CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE LA TECTONIQUE PLIOQUATERNAIRE
DES HAUTES TERRES CENTRALES
DE MADAGASCAR :

LA PLAINE DE SAMBAINA-AMBOHIBARY ET SES BORDURES

par
Yannick LAGEAT (1) et Bernard PEYROT (2) *

La plaine de Sambaina-Ambohibary s'ouvre dans le flanc sud-oriental du grand massif volcanique de l'Ankaratra qui culmine à 2 643 m au Tsiafajavona. Ce bassin, sis à une altitude voisine de 1 650 m, affecte grossièrement la forme d'un triangle d'une douzaine de kilomètres de côté. Il est cerné par de vigoureux reliefs qui se haussent à 1 800-2 000 m. Sur les Hautes Terres centrales dont l'aération est généralement médiocre, il est exceptionnel que se dessine avec autant de netteté des cuvettes intramontagnardes. Celle de Sambaina relève quant à sa genèse, d'une tectonique plioquaternaire (3).

I. — LES DONNEES DE BASE

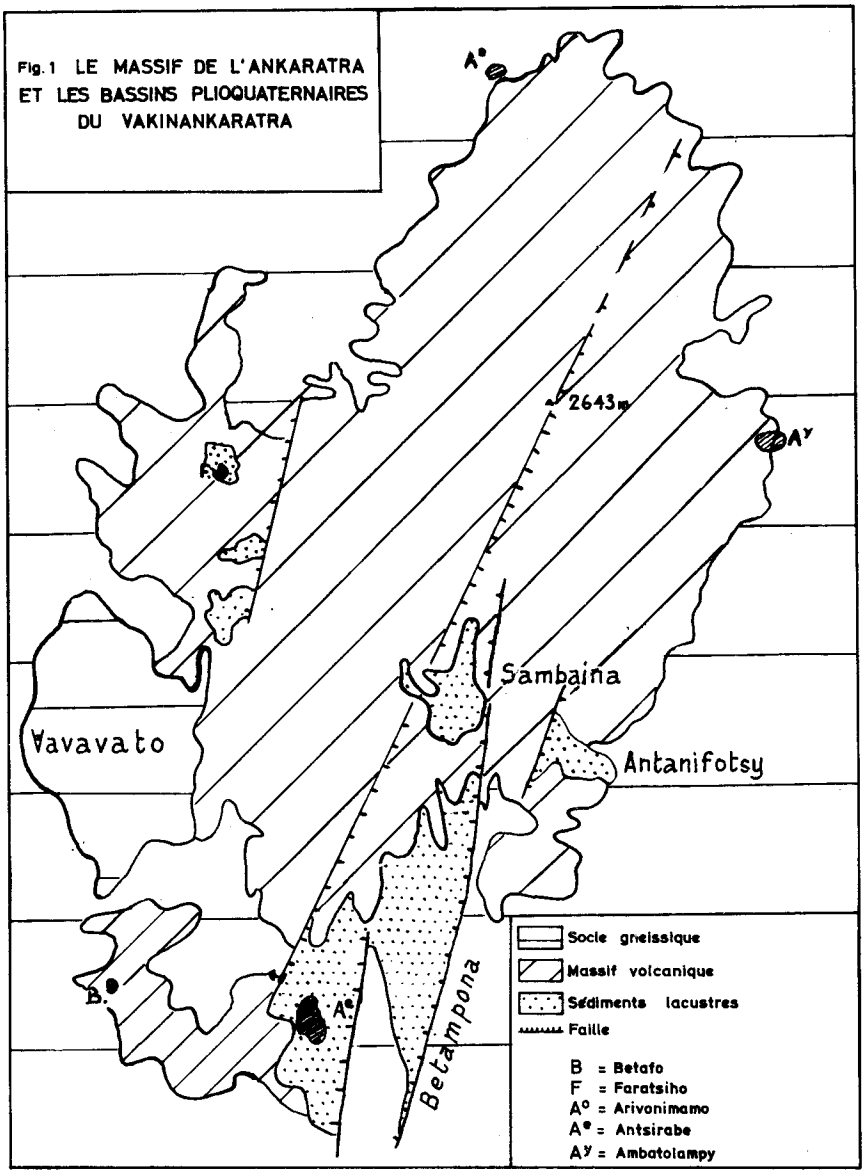
A. Présentation du cadre de l'étude

1) La plaine. — Vaste dépression de quelques soixante kilomètres carrés dont nul relief n'interrompt la planitude, elle est drainée par l'Ilempona (« Grande Plaine ») qui s'en échappe par les gorges d'Ampetsapetsa. Ce cours d'eau domine au Nord une cuvette d'inondation (1 654 m) qu'il submerge an-

---

* *Les chiffres renvoient aux notes en fin d'article.*

nuellement et, s'encaissant progressivement vers le Sud, il coule légèrement en contrebas de la plaine (1 648 m) avant de quitter celle-ci. Ce bassin rizicole fait figure de bon pays au regard des Hauts de l'Ankaratra et l'influence du bourg d'Ambohibary (« Village au Riz ») qu'exprime la zone d'attraction de son marché hebdomadaire, s'étend bien au-delà des limites que la nature lui a imparties.



2) Les bordures. En effet, un ample amphithéâtre de hauteurs cerne ce bassin (Fig. 3 et ph. 1) : il juxtapose des reliefs énergiques et des pentes douces, celles-ci se développant largement au premier plan, ceux-là constituant la note dominante du paysage à l'arrière-plan. Le « piémont » se décompose en banquettes qui s'étagent du niveau de la plaine jusqu'au pied des hauteurs périphériques. Seules trois profondes échancrures qui rassemblent les eaux de l'Ambohitrombalahy, de la Trimoanala et de l'Amborompotsy, abaissent et interrompent ces arêtes faîtières qui associent deux principaux caractères : l'énergie (un commandement supérieur à 150 m) et la rectitude (sur une trentaine de kilomètres puisqu'elles dominent le bassin d'Antsirabe au Sud). En effet, le bassin intramontagnard n'est pas entièrement clos et le « col » de Sambaina assure, à une altitude de 1 700 m, le passage vers la dépression d'Antsirabe-Antanetibe. Les plateaux qui jouxtent la plaine de Sambaina-Ambohibary s'élèvent à une altitude supérieure à 2 000 m : l'ensemble occidental porte quelques pointements massifs (Maroparasy, Famoizankova...) ; son vis-à-vis oriental, plus uniforme, est profondément disséqué par les gorges d'Ampetsapetsa qu'accompagnent quelques replats sur lesquels se juchent les villages. Ce cours « héroïque » de l'Ilempona est un sillon de circulation le long duquel s'insinuent la voie ferrée et la route qui relient Tananarive à Antsirabe. A l'Est du bastion de l'Ambohitrakanga qui verrouille la vallée, l'horizon jusqu'alors borné, s'élargit dans le bassin d'Antanifotsy : après s'être frayé une issue dans un défilé dominé par de vigoureux talus, l'Ilempona débouche dans une plaine spacieuse où les versants s'éloignent et s'estompent.

3) L'énigme du réseau hydrographique. — Le tracé de la ligne de partage des eaux entre les versants Mozambique et Indien dessine à la hauteur de la plaine de Sambaina un rentrant vers l'Ouest de l'ordre d'une centaine de kilomètres. En effet, la plaine est par l'intermédiaire de l'Ilempona, tributaire de l'Onive, affluent du Mangoro qui se jette dans l'Océan Indien au Sud de Mahanoro alors que le bassin d'Antsirabe appartient au drainage mozambicain (fig. 4).

B. *Les sédiments lacustres*

1) Classification, âges et types. — Dès 1924, Bertrand et Joleaud signalaient l'existence d'un bassin lacustre néogène au SE de l'Ankaratra. La présence de schistes bitumeux parmi les échantillons prélevés lors de l'établissement de la carte géologique, incita le Service des Mines à entreprendre des études plus détaillées qui « ont fourni suffisamment de précisions pour établir dans leurs grandes lignes les caractères stratigraphiques des sédiments et prouver leur indiscutable origine lacustre » (A. Lenoble).

Les sédiments se répartissent en quatre grands groupes de puissance et d'extension variables dans les bassins de Sambaina, d'Antanifotsy et d'Antsirabe :

— Les sédiments A, groupe comprenant des lignites, des schistes bitumeux, des diatomites, des argiles à dominante kaolinitique et quelques dépôts de type marnocalcaire.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITAIRE de Tananarive

— Les sédiments B, séparés des précédents par une importante discordance, sont essentiellement constitués d'argiles diverses ; les diatomites y sont plus rares, les bancs de lignite terreux plus discontinus et moins épais.

