

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
INSTITUT DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Section de Pédologie

NOTICES
SUR LES
CARTES D'UTILISATION DES SOLS

13

Feuille d'Anjajia

par

J. BOSSER ET J. RIQUIER

PUBLICATIONS
DE
L'INSTITUT DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
DE MADAGASCAR
TANANARIVE-TSIMBAZAZA

—
1960

PUBLICATIONS
DE L'INSTITUT DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
TANANARIVE, TSIMBAZAZA

Notices parues

1. BOSSER J. et ROCHE P. — *Feuille d'Andilamena* (24 p.).
2. RIQUIER J. — *Feuille d'Ankadinondry et de Babetville* (28 p., 12 fig.).
3. BOSSER J. et HERVIEU J. — *Feuilles de Marovoay* (50 p., 1 fig.).
4. BOSSER J. et HERVIEU J. — *Vallée de l'Onive* (deux feuilles) (44 p., 1 dép.).
5. BOSSER J. et RIQUIER J. — *Feuilles de Morarano-Amparafaravola et Ambohijanahary* (lac Alaotra) (54 p.).
6. VIEILLEFON J. — *Feuilles d'Imady* (39 p., 5 fig.).
7. VIEILLEFON J. — *Feuille de la Manandrotsy* (35 p., 1 fig.).
8. VIEILLEFON J. — *Feuille de la Manantanana* (43 p., 1 fig.).
9. VIEILLEFON J. — *Feuille de l'Ankona* (25 p.).
10. HERVIEU J. — *Etudes et possibilités de mise en valeur des sols de la plaine d'Anosibe* (38 p.).
11. HERVIEU J. et RIQUIER J. — *Notice sur les sols du Bas-Mandrare* (64 p.).
12. VIEILLEFON J. — *Les sols de la plaine de la Menarahaka* (46 p.).

INTRODUCTION

Cette carte d'utilisation des sols intéresse les environs d'Anjajia (district d'Ambato-Boéni), c'est-à-dire la vallée de la Tsilakanina, limitée au Nord par la route Tananarive-Majunga, au Sud par le Kamoro. Elle a été dressée par J. BOSSER (agrostologue) et J. RIQUIER (pédologue) à l'I.R.S.M.

Le fond topographique a été tiré des photos aériennes du Service géographique de Madagascar et agrandi au 1/20.000^e, échelle définitive de la carte.

Pour cette carte ont été utilisés :

1° La couleur, pour les classes d'utilisation des sols. Elles synthétisent les observations sur la végétation, les sols, etc. Elles indiquent la vocation et l'utilisation optimum des terres.

2° Des symboles pour la végétation.

Pour la signification des couleurs et des symboles voir la légende de la carte.

3° Des chiffres et des lettres sous forme de fraction pour les autres facteurs. La fraction est disposée comme suit :

utilisation actuelle du sol $\frac{\text{type pédologique}}{\text{(pente } \rightarrow \text{ érosion ou alluvionnement)}}$

Ex : $2a \frac{1}{B-1}$

La signification des chiffres et des lettres est la suivante :

A. — UTILISATION DU SOL

1. Culture :

- 1a Culture sèche ;
- 1b Culture arbustive ou fruitière ;
- 1c Culture d'inondation ou de décrue ;
- 1d Rizière ;
- 1e Jachère.

2. Pâturage :

- 2a. Pâturage naturel pour élevage extensif ;
- 2b. Pâturage artificiel.

3. Bois et forêts.

4. Végétation naturelle et terres sans utilisation.

B. — TYPES PÉDOLOGIQUES

1. Sol gris sur carapace sableuse rouge ;
2. Sol argilo-sableux rouge sur marne ;
3. Sol gris ou brun sur marne ;
4. Alluvion de la Tsilakanina : sable blanc à taches rouilles stratifié avec des argiles grises polyédriques non calcaires ;
5. Alluvions récentes argilo-sableuses ;
6. Colluvion sableuse rose ou blanchâtre ;
7. Sol rouge sur carapace sableuse ;
8. *Baiboho* rarement inondé ;
9. *Baiboho* inondé tous les ans ;
10. Sol sur argile du Jurassique ;
11. Sol argileux à gley de la Tsilakanina ;
12. Sol rendzinoïde sur grès calcaire de l'Ankarafantsika ;
13. Alluvions sableuses ;
14. Sol rouge sur grès de l'Ankarafantsika ;
15. Sol alluvionnaire de bas-fond provenant des marnes.

