

CENTRE ORSTOM DE

TANANARIVE

Section de Pédologie

SUR DEUX TEMOINS DES EPANDAGES CONTINENTAUX PLIOCENES

ET DE LA TOPOGRAPHIE FINI-TERTIAIRE SUR LES PLATEAUX

KARSTIQUES DE LA REGION DE TULEAR

M. SOURDAT

Pédologue

1970

29 DEC. 1968

O. R. S. Y. O. M.

Collection de Référence

n° 13639

EX 1

P L A N

I - Introduction

- 1) Originalité et intérêt de ces témoins
- 2) Situation et toponymie
- 3) Climatologie - Ecologie - Végétation

II - Etude des modelés

- 1) Morphologie karstique typique
- 2) Morphologie karstique imparfaite
- 3) Morphologie des calcaires marneux
- 4) Morphologie des témoins sableux
- 5) Etude de quelques contacts stratigraphiques
- 6) Hydrologie

III - Etude des sédiments

- 1) Granulométrie
- 2) Minéraux lourds
- 3) Grès ferrugineux.
- 4) Les sols

IV - Conclusions

x x x

Les déterminations minéralogiques citées dans cette étude ont été effectuées par C. GENSE (ORSTOM) et J.P. KARCHE (Faculté des Sciences) à qui j'exprime mes remerciements.

x x x

I - INTRODUCTION

1) Originalité et intérêt de ces témoins

C'est en examinant sous stéréoscope les photographies aériennes des plateaux de la région de TULEAR (1) que notre attention a été retenue par quelques unités topographiques qui se distinguaient nettement par leur modelé de l'environnement karstique. Il s'agit en effet de buttes, formées de matériaux meubles non apparentés aux calcaires éocènes - seuls cartographiés en ces endroits (2) - ou par l'association de ces matériaux meubles et d'un faciès particulièrement marneux des calcaires éocènes.

Ces buttes témoignent du passage de nappes d'épandage continentales à la surface du karst. Bien que ces formations azoïques ne puissent être exactement datées, leur situation, et leurs caractères sédimentologiques permettent de les situer par rapport aux autres matériaux continentaux répertoriés dans le sud-ouest de MADAGASCAR. Nous les attribuons au Pliocène. Leur présence implique d'intéressantes conclusions touchant la géomorphologie et la pédologie dans le sud-ouest.

2) Situation et toponymie

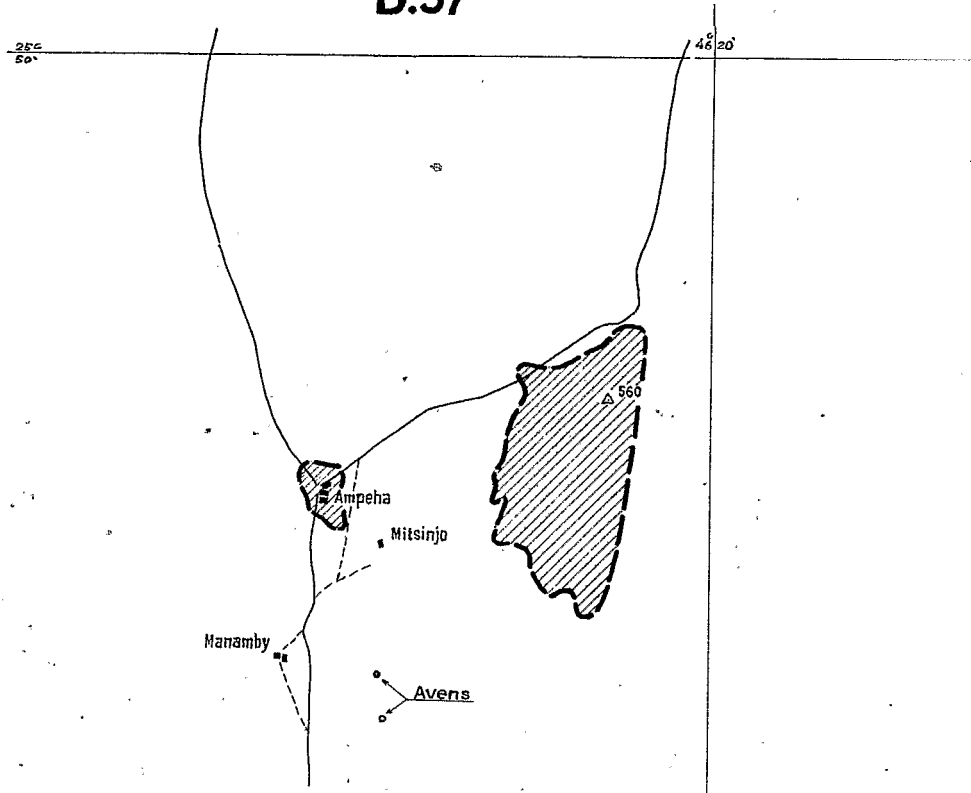
Les témoins que nous décrirons se trouvent sur les plateaux karstiques qui dominent la plaine côtière au N-E et à l'Est de TULEAR. Les uns entre la MANOMBO et le FIHERENANA ; les autres entre FIHERENANA et ONILAHY.