— Les sédiments C, irrégulièrement discordants, sont représentés par des argiles sableuses bariolées.

— Les sédiments D, accompagnés d'ossements de la faune subfossile, sont également à dominante argileuse mais sur des épaisseurs moindres.

La question de l'âge de ces sédiments est très délicate : elle s'appuie sur l'étude de diatomées en mauvais état de conservation, les frustules étant pour la plupart brisées ou corrodées ; les empreintes foliaires, quant à elles sont difficilement identifiables. « Les diatomées fossiles n'ont, dans l'ensemble, pas de valeur stratigraphique précise ; elles permettent cependant, par la forte proportion de celles déjà connues dans les dépôts néogènes, de limiter à une période allant de l'Oligocène au Pliocène la période de dépôt des sédiments lacustres, mais les Cypéracées n'ayant jamais été rencontrées jusqu'ici à l'état fossile avant le Pliocène limitent cette même période au Pliocène » (A. Lenoble). Ces sédiments A qui contiennent les diatomées étudiées ayant été datés du Pliocène, les sédiments supérieurs ont été « ipso facto » classés comme pléistocènes ; aussi ces « étiquettes... ont-elles un caractère provisoire » (P. Birot, 1963).

2) Facteurs de la sédimentation. — Les types des apports peuvent être réglés par le contexte bioclimatique régional et par l'activité tectonique. Un soulèvement accroît naturellement la pente des rivières d'un bassin versant et, partant, leur compétence mais on s'accorde à penser que « les dépôts lacustres ne donnent que des indications médiocres sur la morphologie contemporaine » (P. Birot, 1937). Les facteurs climatiques exerceraient un contrôle plus rigoureux. Aucune coupe ne montre dans le bassin de Sambaina des varves correspondant à des fluctuations saisonnières de la sédimentation ; il en est toutefois d'observables dans le bassin d'Antanifotsy depuis la rectification du tracé de la route Tananarive-Antsirabe : ces microséquences suggèrent deux épisodes de sédimentation, une période sèche alimentant la couche sableuse et une période humide à laquelle correspondent les apports argileux. Ces indicateurs paléolimnologiques pourraient faire l'objet de comptages à l'instar des varves du Gamblian III d'Afrique orientale (De Geer, 1934, in Cole 1954). Les oscillations de plus longue durée (alternance de pluviaux et de displuviaux) expliqueraient la succession de séquences chimiques ou biochimiques et de séquences détritiques, dans le cadre de la théorie de la bio-rhéxistasie. Il subsiste cependant nombre d'incertitudes sur la signification climatique de certains sédiments continentaux, notamment des argiles.

3) Relations entre les trois bassins. — Les corrélations entre dépôts lacustres sont généralement mal définies mais l'examen des sondages permet de poser quelques jalons dans l'évolution comparée des bassins au cours du Plio-Quaternaire.

Entre les cuvettes d'Antanifotsy et de Sambaina, aucune continuité d'un niveau sédimentaire repère ne peut être établie : « Le seuil gneissique que

traverse l'Ilempona de Tsaramoda jusqu'à Ianoborona (gorges d'Ampetsapetsa)... est une limite géologique » (A. Lenoble) et la similitude des altitudes des sédiments A supérieurs est fortuite. Les deux bassins ont donc évolué indépendamment : dans celui d'Antanifotsy, la colonne des sédiments A a une épaisseur maximale (160 m) à Anfonia-Soamanandrariny (fig. 5-b). Dans la cuvette de Sambaina, nous connaissons l'allure et la composition de deux gisements, celui de Mandrosohasina à l'Est (fig. 5-a), celui d'Andranokely à l'Ouest : l'épaisseur des sédiments A n'y excède pas la trentaine de mètres et, dans les deux cas, par opposition au bassin d'Antanifotsy où ils reposent sur le socle, ces sédiments sont intercalés entre deux coulées basaltiques (mais aucun sondage n'a traversé la coulée de base pour nous renseigner sur ses rapports avec le substratum gneissique). Les mêmes sédiments A seraient absents du bassin d'Antsirabe (4).

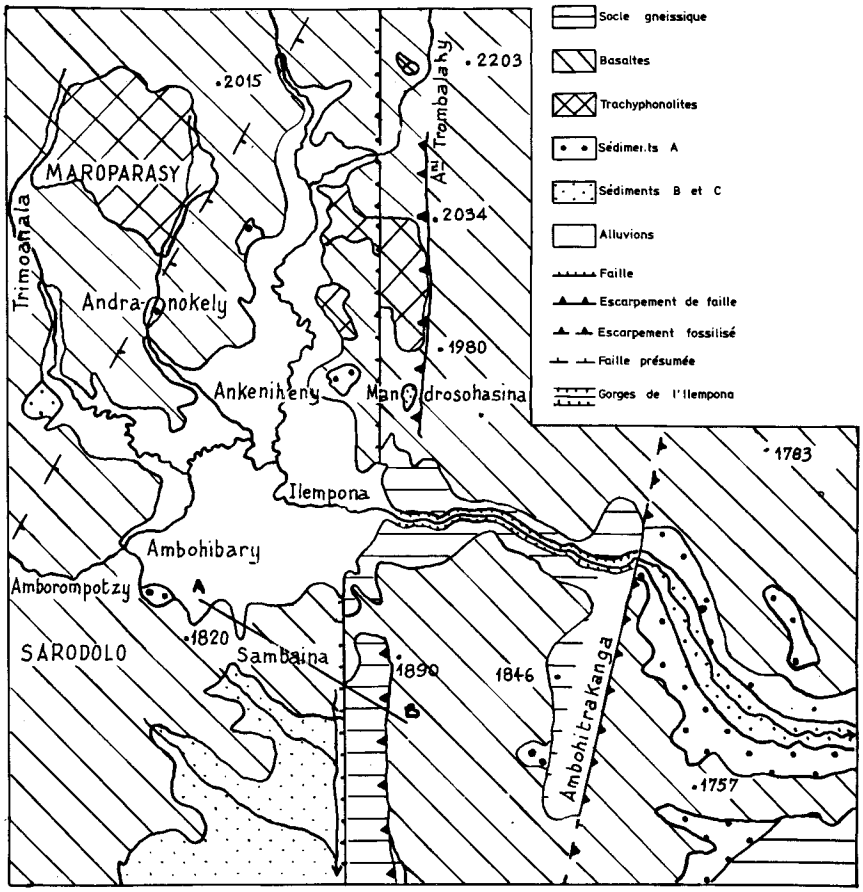


Fig. 2 CROQUIS MORPHOLOGIQUE DU BASSIN DE SAMBAINA

0 1 2 3 4 5Km

Les sédiments B et C (Tableau) sont largement représentés dans le bassin de Sambaina où ils combleraient le fond de la cuvette (B) et s'étageraient du niveau actuel de la plaine (1 650 m) à la côte 1 860 (C). Cette dernière altitude soulève deux problèmes : peut-on raisonnablement concevoir le déblaiement de 210 m de sédiments ? Quels ont été lors de ce maximum lacustre, les rapports entre les trois bassins ? En première analyse, ils semblent avoir évolué séparément : dans le bassin d'Antanifotsy, les formations B et C ne se rencontrent que sous forme de « terrasses » (A. Lenoble) dominant l'Ilempona et l'Onive à une altitude toujours inférieure à 1 620 m. Ces formations colmatent le bassin d'Antsirabe au-dessous de 1 700 m au Nord et de 1 550 m au Sud, le réseau hydrographique découpant ces séries en éléments de plateau entaillés d'une cinquantaine de mètres ; les couches sont parfois affectées de pendages voisins de 10-15° dus probablement à des déformations tectoniques postérieures aux dépôts.

Sondage d'Ankeniheny (Sédiments B) Tableau :

Argiles jaunes	1,0 m
Sables argileux	2,0 m
Argiles brunes	2,4 m
Argiles jaunes sableuses	2,0 m
Lignites terreux	1,4 m
Argiles brunes à débris végétaux	4,5 m
Argiles bleues sableuses	2,2 m
Argiles brunes	1,8 m
Argiles vertes sableuses	2,0 m
Sédiments de base	3,5 m
Socle gneissique	

C. *Volcanisme et tectonique*

1) La chronologie volcanique. — A. Lenoble (1938) a mis en évidence une évolution vers la basicité des produits des éruptions ankaratriennes. La succession des phases volcaniques s'établiraient en effet comme suit :

— après une première phase rhyolitique dont seuls témoignent de gros galets reposant sur le socle au fond du bassin d'Antsirabe, ont été mis en place d'importants épanchements trachytiques et trachyphonolitiques.

— ces derniers ont été partiellement submergés par la masse des basaltes lors de la phase principale d'activité volcanique.

