

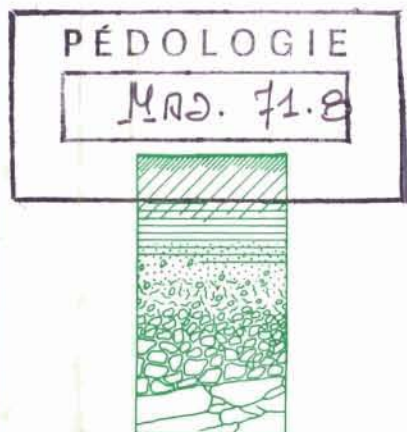


RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE DE TANANARIVE
1971

SCIENCES DE LA TERRE

LES SOLS DE MADAGASCAR

Patrice ROEDERER
PÉDOLOGUE



LES SOLS DE MADAGASCAR

par

P. ROEDERER

Pédologue

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE TANANARIVE

I - GENERALITES

On a coutume de dire que Madagascar a la forme, la couleur et la fertilité de la brique.

Cette image laisserait croire que les sols de Madagascar sont tous rouges et latéritiques, ce qui est pour le moins très schématique.

En effet, les sols sont tributaires de nombreux facteurs : climat, roches, végétation, hommes, etc... qui sont étudiés dans d'autres chapitres et sont eux-mêmes fort variés.

Aussi observe-t-on dans l'île de nombreux types de sols répartis dans toutes les classes de la classification française des sols de G. AUDERT (1965) que nous avons prise comme référence. Nous n'indiquerons que les sols représentés à Madagascar.

Cette classification, basée sur la pédogénèse comprend 11 classes et un certain nombre de sous-classes, en fonction des conditions d'évolution (climatiques, physiques, chimiques). Chacune est divisée en groupes et sous-groupes définis par des caractères morphologiques du profil correspondant à des processus d'évolution, les familles étant liées aux caractères de la roche-mère. Les catégories inférieures (séries, types, phases) permettent de faire ressortir des différences plus faibles ou

moins permanentes entre les sols.

Enfin, la notion d'héritage (B. GEZE) permet de mettre en relief les différentes phases de l'évolution, l'action de facteurs anciens, l'"hérédité" de certains sols.

De nombreux pédologues de l'O.R.S.T.O.M. et de l'I.R.A.M. ont étudié les sols de Madagascar et ont publié des cartes de détail ou d'ensemble. Citons en particulier : J. RIQUIER, P. SEGALEN, P. ROCHE, J. HERVIEU, F. BOURGEAT, J. KILIAN, J. VIEILLEFON, DIDIER DE SAINT-AMAND, etc...

II - LES SOLS DE MADAGASCAR

A - LES SOLS FERRALLITIQUES (1)

1) Définition

Le terme de "sols latéritiques" a donné lieu à beaucoup d'interprétations comme ont pu le constater les participants au colloque de Tananarive en 1964.

Aussi la classification française préfère-t-elle le terme de "ferrallitique" dont elle donne cette définition : (AUBERT, 1967) : sols à profil A (B) C ou ABC, le plus souvent très épais, à décomposition poussée de la matière organique liée à la matière minérale, forte altération des minéraux, avec une libération importante de sesquioxydes de fer, manganèse, et assez souvent d'aluminium. Elimination poussée de la silice d'où rapport silice/alumine < 2 - minéraux argileux constitués en plus des sesquioxydes, de kaolinite ; matériau originel (horizon C) formé de minéraux très altérés, capacité d'échange faible, degré de

...

(1) Ces sols, après avoir formé une sous-classe commune avec les sols à hydroxydes, serait de nouveau classés à part (AUBERT, 1966)

saturation faible ou moyen, rarement élevé dans l'horizon B. Structure variable de B, parfois peu nette, mais friabilité élevée de cet horizon. On peut opposer les sols ferrallitiques de l'est peu saturés à faible capacité d'échange, à ceux de l'ouest dont le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est plus élevé avec peu de gibbsite, sols peu altérés en association avec les sols ferrugineux tropicaux.

2) Classification

La classification de 1965 est conservée ici car la plupart des cartes pédologiques de Madagascar ont été basées sur celle-ci.

On distingue donc, à Madagascar :

1) Sols faiblement ferrallitiques

modal

hydromorphe

bruns ferrallitique

2) Ferrallitiques

jaune

jaune sur rouge

3) Ferrallitiques lessivés

modal

lessivé

lessivé hydromorphe

podzolique

4) Ferrallitiques humifères

brun acide

brun

brun-rouge

3) Différents types

A Madagascar les sols ferrallitiques présentent souvent des différences assez nettes avec ceux des autres régions tropicales ; en particulier il semble que le climat actuel des plateaux ne soit plus très ferrallitisant et que la plupart des sols ferrallitiques observés soient anciens, plus ou moins tronqués. Le "climax" actuel serait alors celui des sols faiblement ferrallitiques. On peut même observer d'anciens sols que l'érosion a ramené à l'horizon de départ sur lequel se reforme un sol beaucoup moins évolué.

On peut distinguer plusieurs types de sols ferrallitiques, selon les roches-mères et le lieu de prélèvement.

a) Plateaux

- sur roche acide

SOLS ROUGE FERRALLITIQUE SUR GRANITE Profil n° 1

<u>Pédologue</u>	: HERVIEU
<u>Situation</u>	: Environs du canton de Fanjakana, près du village d'Ambalamarina, au nord-ouest de Fianarantsoa.
<u>Climat</u>	: Pm = 1.215 mm Tm = 18°5
<u>Unité géomorphologique</u>	: Relief de hautes terres à dissection profonde avec dômes rocheux en voie de développement.
<u>Végétation</u>	: Pseudo-steppe à Aristida sp.
<u>Topographie</u>	: Pente très forte (50 à 35°). Erosion en terrassettes. Au sommet de la colline, dalles rocheuses en voie de

dénudation. Le profil est observé dans un "lavaka".

Roche-mère

: Granite de l'Isandra (types Midongy-Befody/ Système du Vohibory) à caractère stratoïde, alcalin (1), rose à grain fin.

Morphologie

- | | |
|-------------|--|
| 0 à 15 cm | : Brun jaune (Munsell à sec : 5 YR - 5/2, humide 7,5 YR - 3/2), assez humifère, assez durci. Argilo-sableux, structure grumeleuse à polyédrique fine. Nombreuses radicelles, forte cohésion, porosité plutôt faible. |
| 15 à 40 cm | : Rouge brun clair (Munsell à sec : 10 R - 5/4, humide : 2,5 YR - 4/4), peu humifère, tassé et durci. Argileux, structure massive, secondairement polyédrique fine. Quelques taches d'humus sur le trajet de racines, enracinement faible, cohésion moyenne |
| 0,40 à 1,75 | : Rouge vif (Munsell à sec : 10 R - 5/8, humide : 10 R - 4/8), avec dessiccation en prismes sur la paroi d'érosion. Argileux, structure polyédrique fine, assez friable, très ferrugineux. Porosité moyenne, cohésion plutôt faible, enracinement très faible. |

...

(1) D'après A. EMBERGER (1955) p. 70, la composition du granite type Midongy est la suivante : en % SiO₂ = 74,5 Al₂O₃ = 12,0 Fe₂O₃ = 2,0 FeO = 0,86 MgO = 0,54 CaO = 0,88 Na₂O = 3,35 K₂O = 4,78 TiO₂ = 0,36 H₂O = 0,05

- 1,75 à 3 m env. : Horizon de transition jaunâtre
(Munsell à sec : 2,5 YR - 6/6, humide : 2,5 YR - 5/8), un peu micacé,
à structure fondue, argilo-sableux,
kaolinisé.
- 3 à 4,5 m env. : Roche altérée à structure originelle
plus ou moins visible, jaunâtre, très
micacée
- 4,5 à 10 m et plus : Roche pourrie, à structure grenue
encore bien visible, blanche ou rosée,
très kaolinisée, friable.

- sur roche basique

ROUGE FERRALLITIQUE A CUIRASSE Profil ANR 1

- Pédologues : RIQUIER, BOURGEAT
- Topographie : Surface structurale
- Pluviométrie : 1350 mm
- Roche-mère : ankaratrite
- Région : massif Ankaratra
- Altitude : 1300 m
- Végétation : pseudosteppe à *Aristida* sp.

- 0 - 5 cm : Horizon sec, brun, humifère, limoneux,
structure grumeleuse à poussièreuse,
cohésion faible, enracinement bon,
quelques morceaux de cuirasse, porosité forte.