(1) I.G.N. - Couverture de Madagascar au 1/40.000, mission 001, photos n° 147-148 et 169-170-171.

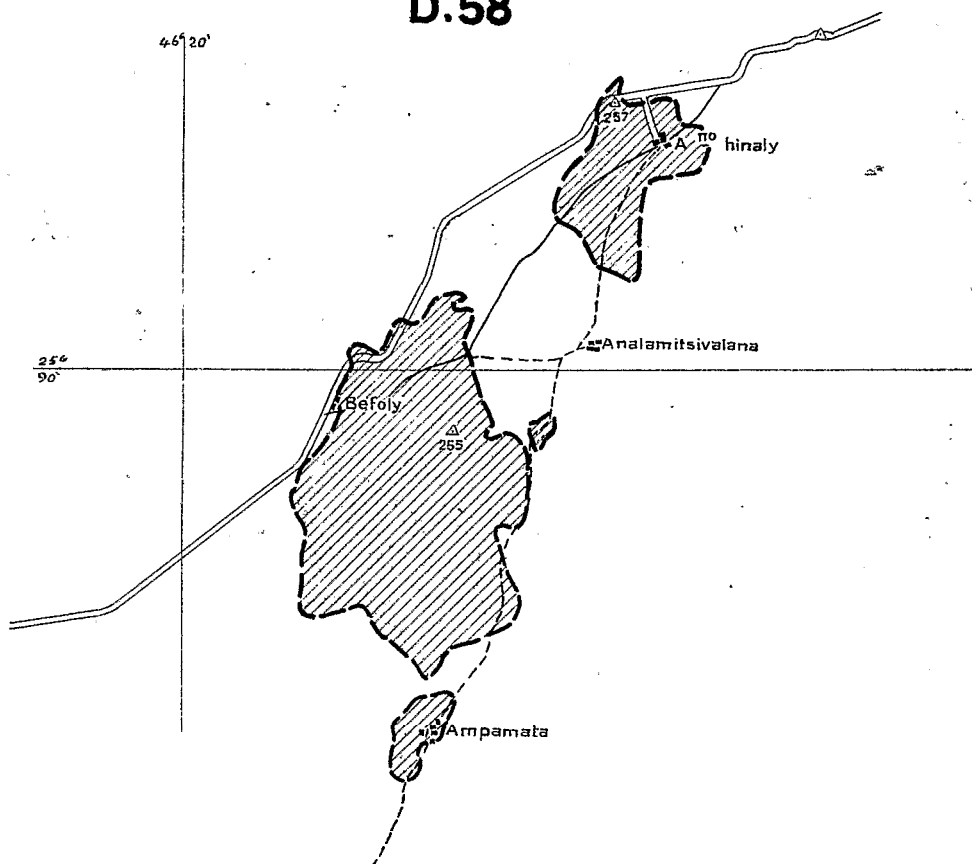
(2) Serv. Géol. - Carte de Madagascar au 1/100.000 en couleur, feuilles D-57 et D-58.

