

**SUR L'ÉVOLUTION
DU MASSIF DE L'ISALO ET DU BASSIN DE L'ONTLAHY
(Sud-Ouest de Madagascar)**

Notes de géomorphologie

par M. SOURDAT *

I. — INTRODUCTION

L'affleurement des grès continentaux de l'Isalo — dernière formation du Karroo malgache — constitue dans le Sud-Ouest de l'île un ensemble de reliefs remarquables parmi lesquels on distingue un massif ruiniforme, un massif tabulaire et des dômes sableux.

La morphologie de ces massifs procède d'une évolution cyclique (DIXEY, 1958).

Les reliefs ruiniformes de la partie nord (1) pourraient dériver d'un niveau d'érosion crétacé terminal que DIXEY situait autour de 1.300 m. Les reliefs tabulaires témoignent d'un niveau d'érosion méso-tertiaire. L'enveloppe des dômes sableux représente une surface de pédimentation fini-tertiaire.

Le rajeunissement des vallées et les dépôts raccordés aux plaines côtières sont aepyorniens.

Comme l'ont noté BATTISTINI et DOUMENGE (1966), dans la partie sud (2), c'est la surface méso-tertiaire des tables qui culmine et doit être considérée comme niveau de référence de toute l'évolution morphologique ultérieure. Le niveau fini-tertiaire, celui des dômes, s'est développé et se développe encore à ses dépens. D'innombrables reliefs résiduels résultent de la dissection de l'une ou l'autre surface.

(*) Centre ORSTOM de Tananarive, Section de Pédologie.

(1) Au nord de l'interfluve Onilahy-Mangoky que suit la R.N.7.

(2) Au sud de l'interfluve Onilahy-Mangoky et de la R.N.7.

La hiérarchie de ces niveaux ne peut être mise en doute et leur datation, faute de s'appuyer sur une rigoureuse démonstration, s'insère dans un faisceau d'observations cohérentes complétées par les chronologies de BATTISTINI (Extrême-Sud, 1964), BATTISTINI et DOUMENCE (Isalo central, 1966), BOURGEAT et PETIT (Hautes terres centrales, 1969). Nous tenterons d'analyser dans ce cadre les détails du modelé, particulièrement de la partie périphérique du massif, et d'en tirer quelques conclusions.

II. -- GEOGRAPHIE DESCRIPTIVE (1)

1) *Les tables et les dômes*

Les tables sont situées presque toutes dans la partie sud du massif. Elles consistent en une série de buttes alignées entre celle du Vohimarina (1.143 m) au Nord, et celle du Tsitakabalala (939 m) au Sud (2). Leurs sommets sont rigoureusement plats et parfaitement alignés. La surface généralisée est inclinée de 4/1.000 vers le S.S.W. à partir de la côte 1.143 du Vohimarina. Elles portent des sols ferrallitiques et leurs bordures sont cuirassées.

La zone dite des « dômes sableux » est constituée en son centre par les pédiments des tables et culmine à 1 056 mètres au Col des Tapias. A la périphérie, les dômes proprement dits — Milioky, Miliokakely, Kelimilioky -- témoignent de la surface de pédimentation fini-tertiaire plus ou moins remaniée.

Les grès sont modelés et masqués par un complexe d'altération et de sédimentation dit « carapace sableuse » (3) qui porte des sols ferrugineux tropicaux. Le relief est constitué d'ondulations de grande ampleur définies par deux caractères :

- les pentes sont au plus égales à 4/100 et ne présentent aucune rupture ;
- les sillons ne présentent aucun creusement linéaire.

(1) I.G.N. cartes de Madagascar au 1/500.000^e, feuille n° 9, et au 1/100.000^e, feuilles n° G.H. - 56, 57, 58, en couleurs.

(2) Le massif de l'Isalo a été décrit à plusieurs reprises par BESAIIE (1949, 1953, 1954) dans ses grandes lignes. BATTISTINI et DOUMENCE (1966), SOURDAT (1967, diffusion restreinte), s'y sont intéressés de plus près. Les géologues S.P.M. l'ont prospecté en détail mais leurs publications sont confidentielles.