- 5 - 90 cm : Cuirasse massive pisolithique (pisolithes de fer et de manganèse), partie jaunâtre entre les pisolithes en voie de dislocation.
 - 90 - 250 cm : Horizon rouge violacé avec des traînées subverticales jaunâtres, argilo-sableux, structure compacte, cohésion forte (horizon légèrement induré), enracinement nul, présence de nombreuses petites concrétions noires.
 - 250 - 450 cm : Horizon rouge à traînées jaunâtres, argileux, structure polyédrique avec agrégats très argileux, cohésion très forte, porosité faible à l'intérieur des agrégats (recouvrement argileux sur toutes les faces).
 - 450 - 600 cm : Horizon jaune rouille à taches allongées, argileux, structure cubique, cohésion forte, porosité faible.
 - 600 - 1000 cm : Horizon bleuté à taches jaune-rouille très argileux, très compact, structure massive, humide, argileux, plastique.
- En-dessous de 1000 nappe phréatique.

Présence de gibbsite en quantité importante d'après l'analyse thermique différentielle.

Le rapport SiO_2/Al_2O_3 est très faible : 0,1 à 0,3

Le pH reste aux alentours de 5 dans le profil

Le carbone atteint 4% dans l'horizon de surface tandis que le fer libre varie de 7,6 à 17 dans le second horizon pour retomber à 7,8 % en profondeur. Saturation très faible.

SOL BRUN-ROUGE FERRALLITIQUE SUR BASALTE Profil RM2

<u>Pédologues</u>	: MAIGNIEN, RIQUIER, BOURGEAT
<u>Topographie</u>	: pente 5 à 10%, région doucement vallonnée
<u>Pluviométrie</u>	: 1900 mm
<u>Température moyenne</u>	: 15,6°
<u>Roche-mère</u>	: cendres basaltiques
<u>Région</u>	: massif Ankaratra
<u>Végétation</u>	: dégradée, prairie et peuplements de mimosa
<u>Altitude</u>	: 1 1.500 m
0 - 12 cm	: Brun-grisâtre, humifère, nombreuses racines, argileux, structure grumeleuse grossière moyennement développée, cohésion moyenne, porosité d'agrégats bonne. Couleur code Munsell 7,5 YR 3/2, humide 5 YR 3/2
12 - 50 cm	: Brun-rouge grisâtre, humifère, nombreuses petites racines, limono-argileux, structure grossièrement polyédrique avec quelques faces brillantes, parfois arrondies à vague tendance grumeleuse, structure prismatique, cohésion moyenne, porosité d'agrégats moyenne. Couleur code Munsell, sec, 7,5 YR 3/2, humide : 5 YR 3/2.

...

- 30 - 90 cm : Brun-rouge, argilo-limoneux, quelques fins débris de basalte plus ou moins altérés, structure nuciforme angulaire, grossière, peu développée, quelques recouvrements bruns sur les petits agrégats à tendance polyédrique, porosité moyenne pourtant horizon légèrement tassé, nombreuses petites racines blanchâtres sur les agrégats.
Couleur Munsell, sec 5 YR 3/4, humide 5 YR 3/2.
- 90 - 130 cm : Brun-argileux avec graviers de basalte en voie de décomposition ; structure prismatique à finement cubique, bien structuré, cohésion forte, très faible porosité, quelques petites racines sur les agrégats.
Couleur code Munsell, sec 5 YR 4/2, humide 5 YR 3/3.
- 130 cm : Niveau de cailloux basaltiques altérés gris bleutés, remblaiement argileux, structure polyédrique fine à moyenne, cohésion forte, quelques pores tubulaires.
Couleur code Munsell, sec YR 6/1, humide 5 YR 3/1.

L'argile est du type kaolinite; on peut noter la présence de gibbsite à ses côtés.

Le pH varie de 4,3 à 4,6, le carbone de 3,8 à 18 dans le 3ème horizon, le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 1,8 à 1,5.

La saturation est très faible, et le fer libre atteint 7 à 8% dans les horizons supérieurs.

...

- sols faiblement ferrallitique

Pédologie

: MOUREAUX

- 0 à environ 250 cm : rouge, quelquefois rouge plus foncé dans les premiers décimètres (présence d'un peu de matière organique et oxydation plus forte), argilo-limoneux, polyédrique, compact. Le quartz est le seul minéral reconnaissable ; il se présente en grains xénomorphes, salis par les colloïdes rouges.
- 250 - 350 cm environ : horizon de transition, rouge pâle à rose, limono-argileux, (l'altération colloïdale est moins avancée que pour l'horizon supérieur). En plus du quartz, on distingue quelques lamelles de mica altéré.
- 350 - 500 cm environ : horizon gris-blanchâtre parfois légèrement jaunâtre. Structure devenant friable. Micas altérées, encore groupés en paquets. Feldspaths identifiables, en cristaux altérés friables, blanc-mat. La structure **originelle** de la roche est reconnaissable. La teinte de l'horizon est fonction du mélange des feldspaths (composante blanche) et des éléments ferrugineux (mica noir, par exemple, reconnaissable à ce niveau, amphiboles, etc...)

...

sous 500 cm environ

: zone de départ proprement dite, humide une grande partie de l'année ou même toute l'année. La cohésion disparaît entre les éléments constitutifs de la roche (apparition de fissures), les feldspaths sont les premiers touchés. L'hydratation doit jouer un grand rôle en causant un accroissement de volume (qui peut être suivi de rétraction en saison sèche, vers le haut de la zone de départ).

La roche se rouille par altération des éléments ferrugineux. Le profil est généralement hétérogène avec des passages blanc-mat correspondant aux filons feldspathiques ou quartzo-feldspathiques.

b) Côte Est

SOL FERRALLITIQUE JAUNE ROUGE Profil PH1

<u>Prospecteur</u>	: BOURGEAT
<u>Région</u>	: Périnet
<u>Topographie</u>	: bas pente, relief montagne type polyédrique
<u>Pluviométrie</u>	: 1700 mm
<u>Température</u>	: 19°
<u>Roche-mère</u>	: Migmatite
<u>Drainage</u>	: bon
<u>Végétation</u>	: forêt plus ou moins dégradée.

...

- 0 - 10 cm : Horizon argileux brun-jaunâtre, structure grumeleuse, bon enracinement, très forte porosité, après séchage, cohésion moyenne à forte, plastique.
- 10 - 50 cm : Horizon argileux, humide, jaune-rouge, structure grumeleuse à polyédrique, bonne porosité, racines abondantes, cohésion forte après séchage, plastique.
- 50 - 100 cm : Horizon argileux, jaune-rouge, structure polyédrique, recouvrement luisant sur les agrégats de petite taille, enracinement moyen à faible (quelques grosses racines), bonne porosité, cohésion forte après séchage.
- 100 - 150 cm : Horizon argileux rouge-jaune, structure polyédrique plus large, recouvrement sur les agrégats
- 150 - 170 cm : Horizon argileux un peu plus rouge, structure prismatique à polyédrique, cohésion forte après séchage, porosité moyenne, bonne entre les agrégats jusqu'à 1,70 m, la partie supérieure paraît colluvionnée.
- 170 - 200 cm : Horizon rouge violacé, quelques passages plus jaunes, argileux à argilo-limoneux, structure polyédrique, recouvrement argileux sur les agrégats, cohésion forte après séchage; porosité moyenne, bonne entre les agrégats.
- 200 - 270 cm : Horizon rouge violacé, limoneux, structure polyédrique, recouvrement argileux sur agrégats.

270 - 350 cm : Zone de départ limoneuse, micacée, structure massive à particulaire, cohésion faible.

Présence de gibbsite avec la kaolinite, pH compris entre 4,8 et 5,4. Le carbone atteint 3,5% en surface, le rapport SiO_2/Al_2O_3 varie de 1,3 à 1,7. La saturation ne dépasse pas 40 %, quant au fer libre, il croît avec la profondeur pour atteindre 12 %.

Le profil PA 13 sur la côte Est, sous végétation dégradée (*Dianella ensifolia*, *Stachytarpheta jamaicensis*, *Strychnos spinos*, *Panicum umbellatum*) est le suivant :

SOL FERRALLITIQUE SUR BASALTE

Pédologue

: BOURGEAT

0 - 12 cm : Horizon brun-rouge, argilo-limoneux, structure grumeleuse, porosité tubulaire et ordinaire forte, bon enracinement, concrétions arrondies de quelques millimètres de diamètre, humide moyennement plastique.

12 - 210 cm : Horizon humide rouge argileux, structure prismatique secondairement polyédrique, enracinement moyen, plastique, porosité forte

210 - 350 cm : Horizon rouge violacé avec traînées blanches et jaunes, argileux, structure massive, porosité moyenne à faible.

Le pH se maintient aux environs de 5,2, le carbone est en faible quantité (1,3 % en surface), la saturation est faible (30 %).

4) Particularités

a) "stone-lines"

On observe souvent dans les sols ferrallitiques des lignes de cailloux quartzeux en général, qui forment ce que l'on appelle des "stone-lines".

En Afrique, on a cru pouvoir y voir un phénomène in situ, les éléments grossiers s'enfonçant peu à peu dans le profil sous l'effet du brassage de l'horizon superficiel par la faune ou en raison de l'humidité du milieu.