— les épanchements d'ankaratrites de la troisième phase n'ont intéressé que le Nord du massif et les ultimes manifestations ont affecté ses confins méridionaux où des puys stromboliens ont émis des coulées de basanites et basanitoïdes.

Ce schéma général régit un cadre plus restreint puisque cette succession se retrouve sur les bordures de la plaine de Sambaina où les observations prouvent la postériorité des coulées basaltiques par rapport aux dômes et dômes-coulées

trachytiques et trachyphonolitiques (5). La phase basaltique majeure doit toutefois être dédoublée, eu égard aux données fournies par la sédimentation. La coupe de Mandrosohasina par exemple, indique l'intercalation des sédiments A entre deux coulées basaltiques et il semble que la deuxième période d'épanchements ait été à la fois plus tardive et plus importante que la première :

les sédiments B ne contiennent que quelques rares galets de basalte et les « éléments détritiques gneissiques » (A. Lenoble) y sont largement prédominants ;

au NE du bassin d'Antsirabe, la coulée basaltique d'Antsoatany repose sur ces sédiments C dont la sépare un loint de cuisson ;

l'association au sein des sédiments A de lignites et d'argiles à kaolinite pourrait témoigner d'une dominante acide du milieu lacustre, les bassins-versants étant alors moins riches qu'aujourd'hui en roches basiques (?).

2) Le rôle de la tectonique. — La rectitude de certaines lignes de relief, l'orientation remarquable de quelques axes hydrographiques, l'alignement des principaux appareils volcaniques, l'allure des limites des formations géologiques, suggèrent une intervention de la tectonique. Les différences altimétriques du socle ne sont certes pas des preuves formelles de l'existence de failles (C. Alsac, 1963) mais, en raison de la relative homogénéité pétrographique du socle, « le relief ne saurait être considéré tout entier comme dû à l'érosion différentielle » (P. Birot, 1963). C. Alsac reconnaît d'ailleurs deux directions principales de fractures : SSW-NNE et S-N. Les dislocations majeures intéressant le secteur étudié sont au nombre de trois :

— La faille méridienne de Betampona. Elle est, selon A. Lenoble, mise en évidence par une rupture de « pendage » dans les gneiss entre blocs soulevés et affaissés à l'Est d'Antsirabe. Le relief conserve une direction strictement S-N sur une trentaine de kilomètres jusqu'à l'extrémité septentrionale de la plaine de Sambaina. Sur la bordure orientale de cette dernière, le plan de faille est visible dans un vallon où, de part et d'autre d'une zone de broyage soulignée par une grande densité de fissures plus ou moins parallèles, affleurent le socle et les basaltes. Divers indices en montrent le prolongement : les forts contrastes altitudinaux du socle, la présence au pied de l'escarpement d'une « rigole » (P. Birot) qui correspondrait à une vallée de ligne de faille, l'affleurement en position haute des trachytes par rapport aux basaltes au Nord de la plaine (preuve décisive si la chronologie volcanique est confirmée). Au niveau de l'exutoire, un décrochement affecte l'escarpement ; il semble que ce dernier relève, comme nous l'a suggéré R. Battistini, d'un dispositif de failles parallèles en échelon.

— Un deuxième relief d'origine tectonique de direction SSW-NNE limite à l'Est le plateau au travers duquel l'Ilempona se fraye un exutoire ; dans le bassin d'Antanifotsy, le socle est fossilisé par les sédiments A à des altitudes voisines de 1 550 m tandis qu'il culmine vers 1 800-1 850 m le long de la crête de l'Ambohitrakanga et la faille qui dénivelle ainsi le substratum est accompagnée de mylonites (6) :

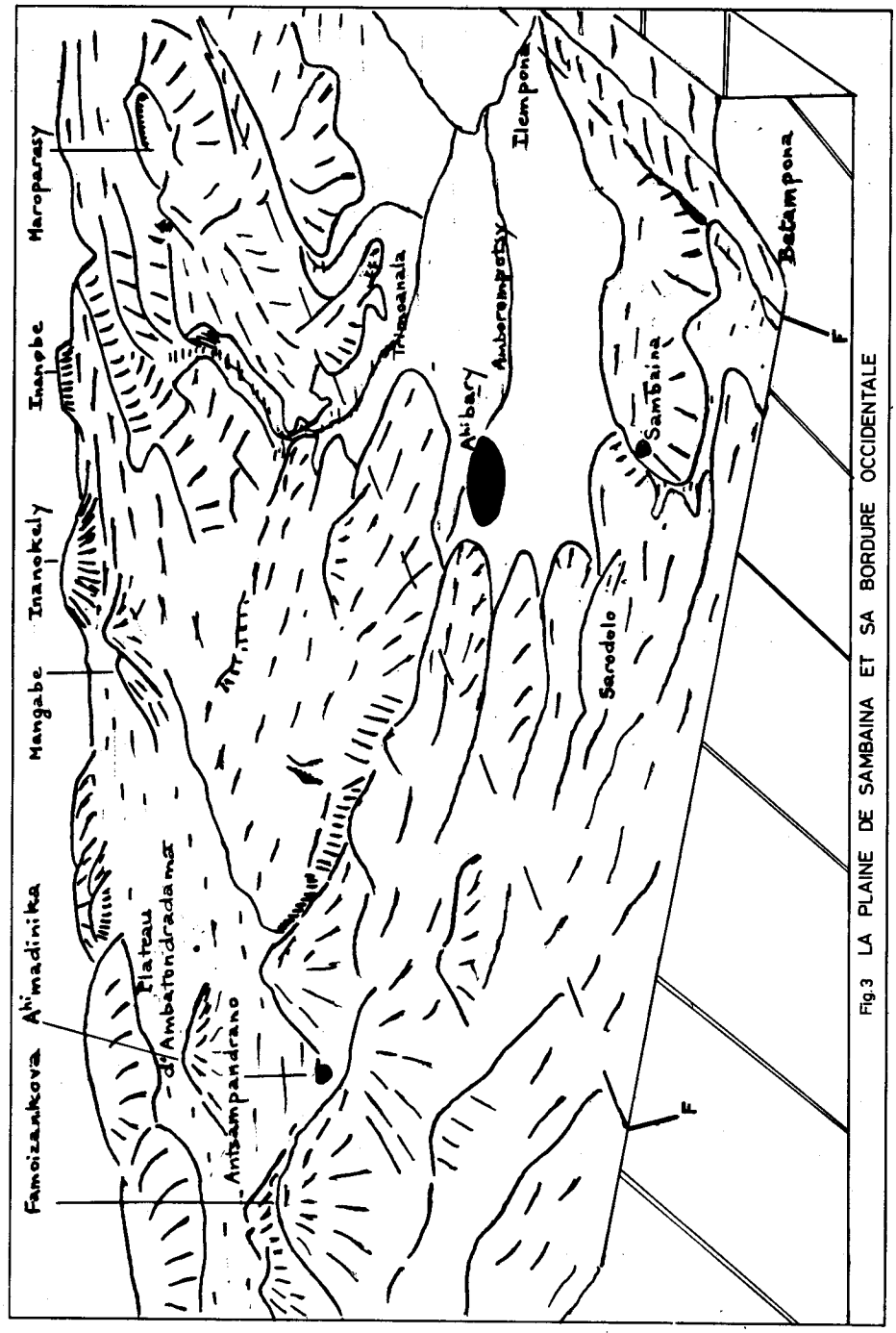


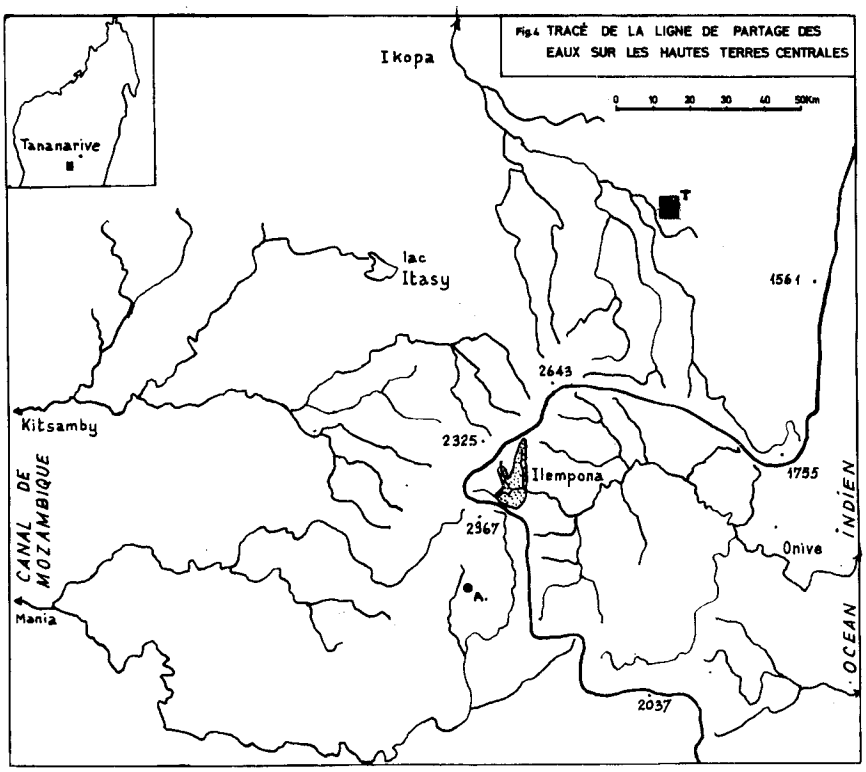
Fig.3 LA PLAINE DE SAMBAINA ET SA BORDURE OCCIDENTALE

