

LES FORMES DE TERRAIN DANS LA ZONE DE BELOBAKA (MADAGASCAR)

Reconnaissance sur photo aérienne en vue d'une cartographie géomorphologique

O. HELISOA*

ABSTRACT

The mapped region is situated in the crystalline center of Madagascar. Reference area have been observed in detail on aerial photography and in the field. There are three kinds of observed phenomena : present-day or recent erosion in the saprolite (lavaka, pseudo sinkhole, thalwegs with a reindeer horn or a fish-bone pattern), structural landforms (pseudo-appalachian relief, zone of fracture), residual landforms inherited from an ancient past.

RESUME

La région cartographiée est une partie du massif cristallin de Madagascar. Des zones-témoins ont été détaillées grâce à l'observation des photos aériennes et du terrain. Les phénomènes repérés relèvent de trois catégories : l'érosion actuelle ou récente du manteau d'altération plus ou moins épais (lavaka, pseudo-doline, thalwegs en bois de renne ou en arête de poisson), les formes structurales (relief pseudo-appalachien, champ de fractures), les formes résiduelles héritées d'un passé assez ancien.

INTRODUCTION

Le présent travail consiste en une reconnaissance sur photo aérienne du relief de la zone de Belobaka, préparatoire au lever d'une carte géomorphologique au 1/100.000. Cette reconnaissance permet de faire l'inventaire des phénomènes, d'en étudier la répartition et la fréquence et de préparer les recherches sur le terrain qui restent indispensables. Elle permet d'établir, en vue de ce dernier stade, un

* Actuellement, Laboratoire de Géographie Physique, Université, 7 place du 20 Août, 4000 Liège.

Ce travail est extrait d'un mémoire de maîtrise effectué en 1976, sous la direction de G. ROSSI, Lab. de Géogr. Tananarive, Madagascar.

premier jet de la carte et les fondements d'une légende à cette carte.

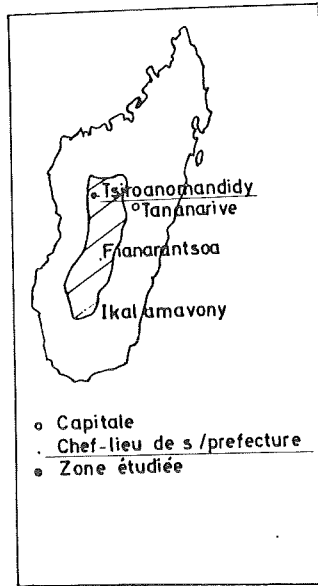


Figure 1 : Le moyen-ouest malgache

A la suite d'une prospection systématique menée sur l'ensemble de la région, une série de *zones-témoins* ont été sélectionnées qui seront l'objet d'une photo-interprétation plus détaillée avec, ensuite, une vérification sur le terrain. Chacune des zones-témoins illustre une ou plusieurs formes de terrain caractéristiques.

L'échelle des photos aériennes utilisées est le 1/40.000. La végétation de la région est constituée essentiellement d'un tapis de graminées avec, çà et là, quelques rares formations arbustives. Cette faible couverture végétale facilite l'observation du relief et notamment des phénomènes suivants :

- a) Les grandes lignes du relief soulignées par un faisceau de linéaments, d'origine structurale pour la plupart.
- b) Les traces, assez localisées, d'une érosion récente dont les formes sont soulignées par des contrastes dans le couvert végétal et, par conséquent, dans les grisés de la photo aérienne.