(3) Serv. Géol. carte de Madagascar au 1/100.000^e, feuilles F.G. - 57, 58, en couleurs.

2) *Le réseau hydrographie*

Les tables constituent le faite hydrologique de l'Isalo. Cela est particulièrement remarquable dans la partie sud où elles séparent les réseaux de la Taheza des deux Sakamare et de l'Imaloto, affluents de l'Onilahy.

Le haut réseau de l'Imaloto recoupe la frange ruinforme orientale d'Ouest en Est avant de s'infléchir vers le Sud pour rejoindre l'Onilahy. La topographie des tables exclut un réseau hydrographique. La topographie des dômes comporte typiquement un réseau embryonnaire formé par la coalescence des sillons ; nous verrons que ce réseau est aujourd'hui en partie suspendu au-dessus du réseau fonctionnel, en partie recreusé. Le réseau fonctionnel est lié au rajeunissement des formes tertiaires par des griffes très ramifiées.

3) *Aspect général*

La circulation en véhicule sur les dômes et même certaines tables de l'interfluve est aisée. Par contre les griffes de l'érosion aepyornienne sont généralement infranchissables et rendent l'accès des reliefs périphériques excessivement malaisé.

Les tables et les dômes portent sur sols meubles une savane herbeuse, tandis que les reliefs résiduels, les thalwegs où affleurent la roche et les éboulis sont favorables au développement et à la conservation des forêts de Tapias (*Uacapa bojeri*), des galeries de Pandanus et autres formations relativement denses.

III. — ANALYSE MORPHOLOGIQUE DU PAYSAGE

1) *Les surfaces et les témoins d'accumulation*

a. zones d'interfluve :

Nous admettons que la surface des tables constitue le niveau primordial noté S 1. Il a été disséqué au profit de la surface de pédimentation, enveloppe des dômes actuels, que nous notons S 2.

Au col des Tapias, le pédiment rejoint à quelques mètres près la surface sommitale tandis que la dénivellation s'accuse vers la périphérie (1) (fig. 1A).

(1) I.G.N. Photos aériennes, mission 001, photos n° 845-846.