— L'escarpement occidental de la plaine de Sambaina est généralement masqué par des coulées basaltiques et la localisation de la ligne de faille est, de ce fait, délicate ; le socle affleure exceptionnellement à Antsampandrano à l'altitude de 1 850 m sur le plateau occidental (soit une dénivellation de 220 m par rapport au fond du bassin de Sambaina) et A. Lenoble, près du lac d'Andranobe à l'Est d'Antsirabe, relève une différence altitudinale de 200 m sur une distance horizontale d'un kilomètre. Le horst que cette faille (ou ces failles ?) limite, domine à l'Ouest le bassin de Faratsiho (C. Alsac).

Dans tous les bassins, les dépôts de base sont corrélatifs des premiers mouvements de surrection : « conglomérats, graviers et sables », dépôts mal classés suggérant une subsidence rapide. Dans la cuvette d'Antanifotsy, la sédimentation A n'est que tardivement perturbée par les manifestations éruptives et aucun sondage ne plaide en faveur d'un barrage volcanique que rend, de surcroît, peu vraisemblable l'épaisseur des sédiments. La désorganisation du réseau hydrographique relève plutôt du jeu de la faille SSW-NNE qui limite ce bassin à l'Est. Cependant, dans le bassin de Sambaina, que l'examen des bordures fait apparaître comme un graben en coin largement évasé vers le Sud, la sédimentation A ne semble avoir débuté qu'après les premières éruptions que n'aurait pas alors connues le bassin d'Antsirabe où les sédiments A sont absents. Dès lors, le lac de Sambaina aurait une origine mixte.

3) Le rejeu de la faille de Betampona. — Suivant en cela Bertrand et Joleaud, nous accordons à la tectonique l'intervention initiale dans la création des trois bassins lacustres et A. Lenoble, qui insiste sur le rôle de la barrière volcanique de l'Ankaratra, reconnaît qu'il est « plus rationnel d'admettre que les mouvements tectoniques ont précédé les premières éruptions ». Une étude photogéologique complétée par des recherches sur le terrain (G. Noizet, 1962), a souligné l'existence sur le revers de l'escarpement du Betampona, de volcans dégradés : Ampamoizamasa, Baralahy, Ambohitatazana..., appareils dont la localisation est conforme à la logique des mouvements d'extension. Certaines de leurs coulées se sont épanchées vers le graben de Sambaina sans toujours en atteindre le centre puisque le sondage d'Ankeniheny indique que les sédiments B reposent sur les dépôts de base. La pente du profil transversal que représente le plan d'une faille normale retouchée par l'érosion n'excède pas 30-35° ; aussi, dans l'hypothèse la plus plausible d'un volcanisme post-tectonique, les coulées fluides peuvent-elles mouler l'escarpement de faille. P. Rognon a ainsi observé dans le Tibesti des « trapps descendant d'une cuesta de plus de 100 m de commandements en gardant, ou presque, leur régularité d'ensemble » (1967).

Le fait que les coulées basaltiques aient été dénivellées et forment la partie supérieure de l'escarpement, postule donc un rejeu de la faille de Betampona. P. Birot (1963) et C. Alsac (1963), invoquent respectivement à son propos un jeu récent et un jeu tertiaire ; nous pencherons pour un rejeu récent d'une faille tertiaire. L'argument de C. Alsac selon lequel une preuve formelle de l'ancienneté de cette faille est apportée par l'absence de toute dénivellation des terrains volcaniques situés au Nord de la plaine, ne nous paraît pas décisif : la faille du Betampona est, en effet, prise en relais vers le Nord par la faille occidentale du bassin de Sambaina qui, elle, n'aurait pas rejoué.



II. — LES VICISSITUDES LACUSTRES ET LA TECTONIQUE QUATERNAIRE

A: *Les « beines » lacustres*

1) Des témoins d'une abrasion lacustre. — Des replats remarquables par la constance de leurs altitudes, s'inscrivent sur les bordures de la plaine de Sambaina aux dépens des coulées basaltiques ; le socle gneissique lui-même, porte en quelques endroits d'étroites banquettes. Trois niveaux ont été ainsi reconnus à 1 800, 1 740 et 1 690 m qui, par-delà quelques risques de confusion avec des surfaces structurales de coulées, nous semblent correspondre à des plateformes d'abrasion lacustres ou « beines » d'érosion, qui se prolongent parfois à l'aval par des cônes sous-lacustres construits par les apports des rivières des bassins-versants et par les produits de sapement du rivage. Des indurations ont mis sous scellé ces formes et permis leur conservation et leur planitude n'est rompue que par l'incision de cours d'eau dont le profil longitudinal est très heurté en raison des changements de niveau de base : tel est le cas d'un ruisseau coulant au pied du village d'Antanambao sur le « piémont » oriental : juste avant de rejoindre la plaine (1 650 m), il dessine six méandres et une chute qui ne procède d'aucune raison structurale marque le point extrême où s'est fait sentir l'influence

de l'actuel niveau de base ; la portion du cours en amont de cette chute coule sur la beine inférieure (1 690 m) sur laquelle le ruisseau divague (pente de 0,15 %) alors qu'elle a cessé d'être « fonctionnelle ».

2) Des témoins de stationnement du lac C. — Les beines ont été façonnées pendant des périodes d'arrêt d'une régression du lac C, aux dépens de coulées basaltiques essentiellement, dont les plus récentes sont postérieures aux sédiments B. Les sédiments C sont déposés en cônes sous-lacustres à stratification entrecroisée, affectés de nombreux glissements intraformationnels (Fig. 6). Leur constitution étant directement influencée par les apports des affleurements voisins, toute succession ne peut être donnée qu'à titre indicatif :

· Gare de Sambaina (cote d'entrée : 1 690 m ; fond du sondage : 1 660 m) :

- Argiles jaunes
- Argiles rouges
- Argiles jaunes
- Argiles rouges
- Argiles violettes
- Tufs basaltiques
- Cinérites violettes
- Basaltes

Piste de Sambaina à Ankazandrano (cote d'entrée : 1 800 m) :

- Argiles jaunes
- Argiles grossières à éléments détritiques basaltiques
- Argiles grises à rognons ferrugineux et blocs basaltiques
- Argiles grises à éléments de mica et de quartz

Sondage 14 (cote d'entrée : 1 860 m ; fond du sondage : 1 852 m) :

- Argiles rouges
- Argiles grises
- Argiles rouges
- Cinérites
- Argiles schisteuses noires
- Basaltes (7).

Un élément de datation relative est fourni par deux sondages qui indiquent dans le bassin d'Antsirabe la présence de coulées basanitiques à la fois interstratifiées dans les sédiments C et en recouvrement sur ces derniers. Elles montrent clairement que le lac C est contemporain des dernières éruptions de l'Ankaratra limitées à cette annexe méridionale qu'est la région de Betafo-Antsirabe. Ce jalon chronologique est confirmé par l'importance des dépôts cinéritiques dans les sédiments C, notamment sur les bordures du bassin de Sambaina situé à une quarantaine de kilomètres à vol d'oiseau des puys stromboliens auxquels R. Battistini attribue un âge de 15 000-20 000 ans.

3) Les facteurs de l'abrasion lacustre. — Comme les beines d'érosion ont parfois une largeur de quelques 100 à 150 m, la puissance de l'abrasion peut surprendre. Trois facteurs militent en sa faveur :

— l'attaque des vagues dépend de la course du vent (son « fetch ») qui, elle-même, est proportionnelle aux dimensions du plan d'eau : celui-ci, lors du maximum lacustre (1 800 m) avait une superficie de l'ordre de la centaine de kilomètres carrés, soit le cinquième du lac Léman ;

— la nature du relief préalable : il ne peut y avoir de beines là où la côte est accore et nombre de coulées ont dû être simplement retouchées dans leur partie supérieure moins résistante que la partie moyenne, tandis que leur front favorisait le déferlement ;

— la nature du matériel : le façonnement des beines a été précédé par une période d'altération et d'ameublissement des roches qui, même à l'état sain, ne comptent pas parmi les plus résistantes (basaltes, voire en certains secteurs, trachyphonolites ou gneiss) (8).