Il ne semble pas qu'à Madagascar on puisse envisager ce processus, tout au moins pour les "stone-lines" de versant, les plus répandues sur les hauts-plateaux. Pour BOURGEAT et PETIT, leur mise en place aurait lieu au cours de deux phases climatiques distinctes, les formations en-dessous et au-dessus de la "stone-line" étant assez fréquentes.

Exemple :

Dans l'incision d'un lavaka de versant perpendiculaire à un affluent de la Tafaina (région de Tananarive), on remarque le profil suivant:

0 - 30 cm	: Horizon jaune-ocre ; argilo-limoneux, structure continue avec fentes de retrait formant un système hexagonal ; à la partie inférieure lit de quartz anguleux, peu épais (quelques cm), plus ou moins continu, s'interrompant à un certain niveau du fait de la reprise d'érosion récente.
-----------	---

...

- 30 - 100 cm : Horizon beige, argilo-limoneux, structure polyédrique fine avec des revêtements argileux sur les agrégats, cette structure est moins nette à la base où l'on reconnaît des minéraux altérés (micas, feldspaths kaolinisés).
- A partir de 100 cm : Zone de départ limoneuse riche en minéraux altérés, structure particulière.

b) "Lavaka"

Le "lavaka" est une excavation que l'on observe dans les sols ferrallitiques et qui représente un phénomène très courant sur ceux-ci à Madagascar. Caractérisé par un cirque ou des formes digitées, il présente toujours une paroi verticale.

Les lavaka ont pour origine le ruissellement superficiel qui creuse l'horizon de surface attaquant l'horizon sous-jacent. Toute cause qui favorise ce ruissellement (déboisement, feux de brousse, action de l'homme) a pour effet de créer des conditions favorables à de nouveaux lavakas.

Il s'agit donc d'un phénomène pédologique, apparu avant que l'homme s'installe à Madagascar (BOURGEAT - PETIT) mais il est certain que l'action de celui-ci favorise un tel phénomène.

La formation du lavaka nécessite la présence d'un horizon argileux superficiel, compact, protecteur, recouvrant un horizon friable sans cohésion et très érodable. Toute cause qui affouille le matériau assez profondément risque de provoquer un lavaka (RIQUIER). On peut en particulier observer un affouillement à la base de la paroi verticale, dans l'horizon de départ, provoquant l'effondrement de l'horizon supérieur et le recul de la paroi.

5) Variations

a) Les andosols

Ces sols (du japonais an do = sols foncés) sont formés sur roches volcaniques en particulier sur cendre.

Ce sont des sols de couleur foncée, à matière organique importante et plus ou moins bien humifiée, parfois à caractère hydromorphe.

Leur place dans la classification est encore discutée et plusieurs pédologues, tant français que japonais ou américains les intègrent dans la classe des sols peu évolués, à cause de leur richesse en allophane.

Jusqu'à maintenant, à Madagascar, ils ont été considérés comme un type spécial de sols ferrallitiques, en raison de la présence fréquente de gibbsite.

Exemple :

Profil ANR 4

Sol ando

<u>Pédologues</u>	: BOURGEAT, RIQUIER
<u>Topographie</u>	: pente accusée
<u>Pluviométrie</u>	: supérieure à 2.000 mm
<u>Roche-mère</u>	: cendres volcaniques et ankaratrite
<u>Région</u>	: massif Ankaratra
<u>Altitude</u>	: voisine de 2.000 m.

...

- 0 - 8 cm • Brun-noir fortement humifère, matière organique bien liée aux éléments minéraux, système radiculaire important, structure grumeleuse à nuciforme, porosité forte, cohésion moyenne, densité faible.
- 8 - 30 cm • Brun foncé très humifère argilo-sableux fin, structure à tendance polyédrique, système radiculaire important, cohésion moyenne à forte, microporosité bonne, densité faible.
- 30 - 60 cm : passage brutal à un horizon rouge donné par un matériau différent, enracinement nul, structure polyédrique large à forte cohésion, porosité faible.
- 60 - 100 cm • horizon brun jaune limono-argileux, structure polyédrique plus fine, enracinement nul, porosité moyenne, cohésion moyenne à forte.
- 100 cm • horizon humide plastique limono-argileux rouge devenant jaunâtre; en dessous les morceaux de roches altérées donnent des poches verdâtres, structure polyédrique, recouvrement luisant sur agrégats, densité faible.

Présence à l'analyse thermique différentielle de gel de gibbsite, kaolinite, halloysite (?).

Le rapport SiO_2/Al_2O_3 varie de 0,6 à 0,9, le carbone de 11,5 en surface à 3,2 à 60 m. Le fer libre (méthode Deb) augmente avec la profondeur.

6) Répartition

Les sols ferrallitiques sont surtout observés sur les plateaux où les sols les plus évolués, souvent tronqués, paraissent occuper les plus anciens niveaux, ce qui corroborerait la notion de climat ancien plus ferrallitisant, alors que sur la côte Est, la répartition est plus homogène.

B - LES SOLS A HYDROXYDES

1) Sols ferrugineux tropicaux

Riches en sesquioxydes ou "fer libre" ces sols possèdent une matière organique assez évoluée (C/N de l'ordre de 15) et un complexe absorbant nettement plus saturé que les sols ferrallitiques. La fraction minérale comporte outre des oxydes de fer et de la kaolinite des proportions variables d'illite mais pas de gibbsite individualisée, l'épaisseur de l'altération des minéraux primaires est aussi moins grande et l'élimination de la silice est moins poussée. La structure est souvent dégradée en surface et on observe une tendance générale au lessivage du fer ainsi qu'un passage brusque de l'horizon humifère à l'horizon suivant.

a) Classification

- sols ferrugineux tropicaux non lessivés
 - modal
 - jeune
- sol ferrugineux tropicaux lessivés
 - modal
 - à concrétions
 - induré
 - hydromorphe

b) exemples

- sols ferrugineux tropicaux non lessivés
sur roche métamorphique Profil n° 18

<u>Pédologie</u>	: HERVIEU
<u>Situation</u>	: Environs du canton de Fenoarivo (sud Ouest de Pianarantsoa, centre- sud)
<u>Climat</u>	: P = 850 mm T = 21°6
<u>Unité géomorphologique</u>	: Basse surface d'aplanissement de la Zomandao à reliefs de dénudation.
<u>Végétation</u>	: Pseudo-steppe à Heteropogon contor- tus dégradée
<u>Topographie</u>	: Pente moyenne (2 à 5%) de colline surbaissée. Buttes granitiques en voie de dégagement.
<u>Roche-mère</u>	: Migmatite schisteuse
<u>Morphologie</u>	
0 à 80 cm	: Rouge vif (Munsell à sec : 5 YR - 5/3, humide : 2,5 YR - 3/2). Profil tronqué par l'érosion en nappe et en ravins. Argilo-sableux avec graviers de quartz fréquents. Tassé, enracine- ment faible. Structure massive secon- dairement nuciforme grossière.

- 0,80 à 1,2 m : Rouge vif (Munsell à sec : 5 YR - 4/4, humide : 2,5 YR - 5/2) avec taches jaunâtres diffuses (faible hydromorphie). Tassé, argilo-sableux avec quelques graviers, massif secondairement particulaire grossier.
- plus de 1,2 m : Passage rapide à la roche altérée gris blanchâtre avec stries plus foncées riches en minéraux noirs. Structure encore bien conservée : schistosité fine et plissotis. Riche en feldspaths plus ou moins kaolinisés. Peu cohérent.

La roche saine est visible dans le ravin voisin : elle est finement litée, riche en mica noir.

Le pH est faiblement acide, neutre dans la roche altérée; le sol est très pauvre en matière organique (0,5%) par suite de l'érosion et de la dégradation du tapis végétal.

- sur basalte

Profil 12 - 20

- Pédologue : SEGALEN
- Situation : Plateau de l'Antanimena (Nord de DIEGO-SUAREZ)
- Climat : P 1,50 m - tm aux environs de 20-24°
- Végétation : Savane à *Acridocarpus exulmus* tapis d'*Aristida rufescens*.

- | | |
|--------------|--|
| 0 - 100 cm | : Brun à rouge foncé, argileux, assez bien structuré, gruneloux à nuciforme avec quelques fentes verticales, cohésion moyenne. |
| 100 - 170 cm | : Brun-rouge, argileux, plus ferme qu'au dessus, nuciforme. |
| 170 - 200 cm | : Brun-clair, roche altérée débutant brutalement avec par endroit quelques taches rougeâtres.
L'altération de la roche s'effectue suivant des lignes inclinées plus ou moins parallèles englobant des boules de petite taille s'altérant en écailles. |

La matière organique varie de 3 à 5 % en surface et décroît très rapidement en profondeur.

pH compris entre 6,3 en surface à 7,3 en profondeur.