C. — PENTE

A. 0 à 2 p. 100.	D. 10 à 25 p. 100.
B. 2 à 5 p. 100.	E. 25 à 50 p. 100.
C. 5 à 10 p. 100.	F. \geq 50 p. 100.

D. — ÉROSION

0. Erosion nulle ;
1. Légère érosion en nappe, 0 à 50 p. 100 de la surface humifère ont été érodés ;
2. Erosion en nappe, 50 à 100 p. 100 de la surface humifère ont été érodés ;
3. Sévère érosion en nappe : non seulement la partie humifère du sol mais le sous-sol lui-même a été érodé ;
4. Très sévère érosion en nappe : la zone de départ, la zone d'altération de la roche, l'argile bariolée ou le matériau originel affleurent ;
5. Roche ou cuirasse mise à nue ;
6. Erosion en nappe + rigoles :
 - 6a. Rigoles occasionnelles (plus de 30 mètres entre chaque rigole) ;
 - 6b. Rigoles fréquentes (moins de 30 mètres entre chaque rigole).
7. Erosion en nappe + rigoles + ravins à parois obliques :
 - 7a. Ravins occasionnels ;
 - 7b. Ravins fréquents.
8. Erosion en nappe + rigoles + ravins à parois verticales (gully ou *lavaka* à Madagascar) ;

8a. *Lavaka* occasionnelles ;

8b. *Lavaka* fréquentes.

9. Mouvement de masse, solifluxion, marches d'escalier, glissements de terrain ;

10. Erosion éolienne.

E. — ALLUVIONNEMENT

I. — Apport fluvial de quelques centimètres par an :

Is. Apport sableux ;

I₁. Apport limoneux.

II. — Apport éolien.

En général, les limites de classe coïncident avec les limites de sols, de pente, etc. Cependant, si le besoin se fait sentir, nous adoptons les conventions suivantes :

- limite de classe donc de couleur ;
- - - - - limite de sols ;
- limite de pente ;
- limite d'utilisation de sol ;
- . - . - . limite de végétation.

Les chiffres entourés d'un cercle marquent l'emplacement d'un échantillon de terre qui a été prélevé et analysé.

GÉNÉRALITÉS SUR LA RÉGION

CLIMATOLOGIE

Le climat est caractérisé par une alternance de saisons très marquée. La saison sèche en particulier est très prononcée. Les deux stations climatologiques les plus proches sont Ambato-Boéni et Tsaramandroso dont voici les données :

Pluviométrie :

	Ambato-Boéni	Tsaramandroso
Janvier	478	454
Février	368	348
Mars	228	267
Avril	53	102
Mai	2	8
Juin	0	1
Juillet	2	0
Août	1	1
Septembre	8	3
Octobre	32	52
Novembre	124	99
Décembre	197	428
TOTAL ANNUEL.....	1.493 mm	1.763 mm

<i>Température :</i>		
	Ambato-Boéni	Tsaramandroso
Janvier	26,9	28,0
Février	27,5	27,1
Mars	27,9	27,7
Avril	27,9	27,5
Mai	25,8	26,4
Juin	24,3	25,0
Juillet	23,9	23,7
Août	24,9	25,1
Septembre	26,4	26,9
Octobre	28,0	28,3
Novembre	28,8	28,5
Décembre	28,2	28,0

	Maxima et minima	Moyenne
<i>Ambato-Boéni :</i>		
Juillet	17°1	26,7
Novembre	35°3	
<i>Tsaramandroso :</i>		
Juillet	17°2	26,9
Octobre	36°0	

L'évapotranspiration potentielle selon THORNTHWAITÉ est énorme :

Ambato-Boéni	1.624 mm
Tsaramandroso	1.640 mm

Le surplus d'eau dans l'année qui draine et lessive les sols est égal à :

Ambato-Boéni	540 mm
Tsaramandroso	750 mm

Le déficit d'eau de saison sèche à apporter sous forme d'irrigation est :

Ambato-Boéni	670 mm
Tsaramandroso	627 mm

Dans la classification des climats selon THORNTHWAITÉ (classification 1948) nous placerons cette région dans $C_2A_2W_4$, c'est-à-dire climat subhumide mégathermique à forte déficience en eau en hiver.