B. *L'escarpement de faille du Betampona*

Le fait que les coulées basaltiques aient été faillées laissait entrevoir la possibilité d'un rejeu tectonique. La morphologie des bordures confirme cette hypothèse : la beine supérieure est, en effet, rarement identifiable sur la bordure orientale à l'altitude de 1 800 m. Le contraste entre les deux bordures qui ont naturellement évolué en fonction du même niveau lacustre, s'explique par le rejeu post-basaltique de la faille du Betampona qui a perché la beine supérieure par rapport à l'altitude à laquelle elle a été façonnée. Ce rejeu, brutal puisque les coulées n'ont pas été débitées en prismes, se place chronologiquement entre le façonnement de la beine supérieure et celui de la beine inférieure. Une analyse des niveaux montre que la beine moyenne se prolonge légèrement à l'Est de la ligne de faille en certains secteurs, sans être affectée d'une quelconque déformation. De surcroît, l'altitude des sédiments C du sondage 14 et leur position sur le flanc de l'escarpement, indiquent clairement que cette beine d'accumulation a été portée en altitude lors du rejeu dont la valeur est donc, localement, d'une cinquantaine de mètres.

La présence de vallons perchés qui, de place en place, griffent la partie supérieure de l'escarpement, milite également en faveur de ce rejeu récent. Modelés dans les basaltes, ils sont en continuité altitudinale avec des lambeaux de la première beine. L'absence de dépôts corrélatifs de cette deuxième tectonique, ce qui l'oppose à la première, peut s'expliquer par le triage exercé par la nappe d'eau. Ce rejeu, qui n'excède jamais la centaine de mètres, a exagéré l'escarpement qui, même lors du maximum lacustre, continuait à s'accuser dans la topographie. Il s'agit donc d'un escarpement de faille, hérité dans les sections où la beine moyenne a retouché sa base, et non de ligne de faille.

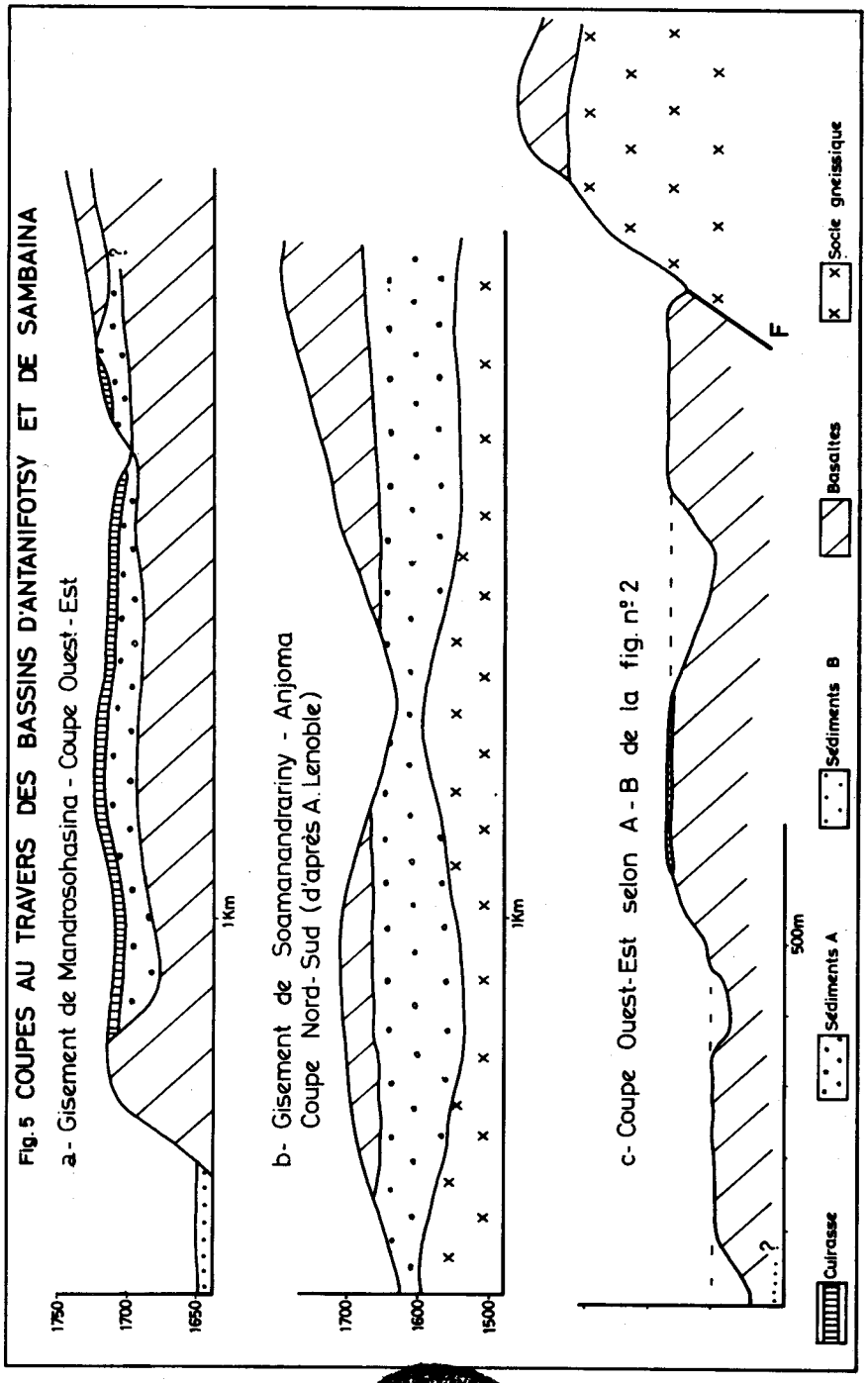


Fig. 5 COUPES AU TRAVERS DES BASSINS D'ANTANIFOTSY ET DE SAMBAINA
a- Gisement de Mandrosohasina - Coupe Ouest - Est
1750
1700
1650
1Km
b- Gisement de Soamanandrariny - Anjoma
Coupe Nord-Sud (d'après A. Lenoble)
1700
1600
1500
1Km
c- Coupe Ouest-Est selon A-B de la fig. n° 2
F
500m
Cuirasse
Sédiments A
Sédiments B
Basaltes
Socle gneissique

C. *L'exutoire*

« L'étude du relief du susbstratum... montre que tout le bassin de l'Onive évacuait ses eaux vers l'Ouest » (A. Lenoble). Le renversement du drainage serait, selon cet auteur, imputable aux perturbations introduites par le volcanisme dans l'évolution morphologique régionale. Il nous semble que l'écoulement des eaux vers l'Ouest a été interrompu par la surrection du horst séparant le bassin de Sambaina de celui d'Antanifotsy. Dans cette dernière cuvette, dont le plancher a une pente vers l'Ouest, ont stationné avant le renversement du drainage, les eaux d'anciens cours se dirigeant vers le Canal de Mozambique. Le réseau hydrographique s'est adapté naturellement au nouveau système de pentes créé par la tectonique et l'escarpement du Betampona a ainsi constitué une ligne de partage des eaux (9) avant le déversement tardif du lac C vers l'Est. C'est au droit du décrochement qu'est né l'émissaire de ce lac. L'abaissement du niveau lacustre est lié à l'entaille du seuil de l'Ambohitrakanga formé de paragneiss armés de bancs quartzitiques, seuil en amont duquel a été retenue une annexe du lac de Sambaina. En effet, le long des gorges d'Ampetsapetsa, subsistent des lambeaux de « terrasses » portant des sédiments C : la banquette supérieure est perchée à plus de 1 800 m, preuve que l'Ilempona est antécédente par rapport au rejeu de la faille du Betampona tandis que les deux autres niveaux se retrouvent aux altitudes de 1 740 et 1 690 m (Photo 2). L'Ilempona qui a ainsi rattaché la plaine de Sambaina au drainage Océan Indien, s'est encaissée dans les coulées basaltiques qui fossilisent le horst oriental, puis dans le socle sous-jacent ; son profil en long est loin d'être régularisé (fig. 7).