Capacité d'échange saturé à 70 %

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est voisin de 2.

- sols ferrugineux tropicaux lessivés

Ces sols se trouvent sur carapace et sur plateaux horizontaux.

On observe un lessivage du fer et de l'argile. L'argile dispersée cimenté les sables de l'horizon rouge d'accumulation.

Morphologie

Profil observé KAB 60 (BOURGLAT) dans la région d'Anjiajia sous savane à *Hyparrhenia shatan*, *Tamarindus indica* avec

végétation herbacée à base de *Heteropogon*, *Tephrosia*, *Chloris barbata*.

0 - 15 cm	: Horizon gris noir, sableux, particulaire, humifère
15 - 40 cm	: Horizon gris clair, cendreuse avec taches rouilles à la partie inférieure
40 - 1,50 m	: Horizon rouge argilo-sableux, structure polyédrique à nuciforme, présentant des taches jaunâtres peu indurées
1,50 - 4 m	: Horizon jaune tacheté rouge, argilo-sableux, structure massive.

La rubéfaction a dû être antérieure au lessivage : l'humus créé par la forêt a permis le lessivage du fer à l'état de combinaison et de l'argile à l'état dispersé, le fer migre plus profondément que l'argile.

Il faut noter d'ailleurs que l'on n'observe pas d'horizon d'accumulation très net en argile. Le lessivage oblique est certainement le processus dominant.

En profondeur, les traces d'hydromorphie constatées sont occasionnées par la présence d'une nappe elle-même en relation avec les couches géologiques sous-jacentes (marnes valanginiennes ou jurassiques).

c) Particularités

Dans certains sols de Madagascar, en particulier dans le Sud-Ouest, ces sols se développent sur un épandage sableux et forment une partie de ce qu'on appelle à Madagascar "les sables roux".

On peut observer dans certains cas des indurations pouvant aller jusqu'à de véritables cuirasses ferrugineuses.

Souvent sur roche acide, ces sols existent cependant sur roche calcaire, provenant probablement d'argile de décalcification.

d) Répartition

Les sols ferrugineux tropicaux occupent surtout le rebord Ouest des plateaux et une grande partie du Sud-Ouest.

Vers le Nord, on peut observer une tache de ces sols entre AMBILOBE et VOHEMAR ainsi qu'au Nord et Sud de DIEGO-SUAREZ.

2) Sols rouges "méditerranéens"

Riches aussi en sesquioxydes de fer, il présente une assez forte quantité de minéraux autres que la kaolinite. Fortement saturés en Ca, ils ne sont cependant généralement pas calcaires. La structure est généralement bien individualisée. On les observe surtout sur matériau calcaire.

a) Classification

- rouges non lessivés
- modal, à croûte, hydromorphe vertique, steppisé
- rouge lessivé : ne semble pas exister à Madagascar.

b) Exemples

- Sol rouge sur dalle calcaire (AMPAMOHAVA)
(appelé par J. HERVIEU sol pseudo-méditerranéen).

Végétation

: bush arbustif à épineux, moyennement dense avec peu d'euphorbes. Tapis herbacé très clairsemé.

0 - 20 cm

: Horizon rouge brunâtre à rouge foncé, humifère sablo-argileux, structure massive ou faiblement nuciforme secondairement poudreuse et particulaire, enracinement faible.

20 - 40 cm

: Horizon rouge vif légèrement durci, sablo-argileux à sableux, structure massive, secondairement particulaire

40 cm

: dalle calcaire.

Le pH est faiblement acide à neutre, la matière organique atteint 2 % en surface et la capacité d'échange, assez faible (15 me/100g) est complètement saturée.

c) Particularités

On peut rapprocher du type précédent, ce profil prélevé à DIEGO-SUAREZ, route de Ramena.

Profil DSR 1

Pédologue

: ROEDERER

Végétation

: steppe à graminées

Morphologie

: glacis à érosion en nappe, croûte calcaire de pente, l'horizon supérieur est tronqué

- | | |
|------------|---|
| 0 - 7 cm | : Horizon peu humifère battant en surface, rouge brun frais, structure faiblement grumeleuse, texture sablo-argileuse, nombreuses racines et radicelles, non calcaire. |
| 7 - 15 cm | : Un peu plus pauvre en matière organique, structure plus grossière tendant vers la structure polyédrique moyenne, un peu plus argileux ; à la base de l'horizon quelques amas calcaires racines et radicelles. |
| 15 - 40 cm | : Horizon plus compact, orange clair, à taches blanches très calcaires, structure continue, présence de nodules calcaires durs. |
| 40 cm | : Limon fin très calcaire, présence de croûte calcaire peu épaisse. |

De même le profil MAR 8 prélevé à quelques kilomètres de Majunga.

Pédologue : ROEDERER

Végétation :

- | | |
|----------|--|
| 0 - 5 cm | : brun rouge, humifère, structure grossièrement nodulaire, se défaisant en granites, nombreuses racines et radicelles, texture argileuse.
non calcaire. |
|----------|--|

5 - 15 cm	: plus rougeâtre, même structure mais plus grossière, parfois même tendance lamellaire, quelques concrétions, texture argileuse non calcaire
15 - 40 cm	: rouge, moins humifère, frais, assez collant, parties luisantes sur les agrégats, quelques radicelles et petits cailloux ou concrétions, texture argileuse non calcaire
40 - 55 cm	: plus jaune, plus humide, collant, structure plus massive, éléments luisants, texture argileuse. non calcaire.
55 - 58 cm	: passage au calcaire, plus jaune, plus ou moins calcaire par places, collant, quelques taches noirâtres.
58 cm	: calcaire.

En effet, à DIEGO-SUAREZ, sur calcaire à **croûte**, on observe des sols rouges que l'on pourrait rapprocher de ces sols rouges méditerranéens mais les éléments analytiques manquent encore pour confirmer cette hypothèse. Les sols rouges méditerranéens de Madagascar sont d'autre part, souvent en position morphologique telle, (sur **croûte**, sur dune consolidée) que l'on est amené à tenter un parallèle entre la position de ces sols à Madagascar et dans d'autres pays, en particulier dans le bassin méditerranéen. Les résultats des études de BATTISTINI sur le quaternaire malgache sont assez conformes à ces relations pédologiques. Ces sols se placeraient aux mêmes périodes ante-flandrienne et post-tyrrhénienne II.

...

d) Répartition

Surtout dans le Sud-Ouest, dans la région de TULEAR et près de la côte entre AMPANIHY et AMBOVOMBE. Ce type de sol existe aussi très probablement vers MAJUNGA et entre DIEGO-SUAREZ et RAMENA où un microclimat assez particulier rend la zone bien plus sèche. On observe à cet endroit, sur quelques kilomètres, le passage de sols ferrallitiques sur basalte, à ces sols semblant appartenir la sous-classe des sols rouges méditerranéens.

Remarque - En 1967, au cours d'une tournée avec le Professeur AUBERT, plusieurs sols de Madagascar ont semblé devoir être classés dans les sols ferrallitiques caractérisés par une structure peu marquée, un complexe non saturé, une certaine stabilité du fer.

Plusieurs sols indiqués sur les cartes soit comme rouges méditerranéens, soit comme ferrugineux tropicaux seront certainement à intégrer dans cette nouvelle catégorie de sols ferrallitiques.

C - LES SOLS HYDROMORPHES

1) Définition

Ce sont des sols dont la génèse est dominée par un excès d'eau, permanente ou temporaire, dans tout ou partie du profil. Evidemment, bien des classes de sols subissent des phénomènes d'hydromorphie et possèdent des groupes, sous-groupes ou faciès hydromorphes. L'hydromorphie est en effet un caractère qui vient en général se surimposer à une autre pédogénèse. Le sol sera en classe hydromorphe lorsque les caractères des autres classes ne sont pratiquement plus reconnaissables.

...

2) Classification

a) Sols organiques

Sols riches en matière organique dont l'évolution se fait en milieu plus ou moins réducteur.

sols tourbeux - sols semi-tourbeux.

b) Sols minéraux

peu organique

à gley, à pseudogley, à redistribution de calcaire ou de gypse.

On peut observer dans ces sols des taches, concrétions, carapaces ferrugineuses ou des encroûtements et croûtes calcaires gypseuses.

3) Types

a) Sols tourbeux de rizière

<u>Pédologue</u>	: LATRILLE
<u>Région</u>	: Laniera Nord (Région de Tananarive)
<u>Date</u>	: 25 Mai 1966
<u>Nappe phréatique</u>	: à 10 cm
<u>Végétation</u>	: Helexharis plantaginea (arifo)
<u>Description</u>	Profil IV 31-38
0 - 30 cm	: matière organique brune claire, finement divisée, en voie de décomposition + débris végétaux plus grossiers, texture spongieuse, pourcentage d'argile et de limon assez faible.

