

Pédo

LE NATURALISTE MALGACHE

Tome IX

1957

Fasc. I

OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES DANS LA PLAINE D'AMBOHIMANDROSO

par

J. HERVIEU

INTRODUCTION

Les notes qui suivent ont servi partiellement de base à l'établissement de la Carte d'Utilisation des Sols de la Vallée de l'Onivé (1). Leur caractère pédologique général et l'extension possible des phénomènes décrits à l'ensemble de la zone considérée, nous incitent à les présenter séparément de la notice explicative.

Les espèces végétales ont été déterminées par J. Bosser, agrostologue. Les analyses biologiques ont été effectuées par C. Moureaux, microbiologiste des sols. Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au laboratoire de l'I.R.S.M., sous la direction de M^{me} Ruf.

D'après J. GUIGUES (2), le bassin fluvio-lacustre d'Ambohimandroso, situé à environ 80 km au sud de Tananarive, est formé d'alluvions géologiquement récentes, postérieures aux alluvions lacustres anciennes de l'Ankaratra. L'Onive et ses affluents, l'Ambatolampy et l'Ihazolava, ont creusé dans cette surface de larges vallées à méandres et déposé des alluvions récentes.

Le climat, à saison sèche marquée, est celui des Hauts-Plateaux, avec une pluviométrie annuelle de 1.450 mm et une température moyenne annuelle de 16°3 C, chiffres influencés par la proximité du massif de l'Ankaratra (3).

La topographie est un facteur important dans l'évolution et la répartition des sols : en effet, entre les collines métamorphiques périphériques et les vallées récentes, les alluvions fluvio-lacustres constituent de vastes surfaces planes à drainage diffus avec des parties faiblement déprimées : les dénivellations n'excèdent pas quelques mètres, mais sont suffisantes pour modifier la position de la nappe phréatique et les conditions du drainage, ce qui se traduit par une évolution pédologique différente.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 11095

27 DEC. 1966

Les alluvions fluvio-lacustres sont en moyenne argilo-sableuses, mais les dépôts profonds sont très variés et encore mal connus. L'altitude varie entre 1.552 m et 1.555 m.

A. — LE SOL FERRALLITIQUE FAIBLEMENT LESSIVÉ
PROFIL TYPE EN CONDITION DE DRAINAGE NORMAL

En zone plane bien drainée, sous *Acacia decurrens* en taillis, le profil du sol est le suivant :

- 0 à 15 cm : Horizon brun clair, un peu humifère, argilo-sableux. La structure est faiblement grumeleuse à nuciforme ; l'enracinement est assez important, la plasticité faible, la porosité moyenne, surtout tubulaire.
(51)
- 15 à 30 cm : Horizon jaune rougeâtre, argilo-sableux à argilo-limoneux ; structure faiblement nuciforme à tendance polyédrique. Porosité et enracinement faibles. Peu plastique.
(52)
- Plus de 30 cm : Horizon rouge orangé vif, argilo-limoneux, nettement polyédrique, à structure assez stable. Racines rares, un peu plastique à l'état humide, légèrement micacé. Homogène.
(53)

Cet horizon passe, à profondeur variable (1,50 à 2 m), à une alluvion jaunâtre, limono-sableuse à sablo-argileuse, présentant fréquemment des lits sableux entrecroisés ou des lignes de plaquettes ferruginisées correspondant à des conditions variées de dépôt (ces coupes profondes sont visibles dans la tranchée du chemin de fer au nord d'Ambohimandroso).

Le sol précède à un pH acide. Il s'agit d'un sol ferrallitique moyennement humifère, peu lessivé. La teneur notable en matière organique dans l'horizon de surface est due à la permanence d'une végétation arbustive dense. Le rapport C/N est voisin de 10.