Seule l'antériorité d'un déversement vers l'Est paraît expliquer cette annexion de la plaine de Sambaina au bassin-versant oriental. La communication avec le bassin d'Antsirabe semble avoir été durable jusqu'à l'émersion récente des coulées basaltiques (10) formant actuellement barrage entre les deux plaines. Le problème de l'âge de l'exutoire méridional demeure, un certain retard dans l'équipement hydrographique de la cuvette d'Antsirabe-Antanetibe se manifestant par la subsistance de secteurs de rétention des eaux.

III. — LES OSCILLATIONS CLIMATIQUES ET LA MORPHOGENESE QUATERNAIRE

Une fine chronologie des séquences paléoclimatiques a été établie en Afrique orientale à partir des variations de niveau et d'étendue des nappes lacustres de la Rift Valley orientale au cours du quaternaire, nappes qui ont joué le rôle de pluviomètres naturels. L'exoréisme, quelque tardif qu'il nous paraisse, du lac de Sambaina et l'originalité des conditions climatiques des Hautes Terres malgaches, rendent malaisé tout rapprochement chronologique. Les preuves de variations climatiques ne sont cependant pas négligeables.

A. *Les témoignages pédologiques et géologiques*

1) Sols, paléosols et cuirasses.

— Faiblesse de l'altération pré-volcanique et pré-sédiments A : les conditions climatiques ne semblent pas s'être prêtées à une altération pédogénétique avant les premières éruptions et le dépôt des sédiments A et les sondages confirment les observations superficielles. C'est la constatation que fait R. Battistini (1964-b) : « En plusieurs endroits, on a l'impression très nette que les roches du socle n'étaient que peu ou pas altérées au moment du recouvrement volcanique. L'absence de sols latéritiques profonds au moment de la phase hawaïenne principale de l'Ankaratra, c'est-à-dire probablement au Pliocène... laisse supposer l'existence à cette époque d'un système d'érosion et d'un climat différents du système d'érosion et du climat actuels et de tendance nettement moins humide ». De même, les dépôts de base des trois bassins ont eu pour source la roche saine et non un sol vivant ou une altération ancienne. Il apparaît, au regard de l'évolution qu'a connue l'extrême Sud (et, notamment, la région d'Ampanihy) durant le Pliocène, et alors même que son climat devait être moins humide que celui des Hautes Terres, que l'altération profonde du socle et la formation d'une épaisse zone de départ, n'ont débuté qu'après la création des bassins.

— Paléosols : Avant la deuxième phase d'émissions fluides, le climat semble avoir favorisé une forte pédogenèse sur les bordures : un paléosol à structure polyédrique, fortement minéralisé sur gneiss, est fossilisé au-dessus des carrières de Morarano par une coulée basaltique. Il en est de même au N.E. du bassin d'Antsirabe où la coulée d'Antsoatany repose sur les sédiments B par l'intermédiaire d'un sol qui a subi dans sa partie supérieure, un phénomène de cuisson.

— Cuirasses : Des cuirasses ferrugineuses et bauxitiques sont recouvertes par les derniers sédiments A, notamment dans le bassin d'Antanifotsy. Il semble possible de les rapporter au climat à saisons contrastées qui « clôt le cycle pliocène et permet le carapaçonnement de la série néogène » dans l'extrême Sud (R. Battistini, 1964-A. La cuirasse qui indure les sédiments A de Mandrosohasina en épousant les irrégularités du substratum (fig. 5-a) daterait également, selon J. Hervieu, de cet épisode climatique ; on s'expliquerait ainsi la préservation de ces sédiments, pour laquelle A. Lenoble invoque « un concours heureux de circonstances ».

Les cuirasses subhorizontales que portent les beines (fig. 5-c) sont naturellement plus tardives : elles relèvent d'un processus décrit par R. Maignien (1956), d'enrichissement de la zone hydromorphe en hydroxydes qui ont cristallisé sous forme de sesquioxydes par abaissement de la nappe lors d'une régression lacustre. Des cuirasses identiques scellent les beines lacustres du lac Victoria (P. H. Temple, Evidence of lake-level changes from the northern shoreline of Lake Victoria, in Geographers and the Tropics, Liverpool Essays, 1964).

2) Les sédiments lacustres. — Quelques indications paléoclimatiques sont suggérées par des faciès sédimentaires.

— Ainsi, une épaisse tranche de sédiments A apparaît caractéristique d'une longue période de stabilité des pentes sous un couvert végétal dense favorisant l'élaboration de sols profonds et l'accumulation de débris argileux dans les bassins créés par la tectonique. La kaolinite qui représente un élément essentiel de la fraction argileuse, ne proviendrait pas du remaniement de la phase résiduelle de la pédogenèse exportée après disparition de la forêt ; il s'agirait d'un minéral de néo-formation en milieu acide où l'association de bancs de lignite et de kaolin est caractéristique. Les bassins ont connu des épisodes de prolifération de diatomées quand toute phase détritique était absente de la sédimentation et quand la silice était disponible en abondance. Ces apports de silice seraient à mettre en relation avec les modes d'altération s'exerçant sur les bassins-versants. Les informations paléo-écologiques fournies par les diatomées sont limitées par le manque de précision des sondages sur leur position stratigraphique. Toutefois les espèces, outre qu'elles sont caractéristiques d'eaux douces, révèlent un contraste entre le bassin d'Antanifotsy où les formes euplanctoniques (en particulier « Melosira granulata, M. italica, Cymbella dubravicencis... ») sont très largement prédominantes, et le bassin de Sambaina où une large zone marginale permettait le développement d'espèces littorales : « Fragilaria construens, Pinularia major, Gomphonema parvulum... » ; « Melosira granulata » n'a été retrouvée que dans le gisement d'Ambohibary dont, par ailleurs, A. Lenoble ne livre pas la composition.

— Les enseignements apportés par les sédiments B sont plus ténus. On relève toutefois un contraste entre deux types de faciès : la base reposant sur les conglomérats syntectoniques, est représentée par des sédiments organiques (argiles noires à débris végétaux et tourbes) et, dans le spectre pollinique, la primauté revient aux Cypéracées. Mais des apports détritiques ont interrompu la turbification des tourbières et la rétraction du milieu lacustre a été telle qu'un alluvionnement de type fluviolacustre a intéressé jusqu'au centre de la cuvette : argiles grises micacées alternant avec des lentilles de sable à stratification entrecroisée. La succession de ces deux épisodes sur une faible épaisseur (une trentaine de mètres à Ankeniheny) se justifierait par l'extension du milieu lacustre aux bassins de Sambaina et d'Antsirabe entre lesquels la continuité des sédiments B paraît assurée. E. Manguin conclut de l'analyse de la flore diatomitique à la présence dans ces cuvettes d'une masse d'eau importante durant une accalmie du volcanisme ankaratrien.

— Les sédiments C, détritiques pour l'essentiel, ont été fortement remaniés par les eaux et présentent de fréquents entrecroisements. Les argiles sableuses, parfois associées à des débris de concrétions ferrugineuses, constituent l'essentiel de la colonne. La dominante rouge à certains niveaux, pourrait s'expliquer par des alternances d'humectations et de dessèchements liées à des fluctuations de la nappe lacustre sous un climat à saisons contrastées (P. Birot, 1955). Quant à l'abondance du volcanosédimentaire cinéritique, elle témoigne de manifestations éruptives proches (Cf. infra II-a), de minces couches de diatomites interstrafifiées dans ces dépôts datent des brèves périodes d'assoupissement du volcanisme « betafien ».

— Les sédiments D à dominante organique (argiles tourbeuses), se seraient déposés dans un bassin peu profond, envahi par la végétation pendant une phase pluviale et alors que l'éxutoire était déjà fixé.

3) Les données paléontologiques. — Les sédiments D ont livré des ossements de la faune subfossile à Ankeniheny (« Archéolémurs » arboricoles, « Hippopotamus Lemerlei... »), ossements accompagnés de bois carbonisés. Ils indiquent « une disparition simultanée de la forêt et des subfossiles qui l'habitaient » (Perrier de la Bathie, 1913). Le même auteur, à propos d'un gisement identique proche d'Antsirabe, conclut d'une analyse des bois carbonisés, au caractère ombrophile de la forêt. La destruction de ce couvert végétal a entraîné un changement du système morphogénétique et l'hippopotame n'a pu, selon toute vraissemblance, survivre à une « augmentation importante de la turbidité » (R. Battistini et P. Vérin, 1966) de son biotope aquatique. Le gisement d'Ankeniheny est recouvert de 2 m d'alluvions ; dans un périmètre où la zone de départ blanchâtre est souvent à nu, le décapage d'une tranche de sol d'un mètre cinquante exigerait environ un laps de temps de huit siècles en vertu de l'indice de capacité érosive défini par F. Fournier (p^2/P), indice qui, quelque théorique qu'il soit, ne nous éloignerait guère des réalités historiques. La destruction de la forêt dans une région de transition du point de vue climatique a pu révéler un potentiel érosif jusqu'alors inexprimé. F. Bourgeat a noté, sur les Hautes Terres, un assèchement subactuel assez sensible. Eu égard à l'actuelle pluviométrie (1 500 mm à Ambohibary, 1 700 mm sur les pourtours de la plaine), c'est l'allongement de la saison sèche pour une même quantité d'eau, qui a pu créér un déséquilibre entre la forêt et le contexte climatique : ce déséquilibre a été parachevé par les brûlis qui ont permis à la capacité érosive du climat de s'exprimer avec un maximum d'efficacité.