30 - 65 cm	: horizon brun noir, tourbe finement divisé, assez bien décomposé
65 - 115 cm	: horizon gris-brun, tourbe finement divisée, bien décomposée, pourcentage d'argile plus élevé, gorgé d'eau, collant, structure massive
125 - 200 cm	: horizon gris-clair, sable grossier.

La teneur en carbone passe de 17% en surface à 25% dans l'horizon tourbeux proprement dit.

La capacité d'échange assez élevée (46 me/100 g) est très faiblement saturée (S/T = 8 à 4%)

Le pH est de 5,1 dans les horizons supérieurs.

SOL TOURBEUX

Localisation : Lac Alaotra

Pédologue : DIDIER DE SAINT-AMAND

La végétation très dense et très haute de Cypéracées, fournit une énorme masse de matières organiques qui s'accumulent, et permettent en fonction de leur taux et de leur degré d'altération, de distinguer les horizons suivants :

0 - 60 cm	: Couche gris très foncé (J. 41)*, constituée de racines fonctionnelles disposées verticalement et de débris organiques grossiers, L'ensemble d'aspect fibreux forme une trame lache,
-----------	---

...

* - D'après le Code expolaire de CAILLEUX & TAYLOR.

60 - 100 cm

très poreuse, entre laquelle se trouvent des matières organiques plus fines et un pourcentage peu élevé d'éléments minéraux, représentés surtout par du limon et de l'argile.

- : Racines non fonctionnelles se tassant en prenant la forme d'un S aplati. Leur enveloppe externe est désagrégée au point de disparaître. Il reste alors la partie centrale cylindrique, fibreuse, dure, ayant sur toute sa longueur environ 2 mm de diamètre. Les teneurs en matières organiques fines, en limon et en argile restent faibles.

Cet horizon et le précédent, constituent une trame fibreuse, rigide à l'état sec, souple à l'état humide. Nous les appelons "horizons de racines grossières".

100 - 200 cm

- : C'est un horizon très foncé (J 10) intermédiaire entre les précédents et l'horizon organique profond qui est dépourvu de débris grossiers. Les débris organiques sont ici fragmentés, ramollis et désagrégés. Progressivement la structure fibreuse disparaît et la fraction minérale augmente. Nous l'appelons "horizon de débris de racines".

200 - 280 cm

- : Horizon encore gris très foncé, constitué d'un mélange intime de matières organiques fines, de limon et d'argile. Il est collant, plastique et forme

une boue plus ou moins liquide avec l'eau. La proportion d'éléments minéraux est plus grande que dans les horizons précédents. C'est un "horizon de matières organiques fines".

280 et au-dessous : A nouveau un gley réduit, identique à celui du profil précédent, qui est très peu organique.

L'épaisseur des divers horizons de ce profil est variable. En effet pendant les pluies, les horizons organiques s'étirent. La surface du sol a tendance à suivre la remontée du toit de la nappe, ce qui évite aux Cypéracées d'être intégralement noyées. Cette remontée peut entraîner, en période cyclonique, une rupture du profil au niveau de l'horizon de débris de racines. Les horizons de racines grossières deviennent alors flottants.

L'élasticité des horizons organiques permet à la surface du sol, par tassement, de rester gorgée d'eau pendant la majorité de la saison sèche.

Les matières fines, d'origine végétales, sont abondantes sous les horizons de débris grossiers. Elles dérivent de ces débris par altération, puis tombent en profondeur, n'étant pas emprisonnées par la trame fibreuse et ayant une densité assez forte.

Ce profil est enrichi partiellement par des éléments d'un profil semi-tourbeux situé en amont.

b) Sols tourbeux Côte Est

La végétation est composée de (fandrana) Pandanus, ravenales, *Ravenala madagascariensis*, de *Panicum parvifolium* et de *Sphagnum* sp. (sphaignes)

Profil FA 34

Localisation : Vallée de la Manambato près de Farafangana

Pédologie : BOURGEAT

0 - 20 cm : masse organique noire assez bien décomposée, enracinement fort, structure à tendance fibreuse, la matière minérale est essentiellement argileuse.

20 - 150 cm : masse spongieuse marron-rouge, renfermant des morceaux de Pandanus mal décomposés, légèrement sableux.

En-dessous de 150 cm, on trouve un horizon constitué par des sables blancs.

De pH très acide (4,1) ce sol est très riche en matière organique (75% exprimé en M.o. dans l'horizon supérieur). On observe un dégagement d'hydrogène sulfuré, indiquant la présence de sulfure.

Le rapport C/N est supérieur à 30, la capacité d'échange, très forte (130 mc/100 g) n'est saturée qu'à concurrence de 10%.

c) Sols moyennement organiques

Formé sur alluvions, ce type de sol englobe les terres basses du domaine de l'Iboaka, centre de reproduction du service de l'Élevage, région de Fianarantsoa.

Il s'observe essentiellement dans la vallée de la Manambato, rivière au cours parfois sinueux.

Sous prairie le profil BO 47-20 situé à 600 mètres au Sud-Est du village d'Anbalaseva a été décrit et prélevé.

<u>Pédologue</u>	: BOUCHARD
<u>Relief</u>	: pente 1 %
<u>Végétation</u>	: Cynodon dactylon (fandrotrarana) Digitaria humbertii (kindresy)
<u>Nappe phréatique</u>	: à 75 cm
<u>Date d'observation</u>	: 11 Mars 1966
0 - 23 cm	: Brun-gris (2,5 Y 4/2 mouillé - 10.0 YR 5/2 sec) Horizon argileux, frais, assez meuble, ponctué de ta- ches rouilles. Enracinement abondant. Structure nuciforme à grumeleuse.
23 - 60 cm	: Brun-gris clair (2,5 Y 5/2 mouillé - 10.0 YR 5/2 sec). Horizon argileux moyennement tacheté humide, plastique à faible enracinement. Structure gru- meleuse.
60 - 100 cm	: Jaune rouille (7,5 Y 5/8 mouillé - 10.0 YR 6/4 sec). Limon sableux gor- gé d'eau.
100 - 220 cm	: Horizon noir à reflets rougeâtres (2,5 YR 3/2 mouillé). Mélange de tourbe et de limon argilo-sableux. Débris de végétaux non décomposés. Odeur de vase.

On peut remarquer l'horizon tourbeux enterré à 1 m.

Encore assez riche en matière organique (15 à 18% exprimé en m.o.) ce sol a un pH bas (4,2 à 4,5) et est très peu saturé en bases (3 à 10%). Le rapport C/N passe de 12 en surface à 22 en profondeur.

d) Sols hydromorphes minéraux- à pseudo-gleyLocalisation : Lac AlaotraPédologue : DIDIER DE SAINT-AMAND

Il porte des graminées et ne se différencie en surface, que par un horizon organique un peu plus épais et mieux individualisé.

- | | |
|---------------------|---|
| 0 - 15 cm | : Horizon organique brun gris (H 32), à structure grumelleuse ou nuciforme, riche en racines, meuble |
| 15 - 65 cm | : Horizon moins coloré par la matière organique, riche en traînées diffusées rouges et jaunes, parfois grises, donnant un ensemble rouge-jaune (F 36). Il est assez meuble et présente une structure fondue à l'état humide devenant polyédrique à l'état sec. Le passage à l'horizon suivant est très progressif. |
| 65 cm et au-dessous | : Horizon voisin du précédent, mais présentant des taches à contour net. Cet horizon devient tacheté alors que l'autre est marmorisé.
Vers la base de cet horizon les tons gris se mettent à dominer par élargissement des taches grises. On peut donc subdiviser cet horizon en deux :
- horizon à dominance de jaune et rouge, ayant une cinquantaine de centimètres d'épaisseur. |

- horizon à dominance de gris, traduisant une hydromorphie plus poussée.

L'ensemble de ces horizons tachetés présente une structure fondue à l'état humide et grossièrement polyédrique à l'état sec.

Ainsi dans ce profil les traînées gagnent la surface du sol, mais sont peu visibles dans l'horizon supérieur, assez bien coloré par les matières organiques. D'autre part un véritable pseudogley naît en profondeur qui peut, lorsque le sol est drainé, fournir des concrétions dures, riches en fer.

Les niveaux de battement de nappe restent éloignés l'un de l'autre, comme pour le profil précédent, mais la nappe est ici plus élevée et se maintient, dans le sol, plus longtemps au cours d'une année. La phase drainante, pendant laquelle le sol est aéré, reste dominante.

Le profil est du type A. g. (g désigne le pseudogley).

Lorsque l'hydromorphie s'accentue, nous avons A. g. Go. et même parfois A. Go (Go désigne un horizon de gley oxydé, possédant peu de taches de couleurs vives).

La distinction à l'œil des couches en fonction de leur granulométrie se fait moins facilement que dans le profil précédent, l'homogénéisation étant plus grande. Le sol a tendance à être plus compact surtout dans les horizons de pseudogley.