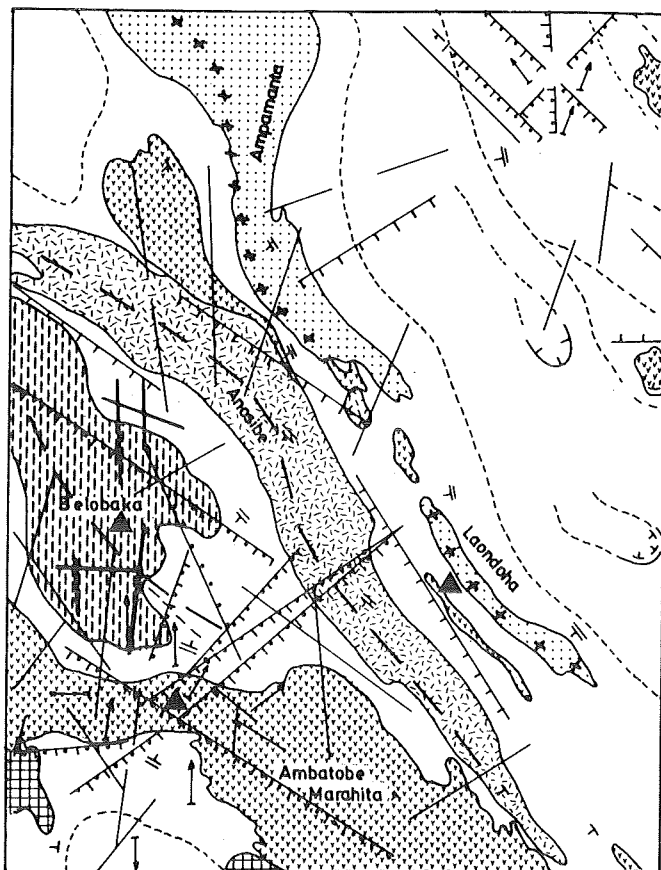


Figure 2 : Carte lithologique et d'analyse structurale de la région de Belobaka.

Légende : 1 : Ligne de schistosité des roches, 2 : Axe synclinal, 3 : Axe anticlinal, 4a : Ligne de broyage probable, 4b : Fracture, 5 : Ligne de faille mineure, 6 : Ligne de faille majeure POST-EOGENE, 7 : Basculement de bloc faillé, 8 : pendage inférieur à 50° , 9 : pendage supérieur à 50° , 10 : Roche de granitisation, 11 : Gneiss d'Anosibe et gneiss à biotite et hypersthène, 12 : Série des schistes et des quartzites, 13 : Migmatites à biotite et amphibole, 14 : Gneiss d'Ampamanta, 15 : Roches basiques reprises dans le métamorphisme, 16 : Emplacement de zone-témoin. Centre des photos aériennes étudiées.

La région de Belobaka représente la partie occidentale de la sous-préfecture de Tsiroanomandidy, province de Tananarive. Sa superficie est de 1386 km² environ. Elle fait partie du *Moyen-Ouest* dans les Hautes Terres malgaches (fig. 1). Cette zone est située complètement sur le vieux socle précambrien et est bordée à l'E. par la dite *pénéplaine de Mandoto* et à l'W. par le rebord occidental faillé du socle : *le Bongolava*. Les formations géologiques de cette région se rattachent à quatre ensembles caractérisés par leur niveau croissant de métamorphisme (selon le schéma classique de BESAIRIE, 1956) (fig. 2) :

- *Le système du Graphite* (migmatites à biotite et amphibole, quartzites d'Ampamanta ainsi que des roches basiques reprises par le métamorphisme).
- *Le système de Vohibory* (gneiss d'Anosibe, gneiss à biotite et hypersthène). Les roches dites de "Granitisation" (granite migmatitique, migmatite granitoïde, granite en lames).
- *La série des Schistes et des Quartzites* qui se rapporte au "massif schisto-quartzo-calcaire" représenté ici en discordance avec le vieux socle.

La zone étudiée présente l'opposition entre :

- d'une part la cuvette de Belobaka avec de larges bas-fonds dominés par des niveaux d'aplanissement locaux (798 m - 833 m), eux-mêmes en bordure de petits reliefs résiduels (Ambatonosy 922 m, Bezavona 976 m)
- et, entourant la cuvette, une vaste région bordière qui porte les plus hautes altitudes régionales et qui offre deux types de paysages : a) les massifs montagneux d'Ambaravaranalakely (au N.E.) 1155 m et d'Ambatotsitaitaika (au S.) 1201 m.
b) les alignements de crêtes montagneuses d'Ambatondrainizanamavo 934 m, d'Ambatofotsy 963 m, Saobera 1141 m, Laondoha 1156 m.

La région de Belobaka appartient à la zone climatique tropicale à deux saisons tranchées et d'importance égale : une saison sèche de mai à octobre et une saison des pluies de novembre à avril. Les précipitations orageuses y sont abondantes, ce qui confère à ce milieu

climatique une grande capacité érosive, surtout au début de la saison pluvieuse. La fragilité des sols mal protégés par une savane soumise aux feux de brousse favorise l'action des eaux de ruissellement et de soutirage, principaux agents de la morphogenèse actuelle. Au cours de la photo-interprétation, nous avons essayé de déterminer non seulement le rôle joué par ces agents mais aussi celui de la lithologie et de la structure, dont l'action conjuguée et prolongée a donné naissance à des reliefs résiduels.

Nous traiterons ainsi successivement des formes de dissection récentes, des formes structurales, des reliefs résiduels.