B. — LES SOLS HYDROMORPHES HUMIFÈRES :
PROFILS TYPES EN CONDITION D'ENGORGEMENT TEMPORAIRE DE SURFACE
ET D'ENGORGEMENT PERMANENT DE PROFONDEUR

Dans les zones légèrement en dépression, la nappe de plateau se trouve à faible profondeur. Ses variations de niveau modifient les conditions d'évolution pédologique. En saison des pluies, le sol est entièrement saturé d'eau ou en submersion quasi-permanente ; en saison sèche, on trouve la nappe à plus ou moins faible profondeur. Sous l'influence de ces condi-

tions, on observe une végétation particulière, un horizon de surface très humifère, noir foncé, une individualisation plus ou moins poussée des composés du fer pouvant aller jusqu'au cuirassement.

a) *Sol humifère à taches et concrétions ferrugineuses*

Profil observé sous prairie dense, en zone quasi-plane, micro-relief en buttes :

- 0 à 20 cm : Horizon noir foncé, très humifère, sableux fin à sablo-limoneux. La structure est grumeleuse fine à tendance particulière, la porosité ordinaire élevée. Tout l'horizon est riche en racines de plantes herbacées ; friable surtout à sec. (41)
- 20 à 30 cm : Horizon brun-gris à gris noirâtre, argilo-limoneux. Cet horizon est encore riche en humus avec un enracinement moindre, une structure compacte et massive à tendance nuciforme lorsque le sol est sec. La porosité est plutôt faible. (42)
- 30 à 80 cm : Horizon jaune-beige avec taches jaune-rouille assez nettes et taches rouge-brique dont le centre est plus ou moins durci et s'écrase souvent sous les doigts. L'ensemble est argilo-sableux, moyennement plastique, sans structure nette. Enracinement encore notable. (43)
- 80 cm à 1,20 m : Horizon gris-bleu, très argileux, avec encore quelques taches rouge-brique. (44)
- 1 m 20 et plus : Argile gris-bleu, où le fer est totalement réduit ; imperméable, très plastique.

La nappe phréatique est atteinte à 1,30 m (profil observé en saison sèche).

L'accumulation de matières organiques dans les horizons supérieurs est due essentiellement à la submersion temporaire en saison chaude d'une végétation herbacée dense où dominent les espèces suivantes : *Aristida similis*, *Loudetia sp.*, *Eulalia villosa*, *Bulbostylis cinnamomea*, et *Rhytachne rottboellioides*. La saison sèche avec des températures minima relativement basses (moyenne minima en juillet : 11°9) ne permet pas une décomposition très poussée de la matière végétale. En saison chaude, la hauteur de l'eau au-dessus du sol submergé est toujours faible, sur de vastes surfaces à pente très faible, et permet un développement rapide des organes végétatifs. Cette matière organique, humide, est légèrement spongieuse et tache les doigts ; séchée à l'air, elle conserve sa teinte noirâtre et se désagrège en petites mottes irrégulières se réduisant facilement en poudre.

Observée au binoculaire, la matière organique apparaît nettement distincte du squelette quartzique (grains anguleux luisants de 0,5 à 2 mm) relativement peu abondant : environ 30 % en poids. Cette matière organique a un pH légèrement acide et est moyennement humifiée. Les débris végé-

taux à structure encore visible sont fréquents. On aurait ici un humus intermédiaire du type « Moder » avec un C/N voisin de 15, à tendance acide. Comme le révèlent les tests biochimiques, cette matière organique, en conditions normales d'aérobiose, présente une activité biologique élevée et contient une grande abondance de germes.