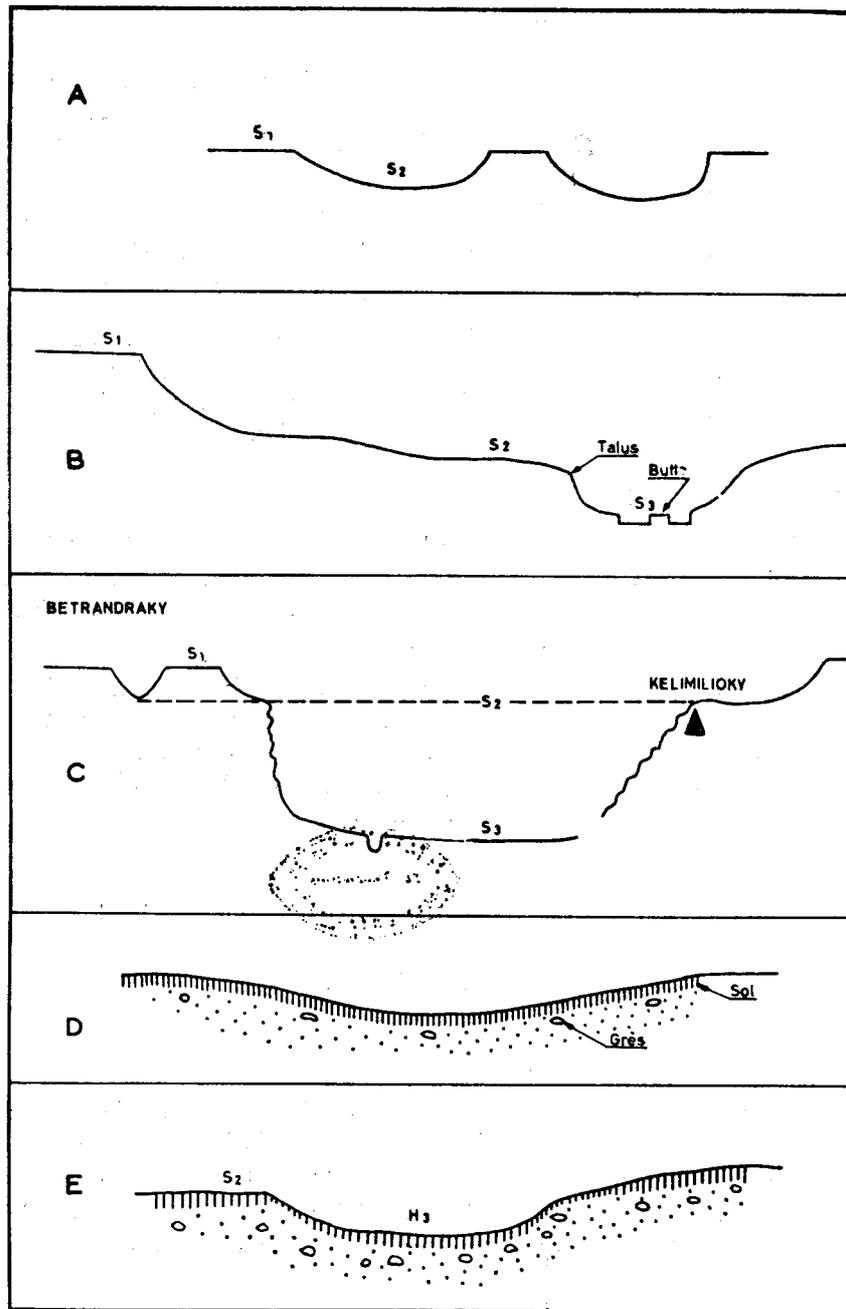


Fig. 1

L'extension des témoins du niveau S 2 est souvent limitée par des accidents tectoniques ou stratigraphiques au-delà desquels la topographie s'enfoncé brutalement : il y a donc un fait de conservation en alvéole. Ailleurs le pédiment fait place progressivement aux formes plus jeunes.

Le niveau S 2 a été raviné au profit d'une terrasse d'accumulation S 3 ; celle-ci est recreusée linéairement par le réseau hydrographique actuel. Le schéma de la figure 1 B évoque ce qu'on peut observer du pont sur lequel la R.N.7 franchit la Maninday : une butte témoin de S 3 est isolée dans le lit de la rivière et dominée de 25m environ par le talus de la S 2.

b. zones périphériques :

A la périphérie et particulièrement dans le bassin de la Sakamare, le réseau hydrographique s'est profondément encaissé et a régressé de telle sorte que seuls les thalwegs suspendus au 1/3 supérieur des canyons témoignent du niveau S 2. Le niveau S 3 n'est guère identifiable au fond des canyons, mais se développe largement en glacis d'accumulation aux débouchés.

Le schéma de la figure 1 C correspond à ce qu'on peut observer aux flancs du Betrandraky. Le niveau des thalwegs suspendus se raccorde à celui du Kelimilioky (S 2), dont la conservation semble due à un accident local. (Photos 001, n^{os} 832, 833, 834, 835).

2) Le réseau hydrographique



S'il a existé un réseau en rapport avec le niveau S1, il n'en subsiste aucun témoignage. Un réseau noté H2 est constitué par les sillons de S2, sans creusement linéaire. En aval, il est remplacé par des réseaux notés H3 et H4 selon un processus assez constant dont la rivière Ampio fournit un exemple.

La rivière Ampio (I.G.N. feuille 1/100.000 G-56) prend sa source dans les dômes (S 2) en écrétant de petites dépressions humides. Elle coule quelques temps au centre d'une large ondulation (fig. 1 D).

En aval, cette ondulation se déprime. Un lit, dont la largeur est sans rapport avec l'importance de l'écoulement actuel, se distingue de l'ondulation par un petit talus, dont la hauteur augmente vers l'aval. Ce thalweg correspond à un nouveau réseau que nous notons H3 (fig. 1 E).