I.- LES FORMES DE DISSECTION RECENTES

Ces formes se retrouvent sur la plupart des photos aériennes étudiées. Elles peuvent être rangées en différentes catégories : les lavaka, les thalwegs en bois de rennes, les alvéoles, les thalwegs en arêtes de poisson.

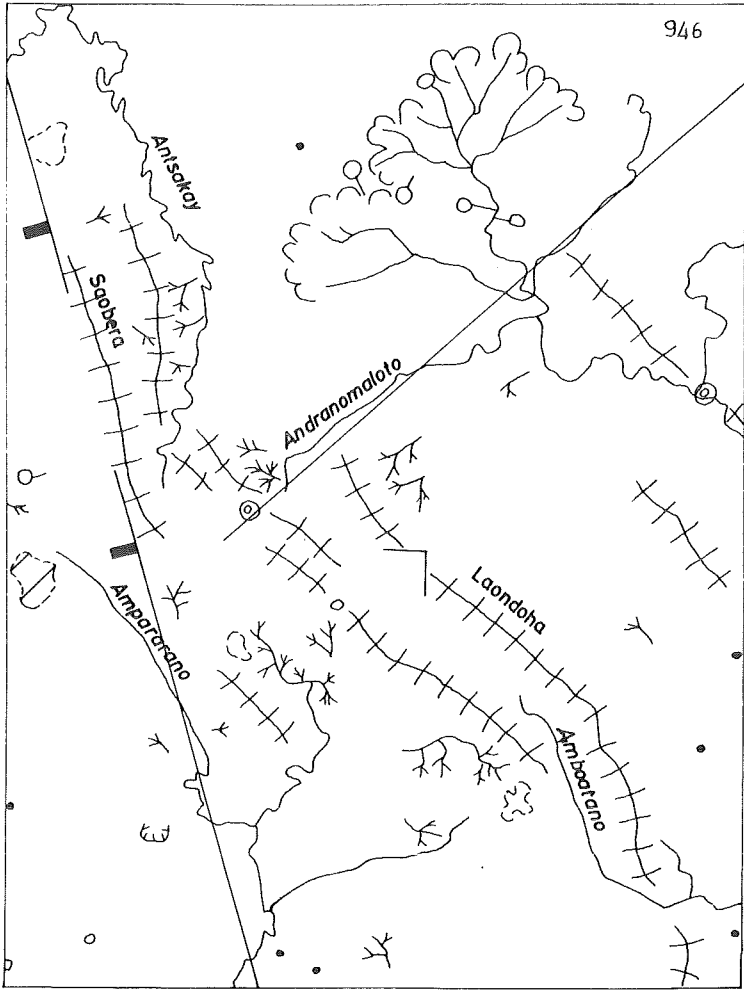
A- Les lavaka

Les lavaka sont des excavations en forme de cirque aux parois abruptes taillées dans l'épais manteau d'altération qui couvre les anciennes surfaces d'érosion. Ces formes sont, pour la plupart, encore en action. On distingue plusieurs types de lavaka, différenciés selon leur stade d'évolution :

- les *lavaka actifs* se signalent sur les photos aériennes par de longues traces blanches qui représentent les entailles profondes des ravins dans le manteau d'altération;

- les *lavaka mûrs* reconnaissables par leurs versants convexes et leur fond plat dû au colluvionnement : l'allure générale est celle d'un vaste fauteuil. Les ravins sont colonisés par un tapis herbacé. La plupart du temps, leurs formes sont composées de plusieurs lavaka coalescents (formes en trèfle).

- les *lavaka anciens* sont des formes mûres que la végétation arbustive est en train de coloniser : le modelé en fauteuil s'accompagne de teintes plus sombres. Certains de ces lavaka sont réentailés; des ravines fines, rainures blanchâtres, prennent naissance sur leur paroi.



- | | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|
| | RIVIERE | | LAVAKA ANCIEN |
| | RELIEF EN FORME DE CIRQUE | | A DEFINIR SUR LE TERRAIN |
| | PSEUDO DOLINE | | INADAPTATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE |
| | PSEUDO DOLINE DERIVEE D'UNE TETE DE VALLON | | CLUSE PSEUDO APPALACHIENNE |
| | RAVINEAUX (BAD-LAND) RIGOLES | | CRÊT |
| | LAVAKA ACTIF | | FAILLE FRACTURE PROBABLE |
| | LAVAKA MUR | | REGARD PROBABLE D'UNE FAILLE |

Figure 3 : Relief de dissection et reliefs pseudo-appalachiens de Laondoha.



Figure 4 : La zone des reliefs pseudo-appalachiens de Laondoha avec les principales formes de dissection qui affectent les Hautes Terres cristallines de Madagascar.