GÉOLOGIE ET RELIEF

La région comprend les alluvions du Kamoro, les alluvions de la Tsilakanina, une bande de marne et argile du Jurassique supérieur marin, une bande de marnes du Crétacé inférieur à faciès continental, une bande du Crétacé moyen à faciès mixte (grès calcaire de l'Ankarafantsika), une couverture plus ou moins importante de ces trois derniers horizons géologiques par une carapace sableuse plus récente.

Les alluvions occupent toutes les dépressions. Celles de la Tsilakanina sont de plus en plus sableuses au fur et à mesure qu'on se rapproche des grès de l'Ankarafantsika.

Les marnes et argiles du Jurassique et Crétacé forment une zone déprimée à collines molles mais très disséquées par les cours d'eau.

Les grès de l'Ankarafantsika forment des plateaux quelquefois assez déchiquetés mais très en relief sur le reste de la région. La carapace sableuse constitue des plateformes tabulaires, sortes de buttes témoins reposant sur les argiles et de niveau inférieur en général à ceux des grès de l'Ankarafantsika.

HYDROGRAPHIE

Les sources alimentant les affluents de la Tsilakanina se trouvent en général dans l'Ankarafantsika, région boisée, à grès poreux, d'une altitude supérieure à la région envisagée.

Il existe, par contre, dans la carapace sableuse, de nombreuses petites nappes suspendues qui sourdent au-dessus des marnes du Valanginien sur les versants mêmes des affluents de la Tsilakanina. Ces nappes sont utilisées par les autochtones une partie de l'année. Elles expliquent les horizons tachetés qui se trouvent à la base de la carapace sableuse et certaines concrétions de ces sables.

La Tsilakanina elle-même est permanente mais possède un faible débit.

Tous les ruisseaux qui coulent sur les marnes et les argiles de chaque côté de la Tsilakanina sont temporaires. Le ruissellement est rapide sur ces sols imperméables. Par contre, dans certains bas-fonds l'eau persiste assez longtemps pour alimenter une récolte de riz.

Les *matsabora* ou étangs créés par les bourrelets alluviaux du Kamoro qui barrent les vallées perpendiculaires à ce fleuve sont permanents pour la plupart. Ils entretiennent ou sont entretenus par la nappe phréatique qui gît sous les *baiboho* du Kamoro et les maintient humides toute l'année.

Les troupeaux pâturent sur les *baiboho* et s'abreuvent aux *matsabora* durant la saison sèche qui est particulièrement sévère. Quelquefois des sels se déposent par évaporation le long de ces *matsabora*, surtout SO_4Ca et SO_4Mg , mais aussi un peu de chlorure ; il faut donc éviter leurs rives pour certaines cultures.

VÉGÉTATION

La région cartographiée se trouve dans le territoire phytogéographique de l'Ouest dont le climax est une forêt tropophile. Cette forêt n'avait cependant pas un aspect uniforme et PERRIER DE LA

BATHIE a pu distinguer, dans son travail sur la végétation malgache paru dans les *Annales du Musée Colonial de Marseille* en 1921, une forêt sur alluvions, de forêts sur sols arénacés, sur plateaux calcaires et sur sols latéritiques.

La forêt a souvent disparu sous l'action des défrichements et des feux répétés, et a été le plus souvent remplacée par une savane plus ou moins dense, dont le caractère varie aussi avec le substrat géologique et les sols qui en dérivent. A la limite, la savane peut passer à la pseudosteppe qui se distingue par l'absence d'arbre et d'arbuste, un tapis végétal herbacé discontinu, ne comprenant que peu d'espèces.