Plus bas un creusement linéaire s'amorce très brusquement et détermine un ravin à bords nets, fonctionnel, noté H4. A la faveur de ce creusement, on constate que le niveau S3 est une terrasse d'accumulation en discordance sur les grès (fig. 2 A).

Plus encore en aval, le creusement mord en largeur jusqu'à faire disparaître parfois la terrasse S3, de sorte que le talus S2 se trouve de plus en plus haut perché, dominant directement le lit fonctionnel. Ailleurs la terrasse S3, au contraire, prend de l'ampleur. A Andranolava, on observe le schéma représenté sur la figure 2 B.

3) *Les reliefs résiduels*

En dehors du massif ruiniforme nord, il ne semble pas exister de reliefs résiduels au-dessus du niveau S1. Par contre, les reliefs résultant de la destruction de S1 sont nombreux au-dessus du niveau S2. La destruction de S2 présente deux modalités.

a. zones d'interfluve

Les dômes sont divisés en nombreux petits mamelons gréseux (R2) séparés par un réseau qui s'imprime fortement dans le niveau S2, sans toutefois le creuser.

Cette érosion particulière se manifeste, soit parce que l'écoulement est barré en aval, soit parce que la pente du réseau a été affaiblie par un cheminement par trop détourné.

Cela s'observe par exemple de part et d'autre de l'Ankazomanga, le réseau de l'Imaloto à l'Est ayant une phase de retard sur celui de la Taheza à l'Ouest (Photos 001, n^{os} 838-839) (fig. 2 C).

b. zones périphériques

Le creusement profond isole des reliefs résiduels combinés du niveau S1 et du niveau S2. Le haut bassin boisé excessivement ramifié de la Sakamare à l'ouest du Betrandraky, isole des lames gréseuses dont les crêtes se raccordent au niveau des thalwegs suspendus et des dômes de S2 (Photos 001, n^{os} 834-835) (fig. 2 D).

L'analyse que nous venons d'esquisser est fondée sur l'observation de quelques modelés typiques et des photos aériennes. Elle fournit un cadre aux interprétations locales.

On pourra cependant éprouver de grandes difficultés, surtout dans la partie nord des dômes — bassin du Fiherenana — en raison du fait que chaque cycle loin de n'imprimer son modelé caractéristique