Si la nappe n'atteint pas, au moins temporairement, la surface du sol en saison des pluies, l'horizon de surface perd sa teinte noire et l'accumulation de matières organiques ne se fait plus. Cet horizon organique correspond bien à une alternance saisonnière, à une végétation et à un pédoclimat particuliers, puisqu'on le trouve également, moins épais, mais bien marqué, sur les alluvions fluviales récentes de l'Onive, constituant la partie supérieure de sols peu évolués ou faiblement hydromorphes. Le profil est alors le suivant :

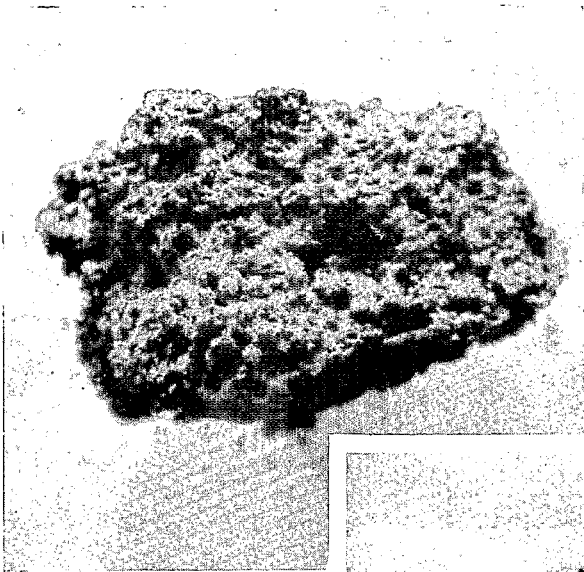
- 0 à 12 cm : Horizon noir foncé, très humifère, sableux fin à sablo-limoneux ; la structure est grumeleuse fine, peu stable, à tendance particulière. Enracinement très important.
- 12 à 50 cm : Horizon brun grisâtre, limono-sableux à limoneux, sans structure nette, à tendance particulière à l'état sec. L'enracinement est moyen.
- 50 à 80 cm : Alluvion récente micacée, jaune marron, à taches rouilles diffuses et peu marquées.
- 80 cm et plus : Nappe phréatique (niveau de l'Onive). Lits de sable grossier.

En ce qui concerne l'individualisation des composés du fer, le degré de concrétionnement varie selon l'importance des fluctuations du niveau de la nappe et la texture du matériau originel. Les concrétions sont d'autant plus abondantes que la nappe descend à faible profondeur en saison sèche, les phénomènes d'oxydo-réduction ayant alors lieu sur 20 à 30 cm, que l'horizon humifère est mieux marqué, et que la texture du matériau originel est plus sableuse.

b) Sol humifère à cuirasse de nappe de plateau

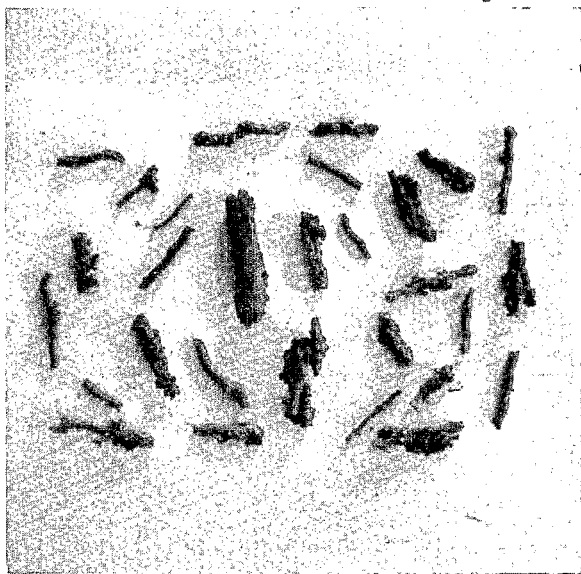
Nous avons observé plusieurs cas de cuirasses en formation. Ces cuirasses sont en général peu épaisses (20 à 30 cm), développées en bordure de plateau, là où les variations de la nappe phréatique sont les plus franches. Elles présentent une structure tout à fait caractéristique et, dans deux cas au moins, nous avons pu voir clairement le rôle des racines dans leur formation, sans équivoque possible.