Dans la zone d'Anjajia, il existe encore quelques lambeaux de forêt tropophile sur sables et marnes et d'assez importantes étendues de forêt sur les alluvions du Kamoro. Cette forêt sur alluvions est caractérisée par le *Ficus cocculifolia* Bak. (Adabo), gros arbre dont les figues sont mangées par les bœufs qui vagabondent dans ces forêts en saison sèche. En peuplement mélangé, pousse le *Medemia nobilis* Gall. (Satrabe) ; il forme par endroits des îlots à peu près purs. Vers le Kamoro maty, le *Tamarindus indica* L. (Madiro) vient s'introduire dans cette formation. Le sous-bois est peu dense, on y trouve quelques herbacées : *Nelsonia campestris* R. Br., petite Acanthacée rampante, *Achyranthes aspera* L. (Amaranthacée), *Cyrtococcum* sp. (Graminée), *Teramnus labialis* Spreng. (Légumineuse) ; quelques arbustes : *Phyllanthus* sp. (Euphorbiacée) et quelques lianes : *Poivreia coccinea* Perr. (Tamenaka, Combretacée), *Cryptostegia madagascariensis* Boj. (Lombiro, Asclépiadacée), *Paullinia pinnata* (Sapindacée).

Du point de vue cartographie, nous avons distingué en bloc une zone de forêt ou de boisement plus ou moins claire à Adabo. En réalité, cette forêt, qui recouvre les meilleurs sols de la région, a été en partie défrichée, mais les défrichements se poursuivant et s'étendant d'année en année, nous n'avons pas voulu tracer des limites qui risquaient de n'être que très temporaires.

Une variante de cette forêt à Adabo couvre des alluvions plus élevées et plus rarement inondées. Elle forme, de ce fait, une bande assez étroite en piedmont, au nord du Kamoro maty. Elle est caractérisée par la présence d'un bel arbre : *Terminalia mantaly* Perr. (Combretacée) dont le nom malgache est Talio. On n'y rencontre que peu ou pas de *Medemia nobilis*. Cette forêt a aussi été défrichée pour les cultures, et on n'en trouve que des lambeaux.

La forêt tropophile subsiste par taches peu importantes dont les principales se situent au nord-ouest de la carte. Il ne s'agissait pas de faire une étude floristique de cette forêt. Voici cependant une liste d'arbres et d'arbustes rencontrés fréquemment : *Tamarindus in lica* L., *Albizia lebbek* Benth., *Dalbergia* sp. (Légumineuses), *Stereospermum euphorioides* D.C. (Bignoniacée), *Brachylaena Perrieri* (Baill.) Humb. (Composée), *Strychnos spinosa* Lamk.

(Loganiacée), *Sapium melanostictum* (Baill.) Pax et Hoffm. (Euphorbiacée), *Diporidium ciliatum* H. Perr. (Ochnacée), *Grewia* sp. (Tiliacée), *Cipadessa Boiviniana* Baill. (Meliacée), *Cabucala madagascariensis* Pich. var. *intermedia* Pich. (Apocynacée). La forêt a aussi persisté dans le haut des dépressions des vallées ; elle est caractérisée en ces endroits par une plus grande abondance du *Tamarindus indica* L., avec en sous-bois des arbustes : *Cipadessa*, *Grewia*, *Zizyphus jujuba* Lamk. et quelques herbacées : *Barleria prionitis* L. var. *angustifolia* Hochr., *Dicliptera ocymoides* Juss., *Brillantaisia pubescens* Oliv. var. *Rutenbergiana* E. Anders. (Acanthacées), *Oplismemus Burmanni* Beauv., *Cyrtococcum* sp. (Graminées), *Achyranthes aspera* L. (Amaranthacée).

Aux peuplements boisés se rattachent quelques raphières qui forment des taches très limitées dans la partie nord de la carte et que nous n'avons pas portées. Accompagnant le *Raphia ruffia* Mart. on trouve une fougère : *Cyclosorus unius* (L.) Ching, et une Cypéracée : *Cyperus æqualis* Vahl. De petits peuplements d'*Anacardium occidentale* L. (Anacardiacee), Mahabibo, sont aussi à signaler dans la même région.