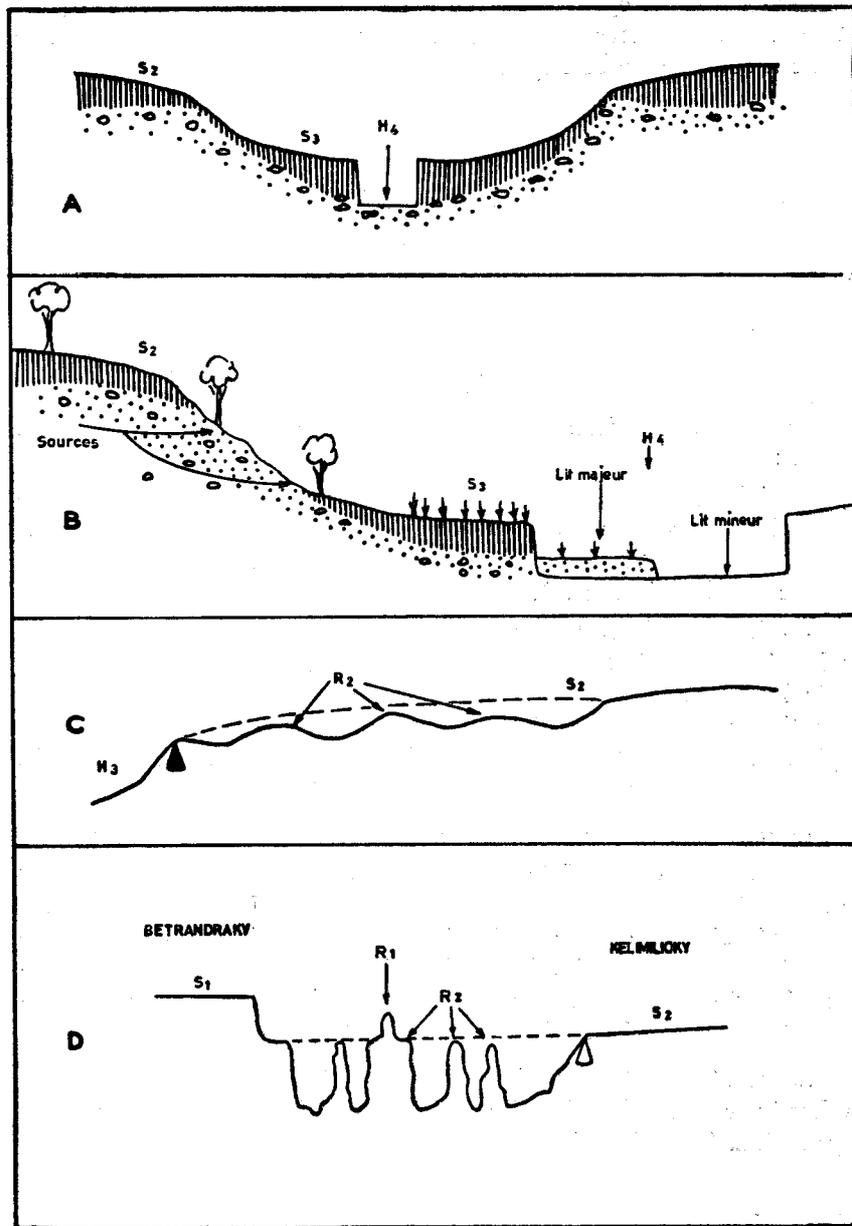


Fig. 2

qu'à un secteur limité, retouche également le modelé des secteurs adjacents hérités des cycles précédents. De plus la stratigraphie des grès, et peut-être de petits accidents tectoniques non répertoriés, contribuent à compliquer l'analyse.

IV. — INTERPRETATION : LES ETAPES DE LA FORMATION DU RELIEF

Nous voudrions attirer particulièrement l'attention sur l'existence, dans la zone périphérique, des thalwegs suspendus au niveau de la surface des dômes et dominant de haut le fond des canyons. Nous en concluons que l'encaissement du réseau de l'Onilahy s'est fait en deux temps :

— A l'issue du 1^{er} temps, après la dissection de S1 et la pédimentation, l'Onilahy et ses affluents ont couru à la surface du niveau S2, comme témoignent les thalwegs suspendus. Leur réseau était fonctionnel à la fin du Pliocène (1).

— A l'issue du 2^e temps, le niveau S2 a été brutalement entaillé et le niveau S3 s'est établi en contre-bas. Cet enfoncement n'a pu avoir lieu qu'à l'occasion d'un changement profond des conditions climatiques (biostasie-rhexistasie) et sous l'effet d'un abaissement rapide et important du niveau de base. Ce creusement illustre la grande phase d'érosion par laquelle débute l'Aepyornien.

Si l'on considère l'ensemble des paysages en aval de l'Isalo, on remarque que le « couloir d'Itambono » (I.G.N feuilles 1/500.000^e n° 11 et 1/100.000^e n° CDE-59) et son diverticule, la cuvette d'Ankazomanga témoignent de ce que devait être le cours de l'Onilahy (et par analogie du Fiherenana) à la fin du Pliocène : un cours large, faiblement imprimé à la surface du karst mahafaly, et accompagné d'importantes transgressions sableuses continentales.

La percée conséquente de l'Onilahy, qui a détourné à son profit le bassin versant de l'Itambono, est donc daté du premier cycle aepyornien. (idem le Fiherenana).

(1) Rappelons la définition de BAULIC (1952) qui éclaire les conditions dans lesquelles le modelé fini-tertiaire est apparu : « Le pédiment est modelé par un écoulement qui, constamment chargé à la limite ne peut se concentrer durablement et creuser, mais reste capable d'ablation ».