Les lavaka se sont quelquefois multipliés aux têtes de vallons et soulignent, dans ce cas, un gigantesque relief en forme de cirque.

B- Le paysage d'alvéoles et de thalwegs en bois de renne

Ce paysage est constitué de lambeaux d'interfluves plans et de larges vallons formant un réseau dense. Une série d'alvéoles ponctuent ces interfluves.

Les thalwegs en bois de renne

Les teintes gris foncé de leurs thalwegs soulignent un tracé ramifié et anguleux, presque orthogonal. Le faible encaissement leur donne une allure générale molle : leurs versants sont convexes et dominent un bas-fond dont l'extension en surface est d'autant plus marquée que le niveau de base local est proche. Ces vallées se terminent vers l'amont par des cirques qui, à la différence des lavaka, ont des versants convexes. Un profil transversal dénote une succession de petits gradins repérables sur les photos aériennes par des différences de densité dans la végétation (fig. 5).

Les alvéoles (pseudo-dolines)

Ces micro-reliefs se rencontrent dans différents sites, soit aux têtes de vallons, soit au milieu de certains versants, soit encore sur les interfluves. Ce sont des cuvettes de plusieurs mètres de diamètre au fond plat très légèrement concave. Leurs versants ont des formes adoucies, mais exceptionnellement leur pente peut atteindre plus de 60° (BOURGEAT, 1972). Le mode de formation de ces pseudo-dolines est encore mal connu ; la suffosion ou la déflation sous un climat plus aride ont été invoquées. Il existe par ailleurs d'autres formes alvéolaires à première vue différentes des pseudo-dolines.

L'ensemble de ces formes de dissection au profil adouci serait caractéristique de formations meubles, épaisses et relativement homogènes. Ces formations sont des altérites profondes, héritées d'une période climatique plus humide que l'actuelle.

C- Le paysage de thalwegs en arêtes de poisson

Ce paysage est caractérisé par une forte densité de ravines peu profondes qui entaillent les versants. Ces ravines au tracé presque