Le profil se présente alors de la façon suivante, en zone plane, sous prairie dense :



A. — Cuirasse réticulaire formée par accumulation de concrétions ferrugineuses tubulaires.

B. — Epigénie de racines par les composés du fer dans un sol hydromorphe.



- 0 à 20 cm : Horizon noir, sableux fin à sablo-limoneux, humifère, à structure grumeleuse fine, secondairement particulaire. Très riche en racines de plantes herbacées, porosité élevée.
(81)
- 20 à 30 cm : Horizon brun-gris, argileux, un peu humifère, nuciforme à faiblement polyédrique, beaucoup plus compact que le précédent, encore très riche en racines plus ou moins mortes.
(82)
- 30 à 40 cm : Horizon jaune-beige, argilo-limoneux, légèrement plastique, avec de nombreuses concrétions tubulaires jaunâtres, ferrugineuses, le plus souvent creuses à l'intérieur. Leur diamètre varie de quelques mm à 1 cm et elles font penser à une sorte de fossilisation d'un système radiculaire préexistant (cf. Pl. I, A).
(83)
- 40 à 65 cm : Cuirasse ferrugineuse réticulaire, formée de canalicules ferrugineux anastomosés, à cassure rouge-brique (cf. Pl. I, B). Entre les mailles du réseau se trouve une argile jaune-beige comme celle de l'horizon précédent. L'ensemble est plus ou moins durci et se laisse souvent tailler à la bêche.
(84)
- 65 à 80 cm : Horizon jaune blanchâtre, avec taches rouilles ou rouge orangé, diffuses ; très argileux, compact et plastique.
- 80 cm et plus : Niveau de la nappe. Horizon blanc grisâtre, très argileux, où le fer est totalement réduit ; compact, plastique et adhérent.

On peut penser que ces concrétions tubulaires ont commencé à se former sous l'influence directe des racines avant la mort de celles-ci, et que, par la suite, ces canaux artificiels ont favorisé le dépôt des composés du fer, les vides se comblant peu à peu. Les racines vivantes occupent alors les espaces voisins, et le phénomène se poursuit jusqu'à formation d'un réseau très dense de canalicules. La cuirasse aurait ainsi une croissance vers le haut, au fur et à mesure que se fait l'accumulation de matière organique en surface et que se déplace la zone de densité radiculaire maximum.

C. — ESSAI DE GÉNÉRALISATION DES OBSERVATIONS PRÉCÉDENTES

Sur d'autres surfaces topographiques, actuellement bien drainées toute l'année, on peut observer des éléments de cuirasses fossiles, surmontant des zones tachetées également fossiles.

Ces cuirasses, bien que d'une structure beaucoup moins nette que les précédentes, semblent également avoir pour origine la réunion de canalicules ferrugineux qui se poursuivent plus ou moins dans l'horizon sous-jacent sous forme de taches allongées. Ces cuirasses correspondent très vraisemblablement à d'anciennes surfaces mal drainées.

On ne saurait généraliser dans la formation des cuirasses une action de la végétation aussi nette que dans le cas décrit précédemment, mais on peut se demander si le phénomène qui conduit au cuirassement, à savoir l'hydro-

morphie, n'est pas susceptible d'être appliqué à d'autres cas. C'est ainsi qu'à l'Ouest de la plaine d'Ambohimandroso, en allant vers le massif de l'Ankaratra, on trouve dans la région d'Ambatotsipihina de vastes surfaces topographiques planes, mises en relief et épargnées par l'érosion différentielle. Ces surfaces sont constituées par des coulées basaltiques cuirassées.

La cuirasse affleure sur les bords de plateau, l'horizon sous-jacent étant masqué par un talus d'éboulis ; en certains endroits, à cause du sapement des couches sous-jacentes par un ruisseau souterrain, la cuirasse s'est effondrée. Sur le plateau, on trouve un sol rouge orangé latéritique, peu humifère, à profil homogène ; d'après ce que nous avons pu observer, il semble que la cuirasse se prolonge en profondeur par une zone tachetée fossile.