La dégradation du couvert forestier a abouti à des savanes arborées plus ou moins denses. Nous avons distingué les types suivants :

1^o Une savane à *Hyphæne shatan* Boj. (Satrana) sur sols sableux.

Dans cette région l'*Hyphæne* est caractéristique des sols sableux de topographie relativement plane. La densité des arbres et arbustes est variable mais n'est jamais très forte. On peut citer :

Arbres et arbustes :

Strychnos spinosa Lamk. (Mokotra), (Loganiacée), *Albizia Lebbek* Benth. (Bonara), *Tamarindus indica* L. (Madiro) (Légumineuses), *Poupartia caffra* (Sond.) Perr. (Sakoa) (Anacardiacee) ; *Phyllanthus casticum* Willem. var. *madagascariensis* Léand. (Saniro), *Antidesma petiolare* Tul., *Fluggea obovata* Wall. (Euphorbiacées), *Vernonia kentecephala* Bak., *Vernonia grandis* Humb. (Composées) ; *Zizyphus jujuba* Lamk. (Rhamnacée), *Acridocarpus excelsus* Juss. (Malphiagiacee).

Plantes suffrutescentes et herbacées :

Heteropogon contortus Beauv. (Danga), *Hyparrhenia rufa* Stapf. (Vero), *Eragrostis tenella* Beauv., *Perotis latifolia* Ait., *Penisetum polystachyum* Schult., *Sporobolus pyramidalis* Beauv., *Imperata cylindrica* Beauv. (Tenina) (Graminées), *Bulbostylis barbata* Clarke (Cypéracée), *Desmodium lasiocarpum* D.C., *Desmodium barbatum* Benth. et Oerst., *Stylosanthes mucronata* Willd., *Alysicarpus monilifer* D.C., *Indigofera arrecta* Hochst. ex. A. Rich., *Atylosia scarabeoides* Benth., *Crotalaria retusa* L. (Légumineuses), *Waltheria indica* L. (Sterculiacée), *Sida acuta* Burm., *Urena lobata* L. (Malvacées).

Le tapis herbacé est assez hétérogène. Aux abords des villages *Eragrostis tenella* Beauv. et *Perotis latifolia* Ait. forment des plages presque pures, marquant sans doute d'anciennes cultures. La graininée la plus caractéristique est le Danga (*Heteropogon contortus*). *Imperata cylindrica* est assez rare et forme de petites taches. *Pennisetum polystachyum* et *Sporobolus pyramidalis* ne se rencontrent que sporadiquement. Dans certaines zones, qui sont d'ailleurs limitées, le jujubier (*Zizyphus jujuba*) est plus fréquent et confère au groupement un faciès particulier. Au milieu de cette savane à *Hyphaene*, on rencontre de petites dépressions circulaires de quelques mètres de diamètre où l'eau stagne en saison des pluies car l'horizon rouge est compact et plus imperméable. La végétation de ces petites cuvettes à sol humifère noir est formée d'herbacées : *Ambrosia maritima* L., *Pterocaulon decurrens* Sp. Moore (Composées), *Tephrosia purpurea* Pers. (Légumineuse), *Mollugo* sp. (Aizoacée).

La dégradation de la savane à *Hyphaene* conduit à la pseudo-steppe à *Aristida rufescens* Steud. qui se rencontre sur des buttes à pentes plus fortes, sur les rebords des plateaux sableux, et tous les endroits où l'érosion a été plus intense. Cette pseudo-steppe est très pauvre en espèces et couvre mal le sol. Avec l'*Aristida* on trouve assez souvent deux arbrisseaux mal venants : *Acridocarpus excelsus* et *Strychnos spinosa*. Dans l'Est de la carte, la savane à *Hyphaene* cède la place, sur les sols sableux, à une savane à *Tamarindus indica* L., *Poupartia caffra* (Sond.) Perr., avec *Aristida rufescens* Steud, et peu d'*Heteropogon contortus*. Ce qui est dû à une augmentation de l'érosion en nappe, par suite des pentes plus fortes.