- à gley

A l'Ouest d'Ankazoambo sous rizières de décrue on peut observer le profil KAH 81.

Localisation

: Kamoro

Pédologue

: BOURGEAT

- | | |
|-------------|---|
| 0 - 40 cm | : Horizon brun rouge à taches grises, argileux, humide, structure massive, porosité faible. |
| 40 - 75 cm | : Horizon gris bleuté à taches rouges, argileux, compact, humide, plastique |
| 75 - 180 cm | : Horizon gris bleuté, humide, plastique. |

Le profil FA 8 a été observé sous une rizière encore non défrichée, la végétation adventice était composée de Cypéracées (*Puirena umbellata*, *Rhynchospora cyperoides*, *Cyperus prolifer*)

Localisation

: région de Farafangana

Pédologue

: BOURGEAT

- | | |
|-------------|--|
| 0 - 8 cm | : Horizon gris noir, taches rouilles le long des racines, structure grumeleuse à polyédrique, porosité faible, bon enracinement, présence de micas |
| 8 - 15 cm | : Horizon bleuté avec de grandes taches rouilles, humide, plastique, structure polyédrique, porosité faible, enracinement réduit. |
| 15 - 150 cm | : Horizon jaune, humide, plastique. Structure massive à polyédrique. |

Le taux de matière organique atteint 5%, le rapport C/N est voisin de 12, la capacité d'échange est peu saturée (10%) et le pH est de l'ordre de 5 dans tout le profil.

4) Répartition

Les sols tourbeux à sulfures sont observés en général dans l'Est en association avec les sols à gley à pH très acide.

Sur les hauts-plateaux, on observe surtout des sols semi-tourbeux et à gley, parfois tourbeux mais sans sulfures (Lac Alaotra en particulier) ; dans l'Ouest, sols minéraux à gley en association souvent avec les sols halomorphes.

D - SOLS PEU EVOLUES ET NON EVOLUES

Très répandus dans les vallées, même sur les plateaux, ces sols présentent souvent un grand intérêt du point de vue agricole.

1) Définition

Ce sont des sols jeunes dont la pédogénèse est inexistante (sols non évolués) ou faible (sols peu évolués). L'origine des sols peut être climatique ou non climatique, formés par érosion ou apport.

<u>Sols non évolués</u>	: les caractères de la roche-mère sont dominants, la matière organique pratiquement nulle.
<u>Sols peu évolués</u>	: on observe déjà sur ces sols l'action de la pédogénèse et l'orientation de celle-ci. D'autre part, la matière organique peut être en quantité assez importante, bien que souvent peu élaborée.

2) Classification

a) sols minéraux bruts ou non évolués

S/classe des sols d'origine climatique

des barkhanes ont été signalés par BATTISTINI dans le sud de l'île, ainsi que des étendues rappelant les "regs".

S/classe des sols d'origine non climatique
d'érosion
d'apport fluviatile marin, etc...

b) sols peu évolués

S/classe des sols d'origine climatique

ranker

Les rankers ont été signalés dans certaines zones du Centre Sud (RIQUIER)
subdésertique

S/classe des sols d'origine non climatique
d'érosion
d'apport : modal, hydromorphe

A Madagascar les "baibohos" appartiennent à la classe des sols peu évolués, d'origine non climatique d'apport, soit modal, soit hydromorphe selon leur ancienneté et l'influence de la nappe.

Profil KA 48

Pédologue

: BOURGEAT

Situation

: à l'Ouest d'Antanimalandry (basse vallée du Kamoro - région de Majunga)

Végétation

: Archonea sp. (sarigoavy)

...

- 0 - 7 cm : brun rouge, sec, argilo-limoneux, structure polyédrique, porosité tubulaire micas peu visibles.
- 7 - 30 cm : brun rouge, assez sec, argilo-limoneux, structure en plaquettes, macro-porosité nulle.
- 30 - 110 cm : brun-chocolat, limono-argileux à argilo-limoneux, structure en plaquettes. Le profil s'humidifie en profondeur.

La teneur en matière organique (3,6% en surface) est encore de 2,5 à 20 cm. Le pH varie peu (7), la capacité d'échange, relativement faible (22 me/100 g. pour 40% d'argile) est saturée à 60 %.

3) Répartition

Sur les plateaux, ils sont observés sur des terrasses récentes où l'hydromorphie est plus ou moins développée.

Dans les grandes vallées de l'Ouest, les sols d'apport sont répandus, recherchés pour les cultures de décrue en particulier.

Dans le Sud le long des côtes, sols d'apport marin souvent salés, sols d'apport éolien (dunes) s'observent fréquemment.

Sur les rebords des plateaux, ainsi que sur les calcaires et grès du Sud, de nombreux sols d'érosion, parfois des rankers sont signalés.

E - SOLS DONT LA REPARTITION EST PLUS LOCALISEE

1) Sols halomorphes

Observés souvent le long de la côte Ouest, ils appartiennent soit au type de sols de mangroves, soit à celui des sols salés à alcali. A l'intérieur, les vallées de certaines rivières issues de terrains salifères provoquent la formation de sols salins et sols à alcali.

Type :

- sol salé à alcali (hydromorphe)

<u>Pédologue</u>	: GRAFFIN
<u>Situation</u>	: Légère éminence près de TULEAR
<u>Végétation</u>	: <i>Cressa cretica</i>
0 - 0,2 cm	: Lane brun-clair, craquelée, d'aspect boursoufflée. Le revêtement n'est pas continu
0,2 - 3 cm	: Argilo-limoneux, brun clair, sec, particulaire à poudreux, non tassé, contenant de fines aiguilles cristallines de couleur blanchâtre. Cond. : 93 mmhos/cm - pH 8,5 - Na/T : 66, 1%
3 - 3,2 cm	: lit de cristaux, brillants, blanchâtres, prédominance des formes en aiguille.
3,2 - 7 cm	: Argileux, brun tacheté blanchâtre, frais, structure en plaquettes, secondairement polyédrique et lamellaire,

- : pseudo-mycelium bien développé.
Cond. : 58 mmhos/cm - pH : 8,5 -
Na/T : 46,4%
- 7 - 15 cm : argileux, brun tacheté blanchâtre,
frais, polyédrique moyen à grossier,
pseudo-mycelium moyennement développé,
quelques taches d'hydromorphie.
- 15 - 18 cm ; passée sableuse, beige, humide
Cond. : 38 mmhos/cm - pH : 8,7 -
Na/T : 73,8 %
- 18 - 60 cm : Argileux, brun foncé, humide, polyé-
drique à compact, faces brillantes,
taches d'hydromorphie bien indivi-
dualisées, quelques taches noirâtres
~~dégagant~~ SH₂ après action de ClH₄.
Cet horizon contient quelques len-
tilles plus limoneuses marquées par
de grosses taches d'hydromorphie.
Cond. : 30 mmhos/cm ; pH ; 9 -
Na/T : 64,8 %
- 60 - 70 cm : Horizon de transition, sablo-limo-
neux, brun clair, humide.
- 70 cm : Sablo-limono-argileux, sable fin
micacé, brun beige, humide, particu-
laire, faiblement cohérent, nombreuses
taches d'hydromorphie bien individua-
lisées : taches rouilles de forme
individualisée, taches rouilles de
forme sphérique enrobant un noyau
gris-verdâtre. L'horizon contient
quelques passées de sable grossier.
Cond. : 19 mmhos/cm - pH : 9,3 -
Na/T : 52,2 %

Nappe à 115 cm : Cond.: 31 mmhos/mm - pH : 8,4
 Calcaire sur tout le profil.
 Enracinement bien développé sur tout le profil, pivotant jusqu'à 70 cm.
 Le système racinaire se développe ensuite latéralement.

L'accumulation des sels est très nette à la partie supérieure du profil. La salure décroît avec la profondeur tout en gardant une valeur élevée; l'alcalisation a une valeur élevée sur tout le profil.

- sol salin

Profil type BE 82

Localisation : Sakamena à l'Est de Betioky

Pédologue : NANSE

Situation : cuvettes à microrelief gilgai

Végétation : touffes épaisses de *Sporobolus rhizomatosus*

0 - 60 cm : Horizon gris-noir
 argileux organique
 structure polyédrique grossière très anguleuse, cohésion très forte, sur-structure prismatique (profondes fentes de retrait qui découpent le sol en surface d'un réseau de fissures polygonales)
 très compact, porosité dans l'ensemble très faible.
 Cond.: 6,6 à 30 cm.

60 cm

: Horizon brun rougeâtre
argileux
structure polyédrique grossière très
anguleuse bien marquée, cohésion
très forte, surstructure cubique très
compacte, porosité faible
présence de pseudomycélias et fins
nodules calcaires blancs brillants
finement cristallins surtout à la
base de l'horizon organique
Cond. : 7,3

Variations : Les sols de mangrove ressemblent aux sols alluviaux
qui les ont formés, avec présence de vase et salure
très accentuée.