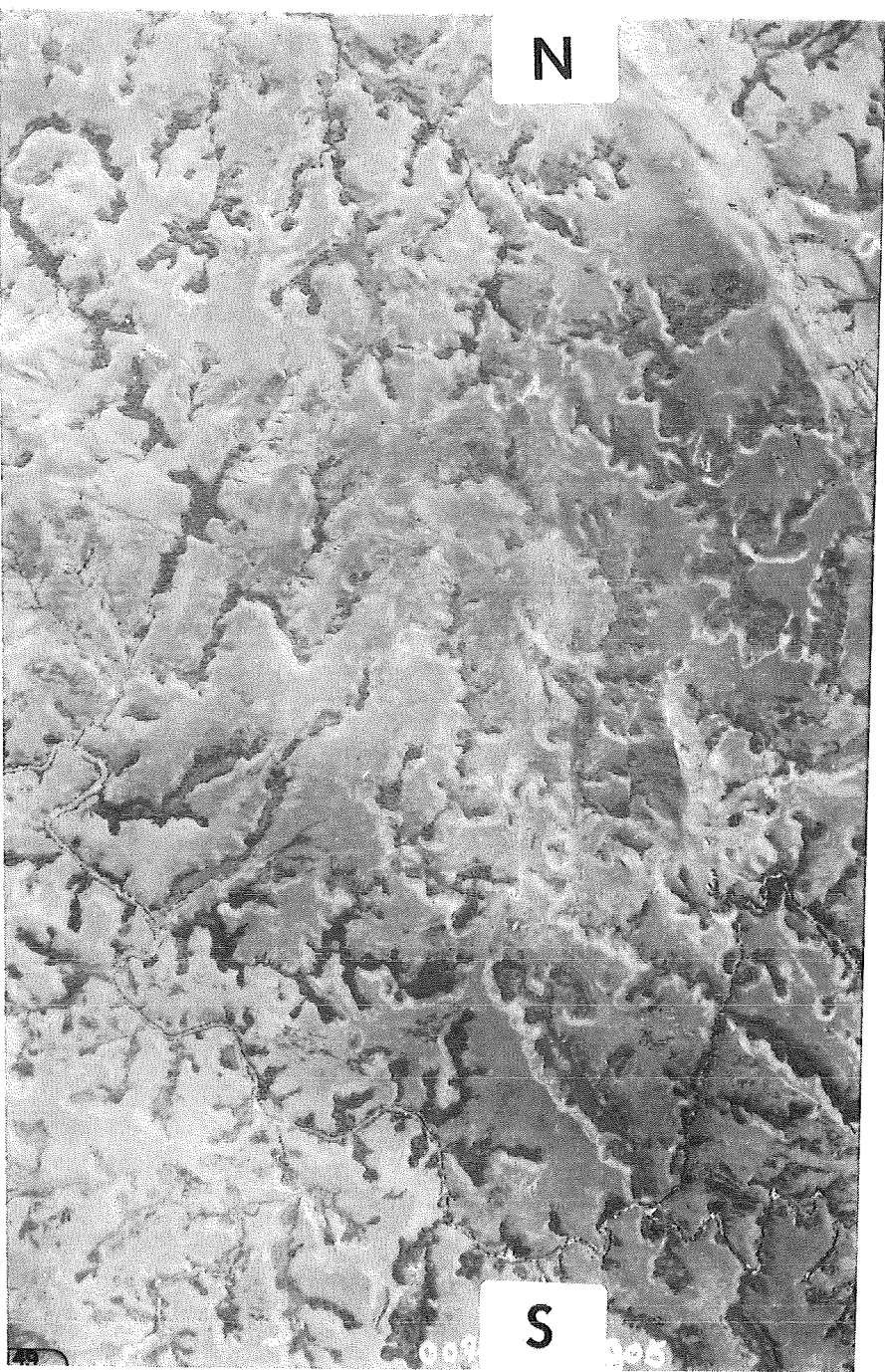


Figure 5 : La cuvette de Belobaka avec son réseau de thalwegs en bois de rennes et la vallée de l'itondy dirigés tous deux par des fractures de directions conjuguées isolant des reliefs résiduels. Au N.E. apparait le relief pseudo-appalachien de l'Ambaton-Drainizanamavo.

rectiligne font, avec l'axe principal, un angle très aigu. Ces rainures sont certes, en relation avec une forte pente favorable au ravinement. Elles sont aussi le reflet du matériel lithologique dans lequel elles sont élaborées : elles sont, en effet, peu profondes et atteignent le bed-rock qui apparaît en noir sur la photo. L'érosion torrentielle a évacué les éléments meubles et la roche sous-jacente est ainsi mise à nu. Cet ensemble morphologique est élaboré dans des formations altérées peu profondes reposant sur une roche fraîche peu perméable. Afin de permettre la comparaison entre les conditions favorables, aux thalwegs en bois de renne et aux thalwegs en arêtes de poisson, nous avons reporté sur un calque d'interprétation (fig. 6) les variations latérales de faciès de dissection le long d'un tronçon de la rivière Bedingadigana. On y voit que les thalwegs en bois de renne mordent directement sur les interfluves aux sols profondément altérés tandis que dans le bas des versants, à proximité de la rivière principale, les sols tronqués sont entamés par un réseau en arête de poisson.

II.- LES FORMES STRUCTURALES

Composition lithologique et accidents tectoniques se traduisent respectivement dans le paysage par : a) des lignes de crêtes associées à des masses rocheuses résistant à l'érosion (reliefs pseudo - appalachiens)

b) des tracés conjugués de lignes d'escarpements et d'alignements de vallées en rapport avec un champ de fractures.

A- Les reliefs pseudo-appalachiens (fig. 4)

On observe à travers la région de Belobaka plusieurs séries de lignes de crêtes parallèles, souvent dissymétriques. Ces reliefs se différencient non seulement selon leur direction - N.-S. d'une part, et N.W.-S.E. de l'autre - mais également dans les types de dissection récente qui leur sont associés et qui sont eux-mêmes, contrôlés par la nature et l'état d'altération du substratum.

- *Les crêtes de direction N.-S.*

Ces crêtes ont des formes adoucies. Elles s'estompent à mesure que l'on s'avance vers le S. Alors qu'au N., leurs versants sont intacts, une dissection en "arêtes de poisson" tend à s'établir vers le S. Les