Cette cuirasse fait environ 80 cm à 1 m d'épaisseur ; sa structure est tout à fait particulière. Elle semble résulter de l'agglomération de concrétions irrégulières et de canalicules de taille variable, l'ensemble étant imparfaitement comblé (vides peu importants mais très nombreux). La teinte générale est rouge foncé vif.

Cette cuirasse constitue l'équivalent d'une pierre tendre : les autochtones y taillent des mortiers.

De par son étendue et sa situation, sa structure et son homogénéité, cette cuirasse pourrait s'être formée dans la zone de battement d'une nappe de plateau, sous une végétation de prairie humide. Comme l'a déjà signalé J. RIQUIER (4), dans ce cas la cuirasse résulterait de l'altération de la roche et remaniement sur place des produits d'altération, et non pas d'un enrichissement en fer et en alumine d'un horizon illuvial de sol ferrallitique. Le phénomène risque d'être accéléré par les acides humiques libérés en quantités assez importantes, dans le cas de surfaces périodiquement inondées, à prairie dense.

CONCLUSION

Ces observations illustrent l'action marquée des phénomènes d'hydromorphie qui modifient l'évolution normale du sol et lui confèrent des caractères tout à fait particuliers.

Nous avons vu un cas particulièrement net de l'action des racines sur l'individualisation des composés du fer.

L'humus décrit ci-dessus, par les conditions dans lesquelles il se forme et par les caractéristiques physico-chimiques, malheureusement sommaires, que nous en donnons, paraît assez bien défini pour qu'on recherche s'il est caractéristique de certains sols et de certaines zones de Madagascar.

Il est bon de souligner cependant combien il est artificiel d'isoler tel ou tel phénomène comme résultant d'un facteur pédogénétique particulier. Dans le cas qui nous occupe, les différents facteurs (climat, végétation, drai-

nage, topographie) ont de nombreuses interactions. Il est parfois délicat de définir le rôle exact joué par chacun d'eux. Le profil type peut cependant être considéré comme représentatif d'un milieu pédogénétique donné : les exemples de la plaine d'Ambohimandroso paraissent à ce point de vue particulièrement significatifs.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOSSER (J.) et HERVIEU (J.), 1957. — Carte d'Utilisation des Sols de la vallée de l'Onive, avec notice explicative. — Publications de l'I.R.S.M. (sous presse).
2. GUIGUES (J.), 1952. — Etude Géologique des feuilles Antsirabe-Ambatolampy. — Travaux du Bureau Géologique de Madagascar, Tananarive.
3. Données fournies par le Service Météorologique de Madagascar, Tananarive.
4. RIQUIER (J.), 1951. — Essai de classification des sols latéritiques de Madagascar selon la topographie. — *Mém. Inst. sci. Madag.*, D, III.

RÉSULTATS ANALYTIQUES

Pour les méthodes analytiques employées, cf. : Formulaire des méthodes analytiques en usage aux Laboratoires de Chimie analytique et de Microbiologie de l'I.R.S.M., Tananarive, juin 1956.

I. — Analyses physico-chimiques

SOL FERRALLITIQUE SUR ALLUVIONS LACUSTRES BIEN DRAINÉES

N° échantillon	Acidité pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
51	5,4	30,1	17,9	42,2	8,7	55,0
52	5,8	30,5	19,0	38,1	9,0	40,2
53	5,1	40,9	16,0	25,2	15,3	30,0

N° échantillon	Mat. org. totale ‰	Humus total ‰	Acides humiques ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rapport C/N.	Rap. Humus/Mo %	Eléments échangeables					P ₂ O ₅ assimila-		Y %
								CaO	MgO	K ₂ O	ble	T	S		
(en meq. pour 100 g)															
51	42,8	12,4	3,0	25,2	2,65	9,5	28,9	0,89	0,69	0,24	0,08	21,4	1,82	8,4	
52	23,8	5,0	1,5	14,0	1,25	11,2	21,0	0,86	0,84	0,12	0,01	13,5	1,85	13,3	
53	8,8	4,5	1,0	5,2	0,9	5,8		0,53	1,64	0,09	0,01	9,6	1,26		