Extrait de la Carte I.G.N. au: 1/100.000^e

D.57



D.58



Le principal témoin nord est centré sur la cote 560, à 4 km à l'Est-Nord-Est du village d'AMPEHA (1).

Y = 46^g 18' 1g Est

X = 25^g 55' 1t Sud

Il est flanqué de la butte d'AMPEHA située en contre-bas de la cote 435.

Le principal témoin sud est centré sur la cote 255, à 1,7 km à l'est du village de BEFOLY (2).

Y = 46^g 24' 1g Est

X = 25^g 91' 1t Sud

Un autre s'étend entre les cotes 257 et 270 à l'ouest du village d'ANDRANOHALY et un troisième au sud-ouest d'AMPAMATA.

On pourra s'étonner du fait que deux témoins homologues distants de seulement 36 km soient situés à des altitudes très différentes. On constate cependant que les cotes du plateau karstique au nord du FIHERENANA s'élèvent très rapidement ; il s'appuie sur les flancs de l'ANALAVELONA qui culmine à 1343 m à 50 km au nord-nord-est d'AMPEHA. Le soulèvement de ce massif est en rapport avec un faisceau de fractures, dont certains rejets atteignent 500 m (BESAIRIE 1953).

...

(1) I.G.N. - Carte de Madagascar au 1/100 000 en couleur, feuille D-57

(2) I.G.N. - Carte de Madagascar au 1/100 000 en couleur, feuille D-58

3) Climatologie - Ecologie - Vegetation

Le climat est celui de la région sud-ouest littorale dite "aride mégathermique". (SOURDAT, 1969-2). La texture très grossière des sols qui couvrent les buttes leur confère les caractères écologiques des "sables roux" (HERVIEU, 1959 - SOURDAT, 1969-1). Il est tout à fait remarquable de trouver sur la butte de BEFOLY un îlot de *Didierea madagascariensis*, au milieu de la forêt sèche. La butte d'AMPEHA par contre porte une savane arborée du type le plus commun dans le sud-ouest (*Hétéropogon contortus*, *Poupartia caffra*, etc...).

II - ETUDE DES MODELES

1) Morphologie karstique typique

L'extension de la morphologie karstique coïncide avec l'affleurement des calcaires à alvéolines de l'Eocène ; son aspect est d'autant plus typique que les calcaires sont plus purs et que le réseau hydrographique est moins organisé. Ainsi au nord de la cote 560, sur 20 km en direction d'ANTROKOMBO s'étend un plateau aréique typique, criblé par une multitude de dolines. A proximité sont les deux avens de MANOMBY (DUFLOS, 1965).

La surface se partage entre lapiaz vifs ou virtuels ; ceux-ci sont couverts par un sol homogène de teinte rouge très vive qui correspond à l'ancien concept de terra-rossa (FAO, 1960 - PLAISANCE & CAILLEUX, 1958). Ils sont tributaires en effet en partie des matériaux détritiques issus des buttes en partie de la décalcification in situ ; il y a lieu de penser que leur genèse est antérieure à l'établissement du climat actuel (SOURDAT, 1969-2).

2) Morphologie karstique imparfaite

Au Sud de la cote 560 l'hydrographie s'organise vers le FIHERENANA à la faveur des failles. De même dans la région de BEFOLY qui occupe l'intervalve FIHERENANA-ONILAHY. La karstification est moins nette et moins généralisée : les rapports entre roches et sols sont confus. Les terra rossa cèdent la place à des sols plus récents de type calcimorphe (1).