B. *Les témoignages de la morphologie*

1) Le modelé du substratum. — Sous les dépôts lacustres A, le substratum gneissique a un « modelé très accidenté » (A. Lenoble), observation confirmée par R. Battistini qui « constate que le relief prévolcanique dans le socle était un relief très différencié » (1964-b). Le « revers » de l'escarpement du Betampona correspondrait à l'Est d'Antsirabe à un témoin de la haute surface des Tampoketsa (plateau de la Sahanivotra) mais P. Birot n'exclut pas son appartenance à la surface intermédiaire d'âge méso-tertiaire (1963). La surface infrabasaltique qui domine le bassin de Sambaina, porte quelques reliefs résiduels (comme la crête de l'Ambohitrakanga) ; ce niveau d'aplanissement ne nivelle donc pas « l'ensemble des structures massives... même différenciées » (F. Bourgeat et M. Petit, 1969) comme le fait la surface fondamentale ; il correspond soit à cette surface fortement rajeunie, soit plus vraissemblablement à la surface intermédiaire qui donne une « paléotopographie à inselbergs et pédiments » décrite par R. Battistini (1964-b).

2) Les beines. — Leur façonnement est à mettre en relation avec la vidange progressive et saccadée du lac C, des oscillations secondaires pouvant

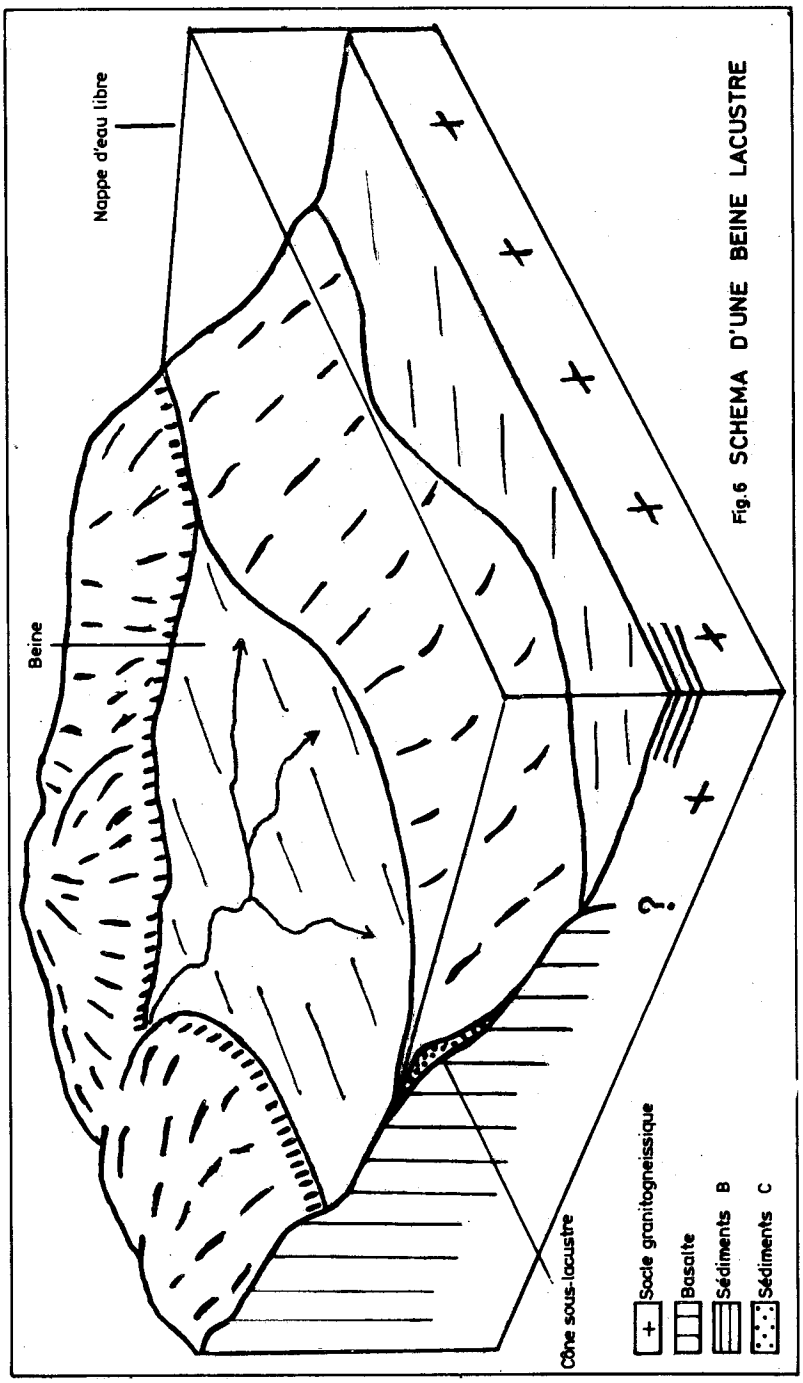


Fig.6 SCHEMA D'UNE BEINE LACUSTRE

interrompre la régression. La composition des sédiments, le cuirassement, la dissection par les « lavaka » (Cf. infra 3) suggèrent une coïncidence entre la régression et un displuvial et l'abrasion lacustre a été favorisée par l'altération du matériel des bordures pendant la période humide précédente. L'évolution du lac C de Sambaina est analogue J celle du lac Chilwa (Malawi) où l'abaissement du plan d'eau relève autant de la diminution de la pluviométrie que du drainage exoréique.

3) Les « lavaka ». — L'abaissement par saccades du niveau du lac C s'est accompagné de morsures d'érosion ; ainsi, au SE de la plaine de Sambaina, deux lavaka échancrent la beine moyenne et l'on observe le passage du fond de ces excavations à la beine inférieure. Les sédiments qui ont été découverts dans une de ces cicatrices confirment que les « lavaka » peuvent être des « agents naturels d'évolution des versants » (M. Petit et F. Bourgeat, 1965) en période displuviale.

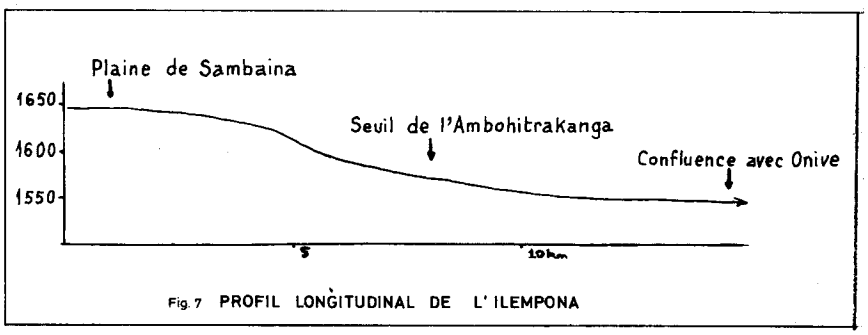


Fig. 7 PROFIL LONGITUDINAL DE L'ILEMPONA

C. *L'évolution plio-quaternaire : esquisse chronologique*

Les observations qui ont été faites dans le bassin de Sambaina et sur ses bordures s'inscrivent dans le tableau des variations paléoclimatiques du climat définies par R. Battistini dans l'extrême Sud (1964-a) et par M. Petit et F. Bourgeat (1972) sur les Hautes Terres. Malgré bien des incertitudes, la chronologie permet de « serrer » avec plus de précisions la morphogenèse du bassin étudié.