C'est au cours de ce même cycle que les nappes d'épandages pliocènes transgressives sur les karsts ont été isolées dans les interfluves : elles seront ultérieurement réduites aux seuls témoins que nous connaissons, celui du Befoly entre Onilahy et Fiherenana, celui d'Ampeha entre Fiherenana et Manombo (SOURDAT, 1970).

Il semble plausible de situer, en ce début de l'Aepyornien, l'activité principale de la faille de Tuléar. L'abaissement relatif du niveau de base au débouché de Barn-Hill aurait provoqué le creusement régressif et l'encaissement du fleuve à travers le plateau karstique, puis la dissection du bassin amont.

Le remblaiement partiel des vallées et le dépôt des « hautes terrasses rubéfiées » des fleuves seront reportés au second cycle aepyornien.

V. — RELATIONS ENTRE MORPHOGENESE ET PEDOGENESE

Deux considérations doivent être rapprochées. D'une part l'existence d'une hiérarchie de modelés, dont l'ampleur décroît avec l'âge, d'autre part, l'existence d'une série de sols dans lesquels l'altération des minéraux et l'individualisation des sesquioxydes sont de moins en moins intenses : l'évolution des plus anciens ne peut se concevoir que sous l'influence de climats plus chauds et plus humides que celui que nous subissons (SOURDAT, 1969).

Ainsi, au niveau S1, niveau de très grande extension qui a rigoureusement nivelé les grès correspond une couverture de sols rouges ferralitiques. Au niveau S2, niveau de moyenne extension, dont le modelé s'est adapté aux structures sous-jacentes correspondent des sols à sesquioxydes, que nous rangeons parmi les ferrugineux tropicaux (RIQUIER, 1968), mais qui semblent parfois très proches des faiblement ferralitiques définis par FAUCK (1964).

Correspondant au niveau détritique S3, niveau de faible extension dont le modelé est contingenté par les reliefs environnants, on trouve d'autres sols ferrugineux tropicaux, moins évolués semble-t-il que les précédents.

Les relations entre surfaces et sols sont complexes, et il faut se garder d'attribuer a priori aux uns l'âge des autres. Cependant, si l'érosion a pu, au cours des cycles anciens, niveler rigoureusement les grès, c'est vraisemblablement grâce à une « mise en condition » préalable de ceux-ci par l'altération pédogénétique profonde : désagrégation et hydrolyse de type ferralitique.

Au cours des cycles récents, cette mise en condition ayant été insuffisamment poussée, l'érosion n'a pas eu raison de toutes les roches et il en est résulté des reliefs résiduels ou des seuils dont nous avons noté le rôle morphogénétique.

Schématiquement, la morphologie résulte d'un certain degré de mise en condition du substrat. Ultérieurement, les sols évoluent sur le matériau rajeuni et sous l'influence de la morphologie du site.

Ces remarques consolident les réflexions que nous avons faites naguère, à l'issue d'une reconnaissance dans le massif ruiniforme nord (SOURDAT, 1967, diff. restr.).

Au centre de ce massif se trouvent des plateaux subhorizontaux que BATTISTINI et DOUMENGE (1966) ont interprétés comme des surfaces d'érosion homologues de celles du Col des Tapias. Cependant, nous remarquons d'abord que contrairement aux témoins du massif tabulaire (Tapias), les plateaux du massif ruiniforme ne sont pas alignés et qu'il n'est pas possible de les intégrer à une surface généralisée. De plus, de quelque endroit qu'on se place on ne décèle jamais de discordance angulaire entre leur surface et la stratigraphie des grès.

S'il existe sur ce massif des restes d'un nivellement méso-tertiaire se raccordant à celui des tables à l'Ouest et à l'Horombe à l'Est, ils devraient se trouver autour de la cote 1.200 m et être à peu près horizontaux. Or, les pentes du Korobe, du Kelihorombe, du Bekoaky, etc... atteignent 5/100 et se prolongent vers le bas jusqu'à la cote 700 m. De plus, les sols qui couvrent ces plateaux sont du type ferrugineux tropical, souvent érodés et sans trace d'une altération profonde. C'est pourquoi nous considérons ces surfaces comme adaptées aux structures et d'âge fini-tertiaire.