3) Morphologie des calcaires marneux

Dans la région de BEFOLY s'observe un faciès particulier de l'Eocène : un calcaire marneux, jaunâtre, riche en gros mollusques.

Fossilisée par les sables, cette roche conditionne à la base des buttes des phénomènes d'hydromorphie. Dégagée par l'érosion des sables, elle constitue des croupes exemptes du modelé karstique. Il est certain que cette roche n'a été préservée de la karstification ou de l'érosion que par son manteau sableux : ses affleurements actuels marquent donc à peu près les limites de l'extension ancienne des sables.

4) Morphologie des témoins sableux

Le témoin de BEFOLY est remarquable par ses talus nets et redressés sur plusieurs faces. Les autres témoins sont moins nettement délimités et s'entourent d'auréoles colluviales.

(1) Les grands avens de TOLIKISY (DUFLOS, 1965) ne se trouvent qu'à 10 km au Sud de la cote 255, mais sont dans un compartiment de faille différent.

5) Etude de quelques contacts stratigraphiques

a) Contacts sables / calcaires marneux

Dans l'angle nord du témoin de BEFOLY on observe la coupe suivante (fossé 422).

De 0 à 150 (~~15~~) cm, horizons d'un sol ferrugineux tropical sur sables continentaux : texture sablo-argileuse et couleur rouge vive (2,5 YR 4/8 MUNSELL).

A 105 cm environ se situe une limite brutale et irrégulière : les sables ravinent une couche d'argile légèrement sableuse de couleur brun-vif (7,5 YR 5/6 MUNSELL), très fortement structurée en éléments prismatiques larges, très fermes et cohérents. Elle est par endroits plus riche en sables grossiers ; il existe aussi des poches de calcaire blanc pulvérulent, particulièrement à la limite de l'horizon suivant.

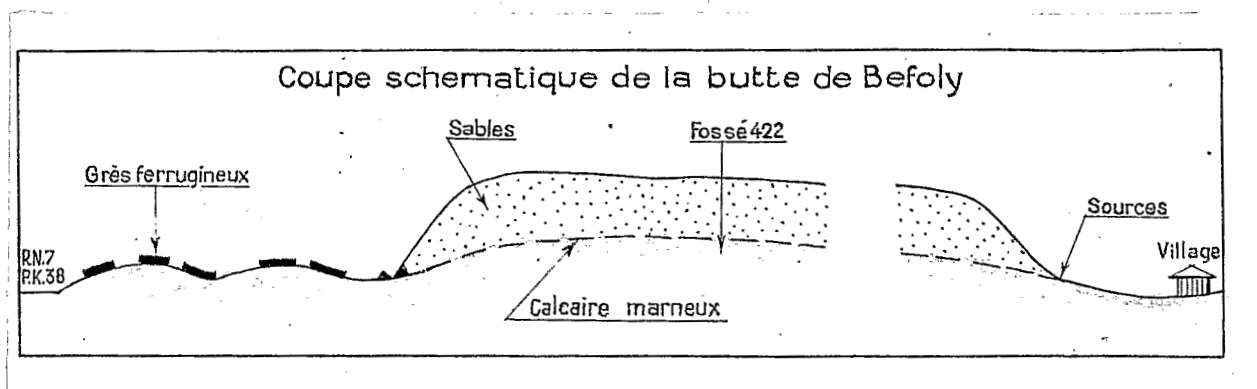
De 150 à 260 cm, couche marneuse de couleur jaune très pale (10 YR 8/4), massive, compacte et cohérente avec quelques poches pulvérulentes.

A partir de 260 cm, calcaire marneux se débitant en éléments polyédriques.

!	!	prof.	CO ³ Ca	Arg.	Lim.F	Lim.G	Sab.F	Sab. G	!
!	1	115-150	10.7	42.	8.	105	10.	29.	!
!	2	200-220	59.	25.	22.5	30.	15.5	13.	!
!	3	260-270	86.	8.	63.	21.	5.	3.	!

