préciser davantage la situation. La température est approximativement 45°, le débit de 10 litres à la minute.

RANOMAFANA SUD. - Cette source chaude, pour laquelle les différents textes concordent, est à 4 km au Sud de Mangindrano. L'eau sourd au fond d'un marais envahi par des zozoro. Je n'ai pu mesurer le débit. La température est de l'ordre de 35 à 40° (Analyse 4). BECARY a décrit cette source en donnant une température de 50°, avec un débit inférieur à 10 litres/sec.

Les analyses suivantes ont été faites au Laboratoire d'Analyses de la Direction des Mines.

	<u>Analyse 3</u>	<u>Analyse 4</u>
<u>Examen organoleptique</u>		
Savoir .....	Fade	Légèrement salée
Odeur .....	Très légèrement sulfureuse	légèrement sulfureuse
Couleur .....	Incolore	Incolore
Dépôt .....	Léger	Léger

Examen chimique

Résidu sec à 105°) .....	0,530 gr/l.	0,481 g/l.
Résidu calciné .....	0,480	0,405
SiO <sub>2</sub> .....	0,051	0,075
CO <sub>2</sub> total .....	0,066	0,059
Cl .....	0,020	0,017
SO <sub>4</sub> .....	0,134	0,112
NO <sub>3</sub> .....	Néant	Néant
NO <sub>2</sub> .....	Néant	Néant
CaO .....	0,029	0,008
MgO .....	traces	0,002

Examen chimique (suite)

	<u>Analyse 3</u>	<u>Analyse 4</u>
K <sub>2</sub> O .....	0,005	0,005
Na <sub>2</sub> O .....	0,300	0,178
NH <sub>4</sub> .....	Néant	Néant
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	Néant	Néant

LES SEUILS

Toutes les cuvettes alluviales de l'Ankaizina se terminent par des seuils rocheux dont l'abaissement peut être envisagé pour leur drainage. Plusieurs projets d'aménagement ont déjà été établis et dont certains ont partiellement déjà été réalisés. La structure de ces seuils est simple, à l'exception de celui de Beroitra.

Bassin de la Maevarano (d'amont en aval) :

Plaine de Mangindrano : seuil de Beroitra.

Plaine d'Antelopolo : seuil granitique d'Antelopolo

Plaine d'Anjenaborona : seuil granitique d'Ambodivohitra (Tetezambato)

Plaine de Bealanana : seuil volcanique d'Anbatoria (Antsamaka)

Plaine de Betainkankana : seuil volcanique de Betainkankana

Bassin de la Sofia :

Plaine de la haute Sofia : seuil granitique d'Andampy.

Il est inutile de revenir sur la description de ces seuils déjà connus et pour lesquels aucun problème géologique ne se pose, à l'exception de celui de Beroitra.

Le seuil de Beroitra fait communiquer les deux plaines de Mangindrano et d'Antelopolo. Sa rive Ouest est en schistes cristallins altérés. Sa rive Est est également en schistes, mais des basaltes très altérés en forment le sommet. Dès le sortis du seuil, la Maevarano dessine un coude vers l'Est, pour contourner le petit îlot de Beroitra dont l'extrémité Nord est volcanique. Le seuil se présente simplement comme un étranglement entre deux collines. Aucun substratum rocheux n'y apparaît. La Maevarano le traverse en un seuil lui-même recouvert par des alluvions. Contrairement à tous les autres seuils, celui de Beroitra n'est caractérisé par aucune dénivellation. La vitesse du courant est la même en aval qu'en amont. Le dépôt des alluvions dans le rétrécissement montre qu'actuellement le terme de seuil est impropre. Peut-être s'agit-il d'un ancien seuil, maintenant entièrement submergé. Le fait est possible. Les apports dus à la rivière Beroitra qui se jette dans le mers, à l'Ouest de l'îlot de Beroitra, ont contribué au comblement du goulet. La plaine de Mangindrano dépend donc directement du seuil d'Antelopolo et non du seuil de Beroitra. Des travaux de drainage du chenal n'apporteront aucune amélioration

sensible dans le niveau des eaux en amont. Une désobstruction s'avèrera peut-être utile, lorsqu'un abaissement du niveau aval, par action directe sur le seuil d'Antelopolo, aura été réalisé.

### CONCLUSION

Dans cette étude, ont été exposés les principaux résultats obtenus en 1956, au cours d'une mission dans l'Ankavizina. Cette région, caractérisée par d'importantes dépressions alluviales est appelée à un développement économique basé sur ses ressources agricoles. Il était indispensable d'établir un inventaire des possibilités du sous-sol et de déterminer dans quelle mesure la géologie pouvait contribuer à cette mise en valeur.