Quant à l'hypothétique niveau méso-tertiaire, nous ne pouvons lui rapporter que l'alignement des crêtes de la cote 1.200 m et les chaos de grès ferrugineux qui les jalonnent autour du point côté 1.213 en particulier.

S'agissant de grès ferrugineux et non de cuirasse sensu stricto, nous devons les considérer avec prudence ; toutefois nous voulons souligner combien ces chaos sont massifs et fort différents des fines couches de grès ferrugineux d'aspect vitreux, qui abondent dans les strates de l'Isalo. Ils présentent d'ailleurs un rapport $\frac{\text{silice}}{\text{alumine}} = 1,4$, nettement inférieur à celui des grès non altérés (2,0) et inférieur même à celui que présente la cuirasse d'une table du col des Tapias. Nous pensons donc pouvoir l'interpréter comme la trace d'une ferralitisiation à un niveau supérieur à celui du Korobe.

VI. — CONCLUSIONS

Tous ceux qui sont appelés à parcourir la R.N.7 à travers l'Isalo, et qui s'intéressent aux paysages malgaches pourront dans le cadre que nous venons d'esquisser, analyser eux-mêmes les éléments de la morphologie.

Les pédologues devront en tirer des conclusions plus précises. L'étude des sols en rapport avec le modelé aura tout lieu d'être développée.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BATTISTINI (R.) — 1964 — *L'Extrême-Sud de Madagascar. Etude géomorphologique*. Thèse de Doc. Lettres. Etudes malgaches n° 10 et 11, 636 p.
- 2) BATTISTINI (R.) et DOUMENGE (F.) — 1966 — *La morphologie de l'escarpement de l'Isalo et de son revers dans la région de Ranohira*. Madagascar, Rev. de Géog., n° 8, pp. 67-92.
- 3) BESAIRIE (H.) — 1949 — *Etude géologique des feuilles Ranohira et Sakaraha*, Tananarive, T.B.C., n° 3, multigr., 41 p.
— 1953 — *Le Sud du Bassin de Morondava*. Trav. Bur. Géol., n° 44, Tananarive, multigr., 93 p.
— 1954 — *Documents pour la géographie de Madagascar*. T. du Bur. Géol. Tananarive, n° 54, 275 p. et bibliogr.
- 4) BOURGEAT (F.) et PETIT (M.) — 1969 — *Contribution à l'étude des surfaces d'aplanissement sur les Hautes Terres centrales malgaches*. Ann. Géogr., t. 78, n° 426, pp. 158-188.
- 5) DIXEY (F.) — 1958 — *Observations sur les surfaces d'érosion à Madagascar*. C.R.Ac.Sc.t. 247, pp. 944-947. Notes de géologie malgache. Doc. Bur. Géol., n° 140, Tananarive.
- 6) FAUK (R.) — 1964 — *Les sols rouges faiblement ferralitiques d'Afrique occidentale*, C.R. 8^e congrès int. sur sols, Bucarest V, p. 547-557, bibliogr.
- 7) RIQUIER (J.) — 1968 — Carte géologique de Madagascar à l'échelle 1/1 000 000 ORSTOM, Tananarive, 3 feuilles en couleurs.
- 8) SOURDAT (M.) — 1967 — *Compte rendu de reconnaissance dans l'Isalo*. Mission combinée 2^e RPIMA - ORSTOM. ORSTOM Tananarive, multigr., 22 p., 18 photos, diff. restreinte.
- 9) SOURDAT (M.) — 1969 — Notes de climatologie descriptive. Région Sud-Ouest de Madagascar (Préfecture de Tuléar), ORSTOM, Tananarive, multigr., 27 p., 22 tableaux et 18 graphiques, bibliogr.
- 10) SOURDAT (M.) — 1970 — Sur deux témoins des épandages continentaux pliocènes et de la topographie fini-tertiaire sur les plateaux karstiques de la région de Tuléar. C.R. sem. géol., Tananarive et ORSTOM, Tananarive, multigr., 14 p.
- 11) BAULIG (H.) — 1952 — Surfaces d'aplanissement, *Ann. de Géogr.*, n° 326, juillet-août.