Les sables détritiques ont donc raviné l'Eocène. Dans ce cas une néoformation d'argile montmorillonitique a pu être favorisée par l'hydromorphie qui règne au contact sable-marne. L'analyse par diffraction R.X. a montré dans la couche d'argile une proportion évaluée à 90 % de Montmorillonite mêlée de 10 % de kaolinite.

Les horizons sableux sont généralement plus profonds ; nous avons atteint des profondeurs de 4 et 6 m (Fossé 610) sans observer de variations autres que des horizons de sables plus grossiers ou gravillonnaires.



b) Contact sables / grès ferrugineux / calcaire marneux

En contre bas du talus proche de la RN 7 au P.K. 38 l'érosion des sables découvre de petits mamelons de calcaire marneux ; ceux-ci sont en partie couverts par les morceaux disjoints d'une dalle de grès ferrugineux qui s'interpose entre les sables et la calcaire marneux. On remarque que ces grès sont surélevés de 1 m environ par rapport au sol actuel : le niveau phréatique devait donc être plus élevé et plus étendu qu'il n'est actuellement.

Des grès semblables sont observés dans le ravin qui entaille la butte du village d'AMPEHA ; ils sont associés à des morceaux de bois silicifiés mais ne semblent plus être dans leur position originelle.

6) Hydrologie

Les niveaux phréatiques ont fonctionné sous la butte de BEFOLY notamment jusqu'à une date récente et justifiaient l'implantation des villages d'ANDRANOHYNALY, ANALAMITSIVALANA et AMPAMATA. Selon les villageois la source d'AMPAMATA serait tarie depuis 20 ans.

III - ETUDE DES SEDIMENTS

Quelques échantillons ont été analysés dans le cadre d'une étude sédimentologique des sols de la région sud-ouest (SOURDAT et coll. DELAUNE, 1968, diff. restr. ORSTOM TANANARIVE), dont le développement devrait établir la filiation -ou l'absence de filiation- entre les sols, leur matériau originel, et leur substrat géologique. Dans un ensemble de 84 échantillons traités à l'heure actuelle, 8 appartiennent aux buttes témoins que nous décrivons, 19 aux domes sableux Isalo (ZOMBITZY), et 13 aux terra rossa proches des buttes.

1) Granulométrie

A l'échelle du sud-ouest l'étude générale a distingué un groupe de sédiments caractérisés par des médianes élevées (350-650 microns) et des indices d'hétérométrie moyens (45-90). A l'intérieur de ce groupe les faciès distinguent plusieurs familles.

- Des courbes cumulatives semilogarithmiques présentant le faciès parabolique typique correspondant aux dômes sableux Isalo (complexe d'altération sur grès, HERVIEU 1968).

- Des courbes de faciès parabolique tendant à bimodal extrémités infléchies correspondent aux 8 échantillons des buttes témoins. Il s'agit donc de sédiments analogues, les uns étant à peine plus remaniés que les autres.

Par contre les échantillons correspondant aux terra rossa voisines de buttes appartiennent à des groupes différents.

Les horizons superficiels présentent des médianes moyennes (180-360 microns) et des hétérométries moyennes (50-70) ; le faciès est typiquement bimodal, les inflexions étant régulières et symétriques. Quant aux horizons de contact entre terra rossa et calcaire, même à faible profondeur ils présentent des médianes moyennes (200-400 microns), des hétérométries très élevées (90-120) et un faciès linéaire.

Il existe une filiation plausible entre les matériaux du complexe d'altération de l'ISALO, et celui des buttes d'une part, par transport en nappes; entre celui des buttes et celui des horizons supérieurs des terra rossa d'autre part, par colluvionnement et contamination. Les horizons profonds des terra rossa par contre sont tributaires de la décalcification des calcaires.(1)

2) Minéraux lourds

Les échantillons qui représentent le complexe d'altération Isalo, les buttes et les horizons supérieurs des terra rossa voisines (à faciès bimodal) sont apparentés par l'existence d'un cortège commun Zircon-Epidote-Monazite-Rutile.