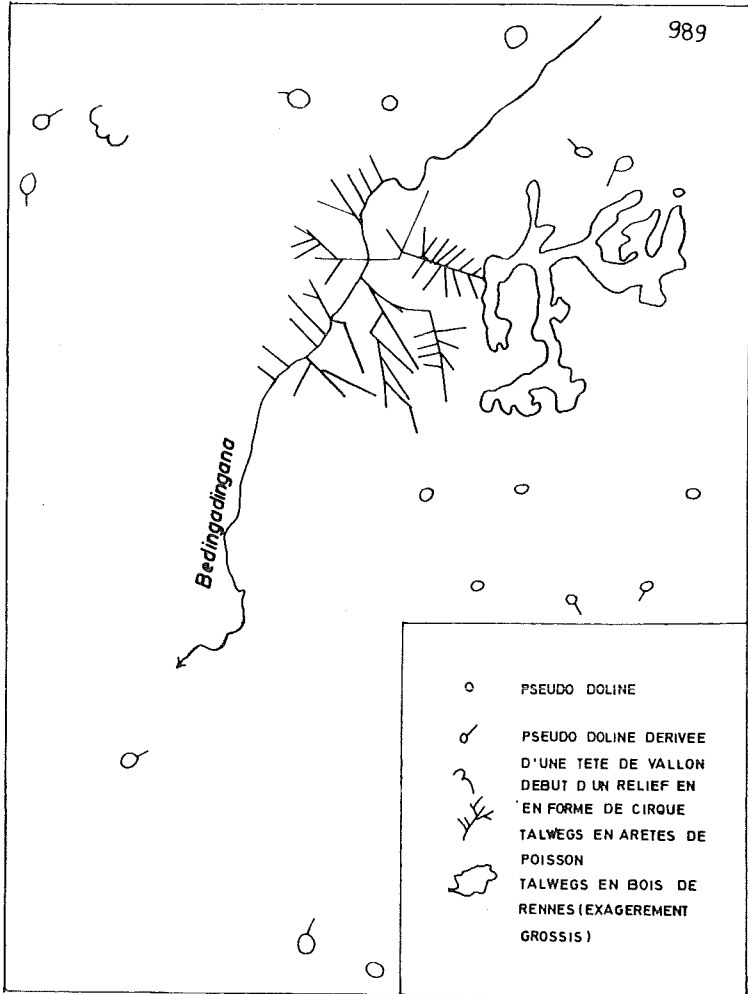


Figure 6 : Le site occupé par chacun des faciès de dissection récente dans une partie du bassin du Bedingadingana (voir texte).

sols y sont mis à nu d'où la couleur blanche qui caractérise les versants sur la photo aérienne. La présence de boules granitiques en affleurement confirme la faible épaisseur des altérites dans ce secteur. Leur raccord avec le paysage qu'ils dominent se fait par une concavité basale bien nette.

- *Les crêtes de direction N.W.-S.E.*

Ces dernières sont plus imposantes. La rivière Itondy les traverse perpendiculairement. Le modelé est assez différent de part et d'autre de ce cours d'eau.

- *La partie N.W.*

Deux groupes de crêtes aux versants légèrement dissymétriques formant entre-eux une large gouttière assez régulière. Le raccord entre les versants et le fond de la gouttière se fait insensiblement, le bas du versant étant taillé par des surfaces d'aplanissement. Des vallons à fond plat sont légèrement encaissés dans ces surfaces. A la tête des vallons, leurs versants sont affectés par des lavaka.

- *La partie S.E.*

Les versants de ces crêtes sont sculptés par des rainures assez profondes pour donner de minces interfluves aux formes molles et sur lesquels sont parsemées des boules. Leur raccord avec le paysage environnant se fait, ici aussi, par une concavité basale bien marquée.

Bien que de même composition lithologique, les deux zones de crêtes qui viennent d'être décrites présentent des formes de dissection différentes dues à des épaisseurs inégales du manteau d'altération, c'est-à-dire aux actions géomorphologiques antérieures.

Le réseau hydrographique épouse ces grandes lignes de crêtes montagneuses. Les cours d'eau adoptent des tracés rectilignes avec des angles de confluence proche de 90°. En effet, les cours d'eau ont tendance à couper les lignes de reliefs à la perpendiculaire mais finissent toujours par longer celles-ci.

Le terme de relief *pseudo-appalachien* est utilisé ici pour désigner le modelé résultant de l'érosion différentielle non d'un ensemble de roches sédimentaires peu évoluées mais d'un massif métamorphique présentant des zones de composition lithologique différente.