RESUME

L'affleurement des grès continentaux de l'Isalo, dernière formation du Karroo malgache, constitue dans le Sud-Ouest de Madagascar un ensemble remarquable de reliefs gréseux parmi lesquels on distingue un massif ruiniforme, un massif tabulaire et des dômes sableux. Après une description des principaux types de paysages morphologiques, l'auteur tente de reconstituer l'évolution cyclique. Les reliefs ruiniformes de la partie nord pourraient dériver de la surface du crétacé terminal. Les reliefs tabulaires témoignent d'un niveau méso-tertiaire. L'enveloppe des dômes sableux représente une surface de pédimentation fini-tertiaire. Le rajeunissement des vallées et des dépôts raccordés aux plaines côtières sont d'âge aepeyornien. L'évolution du réseau hydrographique est examinée, ainsi que les relations entre morphogénèse et pédogénèse.

SUMMARY

The outcrop of the continental sandstone of the Isalo, the last formation of the malagasy Karroo, constitutes in the southwestern part of Madagascar, an admirable group of sandstone mountains, among which we can distinguish a ruin shaped mass, a tabular mass and sandy domes.

The author, after describing the main types of morphological landscapes, tries to reconstitute this cyclopic evolution. The ruin-shaped mountains in the North might have their origin in the surface of the final cretaceous system ; the tabular mountains are proof of the existence of a meso-tertiary level ; the envelope of the sandy domes represents a surface of final tertiary pedimentation. The renovation of the valleys and the deposits related to the coastal plain belong to the eopyornian era. The evolution of the hydrographic system is examined and so are the relationships between morphogenesis and pedogenesis.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Zutagetreten des kontinentalen Sandsteins des Isalo, einer letzten Formation der madegassischen Karroo, stellt im Südwesten Madagaskars einen bemerkenswerten Komplex von Sandstein-Erhebungen dar, wobei man ein ruinenförmiges Massiv, ein Tafelmassiv und sandhaltige Kuppelberge unterscheidet. Nach einer Beschreibung der wichtigsten morphologischen Landschaftstypen versucht der Autor, die zyklische Entwicklung nachzuvollziehen. Der nördliche, ruinenförmige Teil könnte von der Oberfläche der späten Kreidezeit stammen. Der tafelförmige Teil zeugt von einem Niveau des mittleren Tertiär. Die Decke der sandhaltigen Kuppelberge stellt eine sich flach absenkende Oberfläche vom Ende des Tertiär dar. Die Ausläufer der Täler und der Ablagerungen, die in die Küstenbenen übergehen, sind eopyornischen Alters. Die Entwicklung des hydrographischen Systems wird untersucht, desgleichen die Beziehungen zwischen Morphogenese und Pedogenese.

RESUMEN

El afloramiento de las areniscas continentales del Isalo, última formación del karroo malgache, constituye en el Sudoeste de Madagascar un notable conjunto de relieves arenosos, entre los cuales se distinguen un macizo ruñiforme, otro tabular y cúpulas de arena. Tras la descripción de los principales tipos de paisajes morfológicos el autor intenta reconstruir su evolución cíclica. Los relieves ruñiformes de la parte Norte podrían derivarse de la superficie del Cretaceo terminal. Los relieves tabulares indican un nivel de la mitad del terciario y la envoltura de las cupulas arenosas representa una superficie de sedimentación de finales del terciario. El rejuvenecimiento de los valles y de los sedimentos aluviales enlazados a las llanuras de la costa es de época epiorniana. En el trabajo se estudia también la evolución de la red hidrográfica y las relaciones entre morfogénesis y pedogénesis.