Les grands traits de la structure géologique font ressortir l'existence de deux ensembles métamorphiques précambriens, fortement granitisés et traversés à deux reprises par des venues volcaniques. Une tectonique cassante relativement jeune, représentant en partie des directions établies dès le Précambrien, a imposé à cette région sa physiologie actuelle.

La prospection a mis en évidence, à l'exception de gisements de bouzites pour lesquels une étude détaillée est indispensable, la pauvreté en produits miniers. Les mines indiennes (étain, monazite, columbite, béryl, or) rencontrées ou déjà signalées sont inexploitable. Mais tous les problèmes géologiques susceptibles de se poser à l'occasion d'un assés agricole pourront être résolus sans difficultés majeure, à l'exception de celui de la pierre à chaux dont les gisements sont insignifiants. Les matériaux de construction et les matériaux routiers sont abondants. La tourbe peut apporter une contribution non négligeable. Les possibilités hydroélectriques ainsi que les recherches d'eau se présentent sous un aspect favorable.

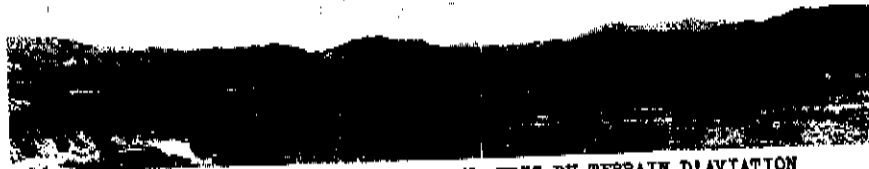
### BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME - 1939.- Rapport d'ensemble de la Commission d'étude générale de la répartition et de la mise en valeur des terres disponibles dans le District de Bealanana - Archives District de Bealanana.
- ANONYME - ? - Rapport sans date ni auteur sur les aménagements des seuils de l'Ankavizina, d'après M. CIORINA. Archives District de Bealanana.
- BELLER G. 1948.- Rapport sur la reconnaissance du Massif de Tsaratanana. Arch. Serv. Géol. Nat. ORA 48.
- BESAIRE H. 1932.- Carte géologique de reconnaissance au 1/200.000. Feuille Ampamilava, avec notes.

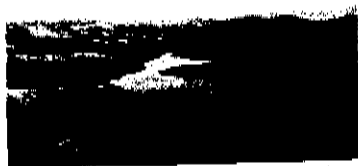
- ENSALIBÉ H.** 1933.- Carte géologique de reconnaissance au 1/200.000. Feuille Bealanana, avec notice.
- 1934.- Carte géologique de reconnaissance au 1/200.000. Feuille Ambanja, avec notice.
- 1936.- La géologie du Nord-Ouest. Mém. Acad. Malg. 1936. Fasc. 21, 2 vol.
- 1955.- Documentation géologique sur l'Ankaizina. Doc. du Bureau Géologique n°105.
- CHABROT** 1951.- Rapport sur la route Antsohihy-Bealanana. Archives District de Bealanana.
- et COUCANAP** 1910.- Notice géologique sur le cercle d'Anala l'ave. Bull. économique de Mad. 1910 n°1, pp.86-98.
- DECARY R.** 1923.- Le District de Maromandia. Bull. économique de Mad. 1923. 2e semestre, pp.5-18.
- 1926.- Les roches éruptives post-liassiques dans les régions de Maromandia et de l'Ankaizina. Bull. économique de Mad. 1926, pp.72-75.
- DIETRICH J.** 1952.- Etude géologique du Mt Tsaratanana. Doc. Bureau géologique n°42.
- DUFOURNÉ R.** 1952.- Rapport de tournée dans l'Ankaizina. Archives District de Bealanana.
- et DURIEUX** 1949.- Compte rendu relatif à la reconnaissance d'un tracé pour l'itinéraire routier entre Sambirano et Ankaizina.
- DURUY SV.** 1897.- De Tsaratanana à Noosi-Be. Notes, reconnaissance et exploration 1897. pp.413-445.
- EMBERGER A.** 1955.- Les terrains cristallins du Pays betaïlec et de ses confins occidentaux. Thèse Clermont-Ferrand.
- 1956.- Prospection et complétage géologique de la région Ampembilava-Befandriana. Archives Service Géologique A. 1004.
- 1956.- Produits utiles de l'Ankaizina. Rapport annuel Service Géologique.
- 1956.- Carte de prospection Ankaizina-Bealanana. Arch. Service Géologique C.959 Tananarive.
- GAUTIER E.F.** 1902.- Madagascar. Essai de géographie physique. Challamel, Paris 1902.
- GRANDIDIER A.** 1885.- Histoire physique, naturelle et politique de Madagascar. Tome 1.
- GUILCHER A.** 1954.- Madagascar. Géographie régionale. Centre de Doc. universitaire. Paris.