Par contre les horizons profonds des terra rossa (à faciès linéaire) s'en distinguent par un cortège quelque peu différent.

	ZIR.	EPI.	MON.	RUT.	TOU.	GRE.	STA.
Dômes	46	29	9	6	5	3	
Buttes	60	16	14	4	x	x	
Terra r.sup.	62	12	12	3	3	0	
Terra r.prof.	54	13	14	3	7	3	3

Dans l'hypothèse d'une filiation par transport et contamination on observe que les proportions moyennes de Zircon augmentent sélectivement de l'Isalo aux horizons allochtones des terra rossa tandis que l'Epidote et le Rutile diminuent, que Grenat et Tourmaline disparaissent.

...

(1) Il faut admettre dans ce cas que la sédimentation des calcaires n'avait pas opéré de classement parmi les sables qu'ils contenaient.

Il semble que la décalcification du substrat libère des Grenats, des Tourmalines et des Staurotides qui enrichissent les horizons profonds des Terra rossa.

3) Grès ferrugineux

Quelques lames ont été constituées dans les grès ferrugineux d'AMPEHA et de BEFOLY.

Certaines lames se présentent comme des mosaïques lâches de quartz anguleux ou subanguleux, fissurées, de tailles comprises entre 0,5 et 1 mm ; l'élément ferrugineux consiste en grains de magnétite abondants mais très altérés, se transformant en hématite qui moule le quartz.

D'autres lames se présentent comme un grès siliceux, légèrement ferrugineux. Les quartz sont arrondis, à bords estompés soulignés d'un liseré brun ; ils ont nourri un ciment siliceux (calcédonite). Quelques grains de magnétite sont enfermés dans le quartz ou coincés entre les grains et transformés en hématite.

Analyse triacide sur la fraction argile + limon
de morceaux de grès
d'AMPEHA et de BEFOLY

	Perte au feu	Résidu	Silice	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Ti O ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
ERS 12-1	10.9	2.3	28.5	13.1	22.7	0.2	2.1
ERS 28-1	10.5	2.1	7.6	38.2	6.5	0.2	2.0

Les dalles de grès ferrugineux résultent donc de l'altération et de la consolidation d'horizons de sables très riches en magnétite.

4) Les sols

Les sols formés sur les buttes sont identiques à ceux qui couvrent en partie les dômes sableux de l'ISALO et qui sont décrits jusqu'à présent comme Ferrugineux tropicaux non lessivés (HERVIEU 1968, RIQUIER 1968). Ils sont de texture grossière, très homogènes en apparence et vivement colorés (rouge, 2,5 YR à 10 R). De notables proportions de fer libre semblent aller de pair avec l'insaturation du complexe.

Les terra rossa sont de texture plus fine et l'influence du calcaire sous-jacent se traduit par la saturation du complexe et la plus grande stabilité du fer. Leurs caractères sont intermédiaires entre ceux des sols faiblement ferrallitiques (FAUCK, 1964) et des classiques "rouges méditerranéens". Nous réservons pour l'instant leur définition.

V - CONCLUSIONS

Les buttes d'AMPEHA et BEFOLY se distinguent par leur morphologie du paysage karstique qui les environne. Il y a lieu de penser que le matériau sableux qui les constitue n'a aucun lien avec les calcaires marins de l'Eocène sous-jacent et provient par transgression de nappe des hauteurs de l'Isalo gréseux.

On admet que la sédimentation marine s'est prolongée dans le sud-ouest jusqu'au Miocène. Nous avons attribué par ailleurs (SOURDAT, 1969-3) au début de l'Aepyornien l'encaissement des fleuves à travers le plateau mahafaly et le déblaiement ultime de la dépression périphérique. (1)

Les matériaux détritiques n'ayant pu transiter de l'ISALO aux plateaux qu'avant le creusement des vallées et de la dépression, c'est du Pliocène qu'il faut les dater : à la fin de ce cycle plus précisément si l'on veut attribuer à son début les sédiments argilo-sableux bariolés de la "série d'ANDRANOABO" (BESAIRIE, 1953).