2) Sols calco magnésimorphes

Formés sur calcaires, ces sols présentent une matière orga-
nique de type mull calcique, une saturation du complexe en cal-
caire et une certaine richesse en calcaire au moins dans l'ho-
rizon B. On les observe surtout dans la région de Majunga, vers
Diégo-Suarez, et sur le plateau Mahafaly du Sud de Tuléar.

Ils appartiennent en général aux types brun calcaire et
rendzinoïdes plutôt qu'aux véritables rendzines.

Type T U S 8

Pédologue

: SOURDAT

Situation

: TULEAR - plateau

Est de MIARY - sous la côte 117 devant
la prise d'eau. Bas de pente (45°)
début de placage et de l'encroûtement

	colluvial de piedmont. Erosion forte ravines et surfaces de reg (60 %)
<u>Roche-mère</u>	: Calcaire éocène - (moyen à alvéolines)
<u>Végétation</u>	: maquis très clairsemé
<u>Pluviométrie</u>	: 350 mm - drainage excessif - l'exposition au Nord et la pente font une insolation maximum.

Surface de reg à 60 %, quelques buissons et le sol nu.

0 - 25 cm	: sablo-argileux calcaire - brun-rouge - structure polyédrique faible et fine avec nombreux petits cailloux et quelques-uns plus gros (cailloux colluviaux à contours nets). Nombreuses racines mais pas de chevelu de graminées.
25 - 60 cm	: transition, sablo-argileux très calcaire, brun-rosé plus clair, humus en diminution, structure polyédrique à fondue, faible. Blocs de roches et cailloux à contours altérés.
60 cm	: croûte calcaire plus ou moins continue à la surface d'une dalle fissurée. Cette croûte correspond à un niveau de ruissellement interne.
60 - 100 cm	: Altération continue dans les dalles plus compactes. Dans les fissures, matériau sablo-argileux calcaire beige, certains blocs altérés en écaille.

3) Vertisols

Sols de couleur assez sombre dont la couleur est due à la fixation sur l'argile de petites quantités de matière organique : souvent assez argileux, ces sols présentent une structure prismatique en saison humide alors qu'elle est polyédrique en période sèche. On observe des déplacements d'agréats. Ils peuvent être d'origine topomorphe ou lithomorphe.

A Madagascar on les observe surtout dans des cuvettes de débordement ou dans certaines vallées de l'Ouest, Sud et du Sud-Ouest.

Description

En surface, nous notons un relief gilgai, typique avec quelques fentes de retrait superficielles.

<u>Pédologue</u>	: NGO CHAN BANG
<u>Région</u>	: Benonoka 1 km Ouest (Région d'Ihosy)
<u>Végétation</u>	: Hyparrhenia rufa très haut
<u>Relief</u>	: bas-fond
<u>Nappe phréatique</u>	: à 120 cm
<u>Saison</u>	: sèche
0 - 35 cm	: horizon noir d'argile fine, montmorillonite (5,0 Y - 3/2 - 5,0 Y - 2/2), humide plastique, collant, structure grumelleuse à nuciforme en surface, devenant rapidement fondue à massive ensuite, enracinement moyennement dense.

35 - 120 cm

: horizon d'argile sableuse, gris-verdâtre (5,0 Y - 8/2, 5,0 - Y -6/2); très humide, plastique à collante, massive, nodules de calcaire autour de 55 cm, nappe à 120 cm.

Ce profil a été prélevé en saison humide, la structure prismatique est peu visible.

La richesse en matière organique (2,5 % de C en surface) est moins importante que la couleur pourrait le faire croire, la capacité d'échange est élevée (56 me/100 g) entièrement saturée surtout par Ca et mg, la teneur en argile atteint 60% en surface, le pH est nettement basique (7,5 environ).

4) Sols isohumiques

Cette classe est définie par une diminution progressive de la matière organique en profondeur formée d'humus calcique.

La végétation est normalement à base de graminées. On peut observer une migration de calcaire vers la profondeur et une certaine augmentation du pourcentage d'argile en profondeur, due probablement à une néogénèse.

Ces sols autrefois appelés steppiques n'ont été signalés à Madagascar que ces dernières années par KILLIAN au Sud de Tuléar. Il s'agit probablement de sol dérivés de liron rouge sur calcaire recalcarifié et ayant subi par la suite une évolution isohumique.

A Madagascar, seule la sous-classe des sols isohumiques à complexe saturé groupe des sols bruns subtropicaux, semble représentée.

Profil KBT 64

Pédologue

: KILIAN

Région

: environs immédiats d'Ankazomanga à l'ouest de Betioky.

0 - 10 cm

: Brun rouge clair - Limon sableux - plus ou moins sec - friable - structure grumeleuse à motteuse - racines assez abondantes - Myceliums calcaires assez nombreux - quelques nodules calcaires farineux.

10 - 45 cm

: Rouge clair - limon argilo-sableux - sec - assez dur - structure motteuse - inclusions de matière organique myceliums et nodules calcaires - racines.

45 - 78 cm

: Rouge clair - limon - sec et friable - structure motteuse moins développée - Augmentation progressive et nette des nodules calcaires - Ceux-ci sont petits, durs, très rapprochés - Petits morceaux de grès ferrugineux enrobés de calcaire.

78 cm

: Rose blanc - Accumulation brutale et forte de nodules calcaires farineux.

Il est probable que certains des sols appelés dans le Sud soit sols ferrugineux tropicaux, soit rouges méditerranéens seraient à revoir quant à leur classification.

La matière organique varie de 2 à 0,2 (exprimée en m.o.) le rapport C/N est bas (de 8 à 10), le pH est nettement basique (de 7,6 à 8,3). La teneur en calcaire croît avec la profondeur, de 11,7 à 96 %.

5) Sols bruns eutrophes

Formés en milieu tropical humide, sur roche calcaïque, peu acide, et à structure de tendance cubique, ils sont rattachés aux sols à mull. A Madagascar leur structure est en général peu marquée.

<u>Type</u>	: I R 2
<u>Emplacement</u>	: nationale 43: col avant arrivée Ampefy
<u>Date</u>	: 23 Mai 1964
<u>Pédologues</u>	: RQUIER, BOURGEAT, GRAFFIN
<u>Topographie</u>	: Colline localement pente modérée
<u>Erosion</u>	: modérée en nappe
<u>Végétation</u>	: prairie à Hyparrhenia
<u>Roche-mère</u>	: cendres basaltiques de l'Itasy.
25 - 50 cm	: sous recouvrement plus récent, horizon sec moyennement organique, argillo-limoneux, structure à tendance prismatique, cohésion moyenne, porosité bonne, bon enracinement.
50 - 150 cm	: horizon sec brun beige, limoneux, structure massive avec une sous-structure nuciforme, cohésion moyenne à faible, microporosité moyenne, quelques fines racines,
150 - 200 cm	: horizon sec, brunâtre à taches rouilles et noires formées par des minéraux décomposés, structure

...

massive secondairement particulaire,
enracinement faible, microporosité
faible, cohésion moyenne.

au-delà de 200 cm : Lappillis noirs bloutés particuliers.

Présence d'halloysite peu de gibbsite, gels amorphes, rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ compris entre 1,2 et 1,5. Teneur en carbone entre 0,9 et 0,1, le fer libre varie de 7,8 à 12.

Ce sol est à rapprocher des sols ferrallitiques jaunes sur basaltes et des sols ando.

On les observe surtout sur les cendres basaltiques (Itasy et région d'Antsirabe) des plateaux.

6) Sols podzoliques

Signalés par plusieurs pédologues, certains sols présentent un faciès qui rappellent les podzols d'Europe sans en avoir toutes les caractéristiques.

En particulier, on n'observe souvent pas d'horizon d'accumulation de fer. On peut les classer dans la sous-classe des sols à Moor à horizon de gley, groupe des pseudo-podzols de nappe.

Description d'un profil observé dans une zone à drainage déficient, dans la plaine de la Manambato, région de Farafangana.

Pédologue

: BOURGEAT

0 - 5 cm

: horizon formé de grains de sable associé à des débris végétaux, couleur grise, les débris végétaux sont distincts des grains de quartz, structure particulaire, très poreux.

5 - 25 cm	: sable gris, cendreuse, particulaire enracinement plutôt faible, perméable.
25 - 30 cm	: horizon d'accumulation noir, la matière organique enrobe les grains de quartz, structure massive secondairement particulaire
30 - 210 cm	: sable jaunâtre avec taches rouilles et concrétions ferrugineuses dont le nombre augmente avec la profondeur.

A partir de 60 cm, la nappe phréatique apparaît.

Peu répandus, ils sont surtout signalés sur la côte Est, dans des zones où la pluviométrie annuelle dépasse 1800 mm sans saison sèche.