- LACROIX A. 1923.- Minéralogie de Madagascar. 3 Tomes.
- LAPLAINE L. 1955.- Etude géologique de la feuille Andapa. TBG. n°66. Tananarive.
- 1955.- Site d'aménagement hydroélectrique sur la Maevavano à Ambodivohitra. Archives Service Géologique A.930.
- LAUTEL R. 1953.- Etude géologique du socle cristallin de Madagascar à la latitude de Tamatave - Thèse Clermont-Ferrand.
- LEMOINE P. 1906.- Etudes géologiques dans le Nord de Madagascar. Librairie Scientifique Hermann. Paris.
- MICHEL R. 1953.- Contribution à l'étude pétrographique des péperites et du volcanisme de la grande Limagne. Mém. de la Soc. Hist. Nat. d'Auvergne. Clermont-Ferrand.
- MOLLET L. 1953.- Le bœuf dans l'Ankaizina. Mémoire IRSM Série C. Tome II.
- 1956.- Démographie de l'Ankaizina. Mémoire IRSM Série C. Tome III.
- NIGGLI P. et BEGER P.J. 1923.- Gesteins- und Mineralprovinzen - Bd. I: Einführung (Berlin, Borntraeger). XVI.
- OBLIN Ch. 1954.- Rapport sur les voies de communication du Pays Tsimihety. Archives District de Bealanana.
- PEACOCK H.A. 1931.- Classification of igneous rock series. Journ. geol. 39.
- PERRIER DE LA BATHIE H. 1909.- Etude de biogéographie sur la région Nord-Ouest de Madagascar. Bull. Economique de Madagascar. 1909.
- 1927.- Le Tsaratsara, l'Ankaratra et l'Andriangitra. Mém. Ac. Malg. Baso. III. 1927.
- RIQUIER et BOSSER 1952.- Carte d'utilisation des sols. Bealanana au 1/20.000.
- DE LA ROCHE H. 1956.- La géologie de l'Extrême Sud-Est de Madagascar. Bull. Soc. Géol. de France. 2. Baso. 1-3.
- SEGALIN P. et TERCINIER G. 1951.- Notice sur la carte pédologique de l'Ankaizina avec 4 cartes au 1/50.000. Mémoire IRSM. Série C. Tome III. Baso. 2.
- TYRRIEU J. 1951.- Rapport reconnaissance d'un tracé routier dans le tracé Rafotaka par la vallée de la Maevavano. Archives District de Bealanana.





1-PANORAMA DE LA PLAINE DE BEALANANA PRIS DU TERRAIN D'AVIATION



2-MARAI PRES DE BEANDRAREZONA  
(PLAINE DE BEALANANA)



3-CRATERE NOYE SUD-EST D'ANTSAMAKA



4-DIGITATION ALLUVIALE  
(PLAINE DE MANGINDRANO)



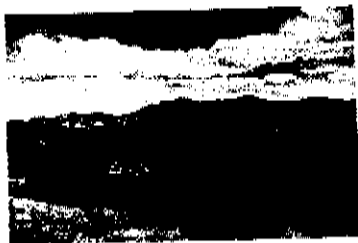
5-PLAINE D'ANJANABORONA



6-DIGITATION DE BEANATSINDRANO  
(PLAINE D'ANJANABORONA)



7-VALLEE DE LA MANAMPATIANA  
ET MASSIF FORESTIER DU SOMOTRA



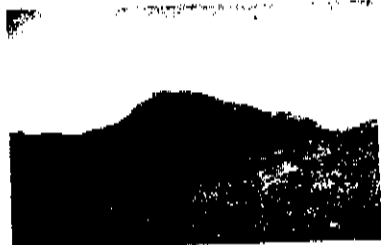
8-VILLAGES AMBODISIKIDY  
AU SUD, LE MANGAKANA



9-CHUTE DE L'AMBATOMAINTY  
(PLATEAU DE BEMANEVIKA)



10-SOURCE CHAUDE. NORD-EST  
DE MANGIDRANO. (BEKIPAY)



11-GRANITE STRATOIDE A L'OUEST  
DE BEALANANA - AU PREMIER PLAN  
PROJECTIONS DU VOLCAN  
DE MAROVATO



13-LE ROCHER D'AMBATORIA  
AU PREMIER PLAN LA BEALANANA



12-ANTANAMBOLA. UNE FERME DU B.D.P.A.