...

(1) Dans la région Fiherenana-Onilahy

A la fin du Pliocène, le FIHERENANA, l'ONILAHY et l'ITOMBONA coulaient dans l'axe de larges couloirs. La capture du bassin versant de l'ITOMBONA (par l'ONILAHY) a stoppé l'érosion de son cours inférieur au début de la phase de creusement aepyornienne de sorte que le modelé pliocène s'est conservé dans le "couloir" d'ITOMBONA et la cuvette d'ANKAZOMANGA. L'encaissement du FIHERENANA et de l'ONILAHY par contre a déblayé les plateaux sauf au centre de l'interfluve (BEFOLY) et à la limite de la zone aérique (AMPEHA).

Les buttes ont constitué le réservoir des sables qui contaminent les plateaux karstiques et ont contribué sous l'influence des climats aepyorniens à la genèse des "terra rossa". Il n'existe pas à notre connaissance dans l'entourage des buttes de sols de décalcification proprement dits ("sols dits "rouges méditerranéens"). Ceux-ci doivent être recherchés soit sur le plateau de VINETA, soit au sud de l'ITOMBONA dans la zone des "clairières" mahafaly.

B I B L I O G R A P H I E

- BESAIRIE (H.) - 1953 - Le Sud du Bassin de Morondava. Trav.Bur.Géol.n° 44, Tananarive, multigr., 93 p.
- DUFLOS (J.) - 1966 - Bilan des explorations spéléologiques pour l'année 1965. Madagascar, Rev.Géogra.n° IX, pp. 234-252.
- F.A.O. - 1960 - Vocabulaire multilingue de la Science du sol. Food, Agric. org.of Unit.Nat. 428 p.
- FAUCK (R.) - 1964 - Les sols rouges faiblement ferrallitiques d'Afrique Occidentale.C.R.8°Congr.int.Sci.Sols, Bucarest,V, p. 547-557, bibliogr.
- HERVIEU (J.) - 1959 - Les sables roux du sud de Madagascar. Car.Conf.Inter-afric. Sols, 3,1959, Dalaba, vol.1, p. 233.
- HERVIEU (J.) - 1968 - Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical. Thèse doct.ORSTOM, Paris,Mémoire n°24. p.465, bibliogr. et photos.
- MUNSELL - Soil color charts. Munsell color company inc.Baltimore 2, Maryland USA. p.8.
- PLAISANCE (G.) et CAILLEUX (A.) - 1958 - Dictionnaire des sols. La maison rustique édit.Paris, 605 p.
- RIQUIER (J.) - 1968 - Carte pédologique de Madagascar, à l'échelle du 1 000 000. ORSTOM Tananarive, 3 feuilles.
- SOURDAT (M.) - 1969-2 - Notes de climatologie descriptive.Région sud-ouest de Madagascar (Préf. de TULEAR).ORSTOM Tananarive, multigr.27 p.,22 tableaux et 18 graph. bibliogr.
- SOURDAT (M.) - 1969-3 - Sur l'évolution cyclique du massif de l'Isalo et du bassin de l'Onilahy (Sud-ouest de Madagascar).Notes de géomorphologie.ORSTOM Tananarive,multigr.13p. schémas et bibliogr.
- SOURDAT (M.) et DELAUNE (M.) - 1968 - Etude des caractères sédimentologiques des sols du Sud-ouest de Madagascar. ORSTOM,Tananarive multigr.40 p.Diff.restreinte.
- SOURDAT (M.) et GENSE (C.) - 1969 - Les sables roux de la région de Tuléar. Observations stratigraphiques.Analyses par diffraction aux rayons X. C.R. de la Sem.Géol.Madagascar.