Tectonique	*Volcanisme*	*Sédimentation*	*Niveaux lacustres*	*Paléoclimats*
				Période sèche à aride du Pliocène moyen et inférieur
Création des bassins	Phase acide	Dépôts de base Sédiments A d'Antanifotsy	Lac A	Climat tropical humide du Pliocène moyen et supérieur
	Phase basaltique (II)	... et de Sambaina		
			Vidange du Lac A	Climat à saisons contrastées de la fin du Pliocène
		Sédiments B inférieurs	Lac B	Pluvial « prémoramangien » ?
		Sédiments B supérieurs		Displuvial « moramangien » ?
	Phase basaltique		Lac C	Pluvial ambovombien
Rejeu de la faille du Betampona		Sédiments C	1ère beine	
			2ème et 3ème beines	Displuvial sambainien (12)
		Sédiments D	Lac D	Pluvial post-sambainien
			Vidange du Lac D	Assèchement, climato-anthropique

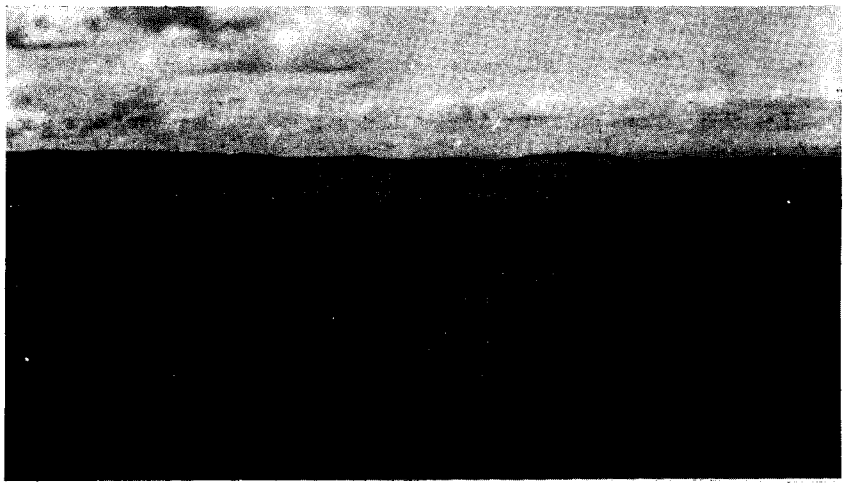


Photo 1 : *Le bassin de Sambaina, vu du Famoizankova ; l'escarpement du Betampona, à l'arrière-plan, est recoupé par la gorge de l'Ilempona.*

Photo 2 : *La vallée de l'Ilempona au sortir de la plaine de Sambaina : vue du Sud-Ouest.*

CONCLUSION

A propos du massif de l'Ankaratra, dès 1914, A. Carrier faisait « remarquer que les points où... (le socle) perce la couverture de basaltes, de trachytes ou de phonolites sont souvent à de très fortes altitudes que n'atteignent pas les autres sommets de l'Emyrne (Imerina) ». En fait, le socle n'affleure que sur le flanc NW du massif (C. Alsac, 1963) et sa position suggère une dissymétrie d'origine tectonique : en effet, la ligne de crêtes de l'Ankaratra est strictement alignée sur la faille occidentale de direction SSW-NNE du fossé d'effondrement dont la formation s'est accompagnée de la naissance de volcans mineurs sur ses bordures. Ce graben paraît être le pendant d'un horst volcano-tectonique à l'emplacement de l'Ankaratra dont la masse volcanique d'origine fissurale aurait été dénivelée au Pliocène.

Y. LAGEAT — B. PEYROT.

OUVRAGES CONSULTES

ALSAC C. (1963). — *Etude géologique et prospection de la feuille Faratsiho.* Trav. Bur. Géol. de Mad., N° 112.

BATTISTINI R. (1964-a). — *L'extrême Sud de Madagascar,* étude géomorphologique, thèse lettres, Ed. Cujas.

BATTISTINI R. (1964-b). — *Problèmes morphologiques du Vakinankaratra.* Madagascar, Revue de Géographie N° 5.

BATTISTINI R. et VERIN P. (1966). — *Les transformations écologiques à Madagascar,* Bulletin de Madagascar N° 244.

BERTRAND L. et JOLEAUD L. (1924). — *Sur quelques faits relatifs aux formations néogènes et quaternaires des environs d'Antsirabe,* C.R. Acad. Sciences 178.

BIROT P. (1937). — *Recherches sur la morphologie des Pyrénées orientales,* thèse Lettres, Ed. Billères.

BIROT P. (1955). — *Les méthodes de la morphologie,* coll. Orbis, P.U.F.

BIROT P. (1963). — *L'influence du climat sur la sédimentation continentale,* C.D.U.

BOURGEAT F. (1972). — *Sols sur socle ancien à Madagascar,* thèse Sciences, ORSTOM.

BOURGEAT F. et PETIT M. (1969). — *Contribution à l'étude des surfaces d'aplanissement sur les Hautes Terres centrales de Madagascar,* Annales de Géo.

CARRIER A. (1914). — *Le massif de l'Ankaratra et ses abords,* Ann. de Géo.

ERHART H. (1967). — *La genèse des sols en tant que phénomène géologique,* Masson Ed.

LENOBLE A. (1938). — *Sur la chronologie des éruptions volcaniques du massif de l'Ankaratra,* C.R. Acad. Sciences, CCVI.

LENOBLE A., MANGIN E., BOUREAU E. (1949). — *Les dépôts lacustres plio-pléistocènes de l'Ankaratra,* Ann. Géol. du Service des Mines de Mad., fasc. XVIII.

NOIZET G. (1962). — *Complètement photogéologique et au sol des feuilles Antsirabe et Antanifotsy,* Rapport annuel du Service Géol. de Mad.

PERRIER DE LA BATHIE (1913). — *Note sur le gisement de subfossiles d'Antsiravazo (Antsirabe),* Bull. Acad. Malg., XII.

RITTMANN A. (1963). — *Les volcans et leur activité,* Masson Ed.

ROGNON P. (1967). — *Le massif de l'Atakor et ses bordures,* thèse Lettres, Ed. du CNRS.

NOTES

1. Faculté des Lettres de Clermont-Ferrand.
2. Faculté des Lettres de Brazzaville.
3. L'essentiel de la matière de cet article est tiré de deux mémoires de maîtrise soutenus à la Faculté des Lettres de Tananarive en juin 1970. Les observations faites à l'occasion de ces travaux de débutants prétendent tout au plus suggérer quelques hypothèses.
4. Toutefois, un trachyte à sanidine, roche qui correspondrait à une phase volcanique précoce, recoupe la base du lacustre au Nord d'Antsirabe (G. Noizet, 1961). Faut-il reconsidérer la classification des sédiments ou la chronologie volcanique ?
5. Cependant, sur la bordure occidentale, un dôme trachytique d'une très grande fraîcheur, l'Ambohimadinika, pourrait témoigner d'une récurrence acide.
6. Ce renseignement nous a été communiqué par G. Noizet, Directeur du Service Géologique de Madagascar.
7. Nous reviendrons sur la position des sédiments C du sondage 14 : Cf. infra II-b.
8. C. Gorchkov et A. Yakouchova (Géologie générale, 1967) signalent, en omettant de préciser la nature de leur matériel, qu'en 5 ans, les rives d'une retenue sur le Don ont été entaillées en moyenne de 50 m et même, en certains secteurs, de 110-115 m.
9. Le horst étant basculé vers l'Est, les rivières du « revers » de l'escarpement rejoignent le bassin d'Antanifotsy, leur cours ayant pu ultérieurement être entravé par le volcanisme : les sondages révèlent la présence de sédiments A intercalés entre deux coulées basaltiques à Ankazondrano, à l'altitude de 1 789 m.
10. ... Coulées de la deuxième phase (post-sédiments B) puisque les deux bassins auraient été en relation permanente pendant la période de sédimentation B (A. Lenoble).
11. Une datation effectuée sur un basalte de l'Ankaratra central au K/AR a donné un âge de 5,5 M.A. (in G. Mottet : Types de reliefs volcaniques à Madagascar, extrait de la revue Auvergne, sans date).
12. Le displuvial sambainien a été défini par M. Petit et F. Bourgeat près de Manjakandriana, à l'Est de Tananarive. Son âge serait compris entre 35 000 et 10 000 ans, tranche de temps pendant laquelle prennent vraisemblablement place les ultimes manifestations volcaniques de la région Betafo-Antsirabe, contemporaines de la sédimentation C. Le décalage chronologique entre les Hautes Terres malgaches et l'Afrique orientale est considérable puisque displuvial sambainien et pluvial gamblien coïncident très exactement. Il convient de souligner les analogies entre les trois beines du bassin de Sambaina et les trois terrasses de la Rift Valley orientale qui sont datées de 35 000, 25 000 et 12 700 ans. Dans les deux cas, les niveaux lacustres se trouvent à des altitudes relatives équivalentes et, coïncidence, la terrasse supérieure est déformée. Cette absence de synchronisme appelle une remarque d'ordre général formulée par F. Bourgeat : « On est en droit de se demander si les dépôts lacustres africains correspondent obligatoirement à des transgressions et des pluviaux ou si, au contraire, ils ne résultent pas d'un assèchement et d'un comblement progressif des lacs à partir d'une côte maximum atteinte à la fin d'une transgression » (1972).