PAYSAGES

A. EMBINGER PL. I



1-LE VOLCAN DE MAROVATO



2-FRONT DE LA COULEE DE L'ANTSORIVATO  
AU CONFLUENT DE L'AMBATOMAINTY ET DE LA MAIVARANO



3-LE VOLCAN DE L'ANTSORIVATO



4-L'AMPASIMANTROATRA  
ET SA CHEIRE (BETAINKANKANA)



5-L'ANKIJANIAMBO  
EN BORDURE DE LA BEALANANA



6-LE VOLCAN DE BEALANANA  
ET LE LAC



7-EXTREMITÉ DE LA COULEE  
D'ANTSORIVATO



8-VOLCAN SUR LE PLATEAU  
DE BEMANEVIKA



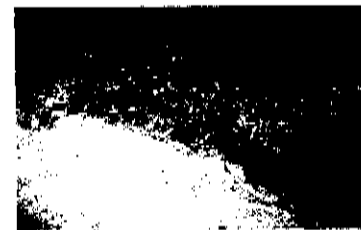
9-CULOT PHONOITIQUE  
DANS LE MASSIF DE L'AMBONDRONA



10-CULOT PHONOITIQUE  
DE L'ANDRINGILINY



11-LATERITE DU BASALTE  
DE L'ANKETRAKABE SUR LATÉRITE  
DE CRISTALLIN (BEANDRAREZONA)



12-TALUS DE LA ROUTE DU TERRAIN  
D'AVIATION DE BEALANANA : A GAUCHE  
MIGMATITES. A DROITE RAVINEMENT  
DE Tufs VOLCANIQUES ALTERES



13-ÉROSION DU BASALTE  
D'AMBODIWOHITRA



14-COULEE BASALTIQUE,  
SUR LE VERSANT NORD  
DE L'AMBONDRONA



1-SEUIL D'AMBATORIA, SUR LA BEALANANA-VUE GENERALE



2-SEUIL D'AMBATORIA, ZONE DEROCTEE



3-SEUIL DE BEROITRA  
VUE VERS L'AMONT



4-SEUIL DE BEROITRA  
PARTIE AMONT



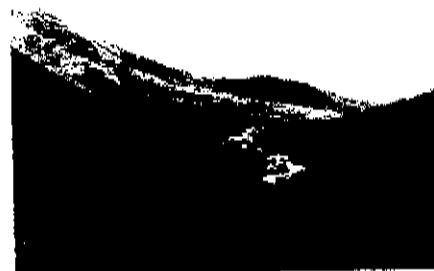
5-SEUIL AMBODIVOHITRA  
VUE DE L'AMONT



6-SEUIL DE LA BEALANANKELY  
A GAUCHE BASALTE A DROITE, GRANITE



7-SEUIL DE LA BEALANANKELY  
ZONE DEROCTEE



8-SITE DE BARRAGE SUR LA MAEVARANG  
(PROJET LAPLAINE)



9-SITE DE BARRAGE SUR LA BEANDRAREZONA  
VUE GENERALE



10-SITE DE BARRAGE SUR  
LA BEANDRAREZONA VUE DES CHUTES  
EN AVAL DU SITE



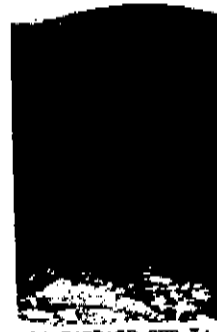
11-SITE DE BARRAGE SUR  
LA BEANDRAREZONA - EMPLACEMENT  
DE L'USINE



12-SITE DE BARRAGE SUR  
LA BEANDRAREZONA ARRIVAGE  
GENERAL DU SITE BARRAGE



13-SITE DE BARRAGE SUR LA BEANDRAREZONA  
ZONE D'ANCHORAGE LE POND



14-BARRAGE SUR LA  
BEANDRAREZONA PASSAGE DE LA  
CONDUITE PERCEE

SEUILS ET SITES DE BARRAGES

ANNEXE N° 1