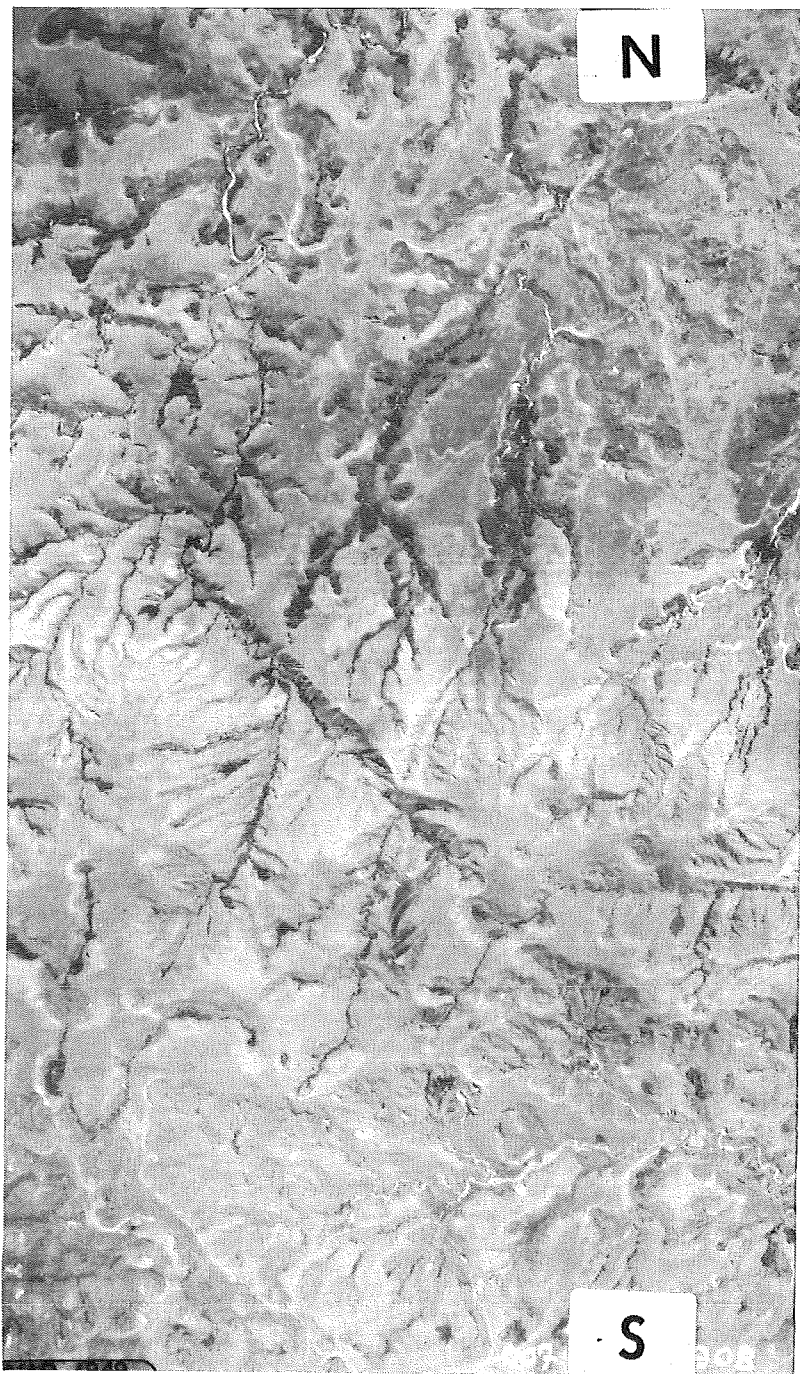


Figure 7 : Le champ de failles d'Ambatobe-Marahita.
Noter le contraste entre les versants sculptés par les ravines d'Ambatobe, au S. et au N. le réseau de thalwegs en bois de renne de la cuvette de Belobaka.

Les formes de relief présentées sur la photo de la figure 6 sont similaires aux exemples étudiés auparavant. Il s'agit d'une série de crêtes parallèles élevées, raides et dissymétriques. Les linéaments tectoniques soulignés par cette dissymétrie des versants évoquent une disposition de plis serrés déversés vers l'E. Leurs flancs externes, les plus marqués sont ciselés par des ravineaux qui y dégagent des crêtes aigües dénudées donnant ainsi un paysage de versants laniérés. Du côté de leurs flancs internes, dans des zones dépressionnaires, le réseau hydrographique forme un système de vallons aux versants en V et à fond plus étroit. L'ensemble constitue un système de thalwegs ramifiés en arêtes de poisson qui sont ici aérés. Ceci est dû probablement au fait qu'ils sont élaborés dans des formations altérées peu épaisses.

B- Les formes de relief dérivés de champ de fractures

Sur les photos des figures 5 et 7, la netteté des linéaments et le tracé du réseau hydrographique laissent entrevoir les effets d'une tectonique cassante.