N° échantillon	Perte au feu %	Résidu %	SiO ₂ combinée %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	SiO ₂ Al ₂ O ₃	Eléments totaux			Fer libre %
								CaO ‰	K ₂ O ‰	P ₂ O ₅ ‰	
51	17,3	28,2	12,9	12,8	26,5	0,09	0,84	0,45	0,24	1,35	2,8
52	14,0	26,6	16,2	12,8	26,2	0,08	1,0	0,60	0,20	1,50	5,3
53	12,4	29,9	15,4	12,5	28,0	0,08	0,9	0,45	0,24	1,90	5,3

SOL HUMIFÈRE A TACHES ET CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES

N° échantillon	Acidité pH.	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
41	5,8					52,0
42	6,1	47,7	26,4	15,2	9,0	53,4
43	6,0	34,2	19,2	32,7	12,1	40,8
44	5,7	38,7	13,8	41,15	4,7	44,3

N° échantillon	Mat. org. totale %	Humus total %	Acides humiques %	Carbone %	Azote total %	Rapport C/N.	Rap. Humus/Mo %	Eléments échangeables P_2O_5 assi-				T	S	V %
								CaO	MgO	K_2O	mila- ble			
(en meq. pour 100 g)														
41	122,2	26,0	12,6	66,0	4,7	14,0	23,1	0,89	0,74	0,16	0,02	38,6	1,79	4,6
42	85,0	20,5	10,2	50,0	3,15	15,8	25,4	0,71	0,69	0,26	0,02	40,4	1,66	4,1
43	10,8		0,9	6,4	0,6	10,6		2,13	0,64	0,10	0,02	20,5	2,87	

N° échan- tillon	Perte au feu %	Résidu %	SiO_2 combinée %	Fe_2O_3 %	Al_2O_3 %	TiO_2 %	SiO_2 Al_2O_3	Eléments totaux			Fer libre %
								CaO %	K_2O %	P_2O_5 %	
41	16,2	34,7	5,5	8,8	29,8	0,2	0,3	0,50	0,24	2,7	1,4
42	19,3	36,6	3,5	6,8	33,3	0,3	0,17	0,85	0,21	2,6	1,75
43	17,9	18,1	1,8	6,0	40,5	0,2	0,06	1,30	0,35	1,6	1,75

SOL HUMIFÈRE A CUIRASSE DE NAPPE DE PLATEAU

N° échantillon	Acidité pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
81	5,6					80,6
82	6,1	49,0	13	27	5	36,4
83						34,5
84						
85		44,9	14,4	26,0	14,0	

N° échantillon	Mat. org. totale %	Humus total %	Acides humiques %	Acides fulviques %	Carbone %	Azote total %	Rapport C/N	Rap. Humus/Mo %	Eléments échangeables					
									CaO	MgO	K ₂ O	T	S	V
									(en meq. pour 100 g)					
81	272,0	96,0	11,0		160,0	11,3	14,1	35,2	0,35	0,74	0,36	21	1,45	6,9
82	34,0	5,8	0,6		20,0	1,5	13,3	17,0	0,35	0,70	0,08	18	1,17	6,5

N° échantillon	Perte au feu %	Résidu % combinée	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	SiO ₂ Al ₂ O ₃ %	Eléments totaux				Fer libre %
								CaO ‰	MgO ‰	K ₂ O ‰	P ₂ O ₅ ‰	
81								0,85	0,35	1,85	1,0	
82								0,70	0,25	2,65	7,0	
83												
84	22,3	1,9	5,2	29,6	40,1	0,3	0,17					

II. — Tests biochimiques

N° échantillon	Indice d'utilisation du glucose	Indice respiratoire (mg CO ₂ /20 g/5 jours)	Pouvoir enzymatique Saccharase
41	75,1	14,02	23,4
81	93,6	12,35	23