III - REPARTITION DES SOLS PAR REGION

<u>Classe I</u>	sols minéraux bruts d'érosion	: versant occidental des Hauts-Plateaux, des plateaux, extrême Sud
	sols minéraux bruts d'apport	: vallées de l'Ouest, extrême Sud
<u>Classe II</u>	sols minéraux peu évolués d'érosion	: Hauts-Plateaux, versant occidental, Sud
	sols minéraux peu évolués d'apport	: Centre Ouest, Ouest
<u>Classe III</u>	sols calcomagnésimorphes:	roches calcaires, sédimentaires de l'Ouest, Sud-Ouest, extrême Nord
<u>Classe IV</u>	Vertisols	: versant occidental, plaines côtières

<u>Classe V</u>	Sols isohumiques	: Sud-Ouest, extrême Sud
<u>Classe VI</u>	Sols bruns eutrophes	: sur cendres volcaniques basiques (plateaux)
<u>Classe VII</u>	Sols podzoliques	: versant oriental sur sable
<u>Classe VIII</u>	Sols fersiallitiques	
	Sols rouges méditerranéens	: Sud-Ouest et extrême Sud, extrême Nord
	Sols ferrugineux tropicaux	: rebord occidental des Hauts-Plateaux, roches sédimentaires de l'Ouest.
<u>Classe IX</u>	Sols ferrallitiques	: sur le socle ancien, hauts-Plateaux, Côte Est, Nosy-Be, Sainte-Marie
<u>Classe X</u>	Sols halomorphes	: basses plaines côtières occidentales, quelques zones intérieures du Sud-Ouest
<u>Classe XI</u>	Sols hydromorphes	: plaines alluviales des hauts-plateaux, de l'Est et de l'Ouest, dépressions tectoniques selon le drainage naturel.

IV - VALEUR AGRONOMIQUE DES SOLS DE MADAGASCAR

a) Les sols ferrallitiques, sols les plus répandus à Madagascar, ont mauvaise réputation et les pédologues de Madagascar, ceux de l'IRAM surtout, se sont penchés sur le problème de régénération de leur fertilité.

Sur les plateaux : outre certains sols bien structurés, relativement humifères qui pourraient convenir aux agrumes et aux ananas, les essais ont montré qu'en apportant un certain nombre d'éléments, ces sols peuvent convenir à des cultures telles que le maïs ou les fourrages.

Les sols les plus dégradés sont souvent reboisés.

Sur la côte Est : bananiers, canne à sucre, caféiers, etc... sont cultivés sur les sols ferrallitiques humifères.

b) Les sols ferrugineux tropicaux légers conviennent bien à l'arboriculture en sec de type anacardiens et à l'arachide mais sont alors rapidement dégradés. En culture irriguée, ils sont en général favorables aux cultures cotonnières.

c) Les sols rouges "méditerranéens" et isohumiques

Quand ils sont assez profonds, peuvent porter des arbres fruitiers et des cultures maraîchères, à condition de pouvoir les irriguer.

En culture sèche, ils conviennent à des cultures de type sisal, manioc, arachides, etc...

d) Les sols peu évolués côtiers sur bourrelets sableux ou cordons littoraux sont adaptés aux cocoteraies.

Quant aux "baibohos", sous une pluviométrie inférieure à 1200 mm, ils conviennent aux cultures pluviales tandis que sous une pluviométrie supérieure à 1200 mm, ce sont plutôt des cultures de décrue qui sont pratiquées, tabac et coton en particulier selon la texture.

e) Les sols hydromorphes sont en général les terres de rizières à condition de posséder la maîtrise de l'eau et d'avoir des sols exempts de sulfures.

f) Les sols bruns eutrophes, en général assez riches portent de belles plantations d'aleurite ou des cultures de tabac ou de maïs.

g) Les sols salés, sont assez peu répandus à Madagascar pour que leur mise en valeur ne soit pas envisagée pour l'instant. Il peut exister un dessalage naturel par repoussée des eaux douces par la marée montante et drainage à la marée descendante.

h) Les podzols sont couverts par la forêt de l'Est et conviennent ~~à la~~ vanille sous certaines conditions.

V - CONCLUSION

Les sols de Madagascar sont très variés et toutes les classes sont représentées mais leur valeur agronomique est inégale. Cependant, les essais menés par différents instituts de recherche montrent qu'il est possible d'améliorer grandement leur fertilité.

BIBLIOGRAPHIE

- G. AUBERT : Classification des sols. Tableau des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes utilisés par la section de Pédologie de l'ORSTOM 1965
Cah. Pédol. ORSTOM, vol. III, fasc. 3, 1965
- G. AUBERT et J. BOULAIN : La pédologie "Que sais-je" P.U.F. 1967
- G. AUBERT et P. SEGALIN : Projet de classification des sols ferrallitiques.
Cah. ORSTOM, série Pédol., vol. IV, n° 4, 1966
- R. BATTISTINI : Les modifications climatiques du quaternaire à Madagascar - Relations avec l'Afrique orientale - Communications Semaine Géol. Madagascar, 1967
- R. BATTISTINI : L'extrême-Sud de Madagascar - Etude géomorphologique. Thèse Doct. Etat Université de Madagascar - 1964 - Editions Cujas
- L. BOUCHARD : Etude pédologique de la région Alakamisy - Ambohimaha.
I.R.A.M., Doc. 93, Nov. 66
- F. BOURGEAT : Etude de la basse vallée du Kamoro ORSTOM - Tananarive, 1964
- F. BOURGEAT : Etude de la basse plaine de la Manambato - ORSTOM Tananarive, 1964
- F. BOURGEAT : Les sols aux environs de certains villages des hauts-plateaux - ORSTOM Tananarive, 1964
- F. BOURGEAT, J. HERVIEU, J. RIQUIER : Colloque UNESCO - Présentation de quelques profils ferrallitiques - Etude du milieu pédogénétique dans les environs de Tananarive - ORSTOM Tananarive 1964

- F. BOURGEAT et M. PETIT : Les stone-lines et les terrasses alluviales des hautes terres malgaches. Cah. ORSTOM, série Pédol., vol. IV, n° 2, 1966
- F. BOURGEAT et M. PETIT : Les lavakas malgaches - un aspect naturel d'évolution des versants - Bul. Assoc. Géog. Franç., Mars-Avril 1965, n° 332-333
- R. DIDIER DE ST-AMAND : Dynamique des sols hydromorphes organiques malgaches en relation avec la riziculture. Thèse Doct., 1967 : Agromonie Tropicale Série III, Vol. XXIII n° 3
- Ph. GRAFFIN : Etude de la station sols salés de Tuléar - ORSTOM Tananarive, 1964
- J. HERVIEU : Notice de la carte Ampanihy-Beloha-Feuille 63 - 1/200.000 ORSTOM
- J. HERVIEU : Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical. Thèse Doct., Etat 1966
- J. HERVIEU : Géographie des sols malgaches - essai synthétique - ORSTOM 1966
- J. KILIAN : Etude pédologique de la cuvette d'Ankazomanga - Recherche des sols à arachides, province de Tuléar - Doc. 58 IRAM - Tananarive 1965
- E. LATRILLE : Etude pédologique de la plaine de Tananarive - Doc. 117 - IRAM - 1965-66
- R. MAIGNIEN : Compte-rendu de recherches sur les latérites. Recherches sur les ressources naturelles IV UNESCO, 1966
- Cl. NOUREAUX : Notice sur la carte pédologique de reconnaissance au 1/200.000 - Feuille 19 Maevatanana - Mén. IRSM, tome V, série D - 1956
- G. NAISE : Notice de la carte - vallée de la Sakamena Beavoha, 1965

- NGO CHAN BANG : Etude pédologique de la vallée de l'Andranomasina - IRAM - 1964
- P. QUANTIN : Compte-rendu du 11ème Congrès des Sciences du Pacifique.
Bul. Bibl. Pédol. ORSTOM, tome XV, fasc. 4, 4ème trim. 66
- J. RIQUIER : Carte des sols de Madagascar échelle 1/1.000.000 - 1964 ORSTOM - sous presse
- J. RIQUIER : Etude sur les lavaka - Mémoires de l'IRSM, série D, tome VI, 1954
- P. ROCHE, J. VELLY, J. CELTON : Problème de régénération de la fertilité des sols ferrallitiques de Madagascar. Remarques sur l'arrière action des fumures mixtes apportées sur divers types de sols de collines malgaches 1962-1964.
Agron. Trop. Paris (9) Sept. 1966
- P. SEGALEN : Etude des sols dérivés des roches volcaniques basiques à Madagascar - Mém. IRSM - Tome VIII, série D, 1957
- M. SOURDAT : Renseignements oraux.

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE TANANARIVE

B.P. 434

TÉLÉPHONE : 238-75