La figure 5 présente une zone de thalwegs en bois de renne soulignant des directions privilégiées. Leur originalité réside dans le fait que la vallée principale forme un long couloir rectiligne dont l'extension en largeur et en profondeur est d'autant plus marquée que le niveau de base local est proche. Des teintes blanchâtres accusent les raccords des thalwegs en bois de renne avec les lambeaux d'interfluves plans : ce sont des parois abruptes qui, mises à nu, laissent entrevoir le matériel d'altération. L'analyse de ce paysage nous révèle :

- la régularité de la densité des thalwegs qui dénote des formations très altérées et par conséquent homogènes;
- le tracé en baïonnette des cours d'eau et notamment de l'Itondy, qui suggère l'existence de nombreuses lignes de fracture dont une direction principale N. 30° W. et une direction secondaire N. 45° E.

Ainsi les thalwegs en bois de renne sont-ils représentés par de longs couloirs qui seraient des lignes de failles ou de fractures où viennent se loger alluvions et colluvions. De plus, l'humidité y est conservée d'où l'existence d'une altération qui y est plus poussée par rapport aux zones environnantes.

L'examen stéréoscopique de l'exemple repris à la figure 7 révèle des plateaux disséqués réduits à des fragments d'interfluves à sommet plat. Ces derniers sont bordés par un talus raide et rectiligne commandé par des directions conjuguées (N. 45° W. - N. 70° E.). Le talus est, en outre, souligné par des arrachements. Notons que les diaclases sont quasi inexistantes. En effet, cette zone présente des interfluves sous forme de blocs de plusieurs km² de superficie. La faible importance des diaclases est à mettre en relation avec la nature lithologique de cette zone composée essentiellement de granites migmatitiques.

Cette région représenterait une zone de surface d'érosion affectée par des efforts tectoniques postérieurs à la phase d'élaboration de celle-ci. Leurs empreintes seraient des basculements autour d'axes à orientation divergente.

III.- RELIEFS RESIDUELS

A côté des formes structurales, il existe d'autres formes de terrain dominant les surfaces (d'érosion ?) environnantes. Toutefois, il semble qu'ici aussi, érosion différentielle et mouvements tectoniques ont apporté leur contribution dans cette morphogénèse.

La zone culminante d'Ambaravaranalakely est le centre d'un réseau hydrographique subradial. Les reliefs élevés y sont l'objet d'une reprise d'érosion active. L'origine de ce massif résiduel reste discuté : s'agit-il d'un fragment de surface très ancienne ou d'un bloc soulevé couronné par une surface nettement plus jeune ? Le réseau hydrographique local suggère, en effet, l'existence de fractures.

La cuvette d'Andakana, non loin de Belobaka (fig. 5), présente, de son côté, une série de petites buttes (600 x 200 m) aux formes arrondies. Elles ont été mises en relief grâce au dégagement de zones fracturées et altérées. Comme leurs altitudes ne concordent pas, l'alternative suivante se présente quant à leur agencement en surfaces d'érosion : plusieurs surfaces ou une seule affectée par un champ de failles.

CONCLUSION

La région de Belobaka est fortement disséquée et peu favorable à la détermination de surfaces d'érosion. Cette dissection est cependant

largement influencée dans son importance et dans sa nature par une forte altération chimique préalable et donc héritée d'une période où l'environnement lui était plus favorable : climat plus humide et probablement relief aux formes plus massives et aux pentes plus douces.

Nature des roches et fractures ont guidé cette altération et, de ce fait, la préfiguration du relief structural actuel. La différenciation topographique presque parfaite de certaines masses rocheuses laisse supposer que le rôle de l'altération chimique a été limité. D'autre part, l'altération a été encore plus limitée dans un passé récent puisque les horizons supérieurs du manteau d'altération ont été érodés sans que la décomposition pénètre plus avant dans le substratum (région aux thalwegs en arête de poisson où affleurent les boules granitiques).

BIBLIOGRAPHIE

- ALSAC, C., JOO', J. & MOINE, B., 1964. Contribution à l'étude métamorphique et structurale du Bongolava de Miandrivazo. *C.R. Semaine géologique*. Tananarive, p. 77-85.
- BESAIRIE, H., 1956. Lexique stratigraphique international. *Madagascar*, vol. IV, fasc. 11, Paris.
- BOURGEAT, F., 1972. Sols sur socle ancien à Madagascar : types de différenciation et interprétation chronologique au cours du Quaternaire. *Mémoires O.R.S.T.O.M.* n° 157, 335 p.
- DONQUE, G., 1975. *Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar*. Tananarive, 478 p.
- DUFOURNET, R., 1972. Régimes thermiques et pluviométriques de Madagascar. *Madagascar*, 20, p. 25-118.
- LAPAIRE, J.P., 1973. La cuvette de Belobaka, une unité régionale du Moyen-Ouest aux marges du Bongolava. *Madagascar*, 23, p. 9-59.