Près d'Anjajia quelques cultures d'arachides ont été tentées sur les sols à carapace sableuse dans la savane à *Hyphaene shatan*. La récolte a lieu en mars et les sols restent nus toute la saison sèche. La végétation postculturale est très maigre et ne couvre pratiquement pas le sol. Elle est formée de *Pterocaulon decurrens* Sp. Moore, *Eragrostis tenella* Beauv., *Chloris barbata* Sw., *Indigofera hirsuta* L., *Ocimum canum* Sims., *Bulbostylis barbata* Clarke. Le sol, sans structure, est sujet à être érodé : érosion éolienne en saison sèche, érosion pluviale en saison humide. Le défrichement et la mise en culture généralisée de la savane à *Hyphaene* sont à proscrire. Les risques d'ensablement des rizières des vallées sont très grands. Si on veut mettre en culture ces sols, des techniques conservatrices sont d'abord à étudier et à mettre en place.

2° Une savane à *Tamarindus indica* L., *Poupartia caffra* (Sond.) Perr., *Albizia* sp. sur les marnes.

C'est une savane en général claire à arbres et arbustes dispersés. Il existe cependant quelques bouquets d'arbres : *Tamarindus* ou *Albizia*, en particulier dans la partie Est de la carte. Cette savane occupe plus particulièrement les sols gris ou bruns sur marne, de

structure physique particulièrement ingrate: Avec les arbres déjà cités, on rencontre quelques grands arbustes : *Dalbergia trichocarpa* Bak. (Légumineuse), *Cryptostegia madagascariensis* Boj. (Lombiro) (Asclepiadacée), *Pachypodium Rutenbergianum* Vatke Boj. (Apocynacée). Le couvert herbacé est la plupart du temps dégradé. Un bon pâturage à *Hyparrhenia* (Vero) et *Heteropogon contortus* (Danga) avec plus ou moins de *Botriochloa glabra* A. Camus (Mafiloha) a pu exister sur ces sols, mais il n'en resté plus que de rares témoins. Actuellement, on observe le développement sur des plages parfois étendues d'une petite Acanthacée du genre *Blepharis* dont le calice est armé d'aiguillons acérés: *Heteropogon contortus* est assez abondant sur certaines zones, mais on observe la multiplication d'un sous-arbrisseau ligneux, le *Tephrosia purpurea* Pers. (Légumineuse), qui n'est pas brouté par les bœufs, graine abondamment et diminue la valeur du pâturage existant. *Brachiaria reptans* Gardn. et Hubb. forme des plages très réduites. Citons encore comme faisant partie de cette savane : *Barleria prionitis* L. var. *angustifolia* Hochr., *Dicliptera ocymoides* Juss. (Acanthacées), dans les parties un peu ombragées, *Alysicarpus monilifer* D.C., *Atylosia scarabeoides* Benth., *Cassia occidentalis* L. (Légumineuses), *Chloris barbata* Sw., *Bothriochloa glabra* A. Cam., *Setaria pallidifusca* Stapf. et Hubb. (Graminées), *Abutilon Greveanum* (Baill.) Hochr., *Hibiscus coerulescens* Baill. var. *coerulescens* (Malvacées). *Gossypium arboreum* L., cotonnier sauvage, est abondant le long de la route qui mène à Tsaramandroso, bordant à l'Est la vallée de la Tsilakanina. Il existe là des marnes de surface peu ondulée, parfois plane, mais qui ne forment qu'une bande très étroite, le tapis d'*Heteropogon contortus* est dense. Ceci laisse supposer que ces sols pourraient convenir au coton, n'était leur topographie et l'érosion intense qu'ils ont en général subie.

Nous avons distingué sur la carte une savane à *Tamarindus indica* L. et *Poupartia caffra* (Sond.) Perr. sur marnes jurassiques. C'est un faciès de la précédente, qui se distingue par sa physiognomie. Les arbres et arbustes sont plus dispersés. Les *Poupartia* et *Albizzia* sont plus nombreux par rapport aux *Tamarindus*; ces derniers étant mal venants, plus rabougris que dans la savane sur marnes crétacées.

La végétation des bas-fonds :

Elle varie assez rapidement d'un point à un autre ; ces variations étant en liaison avec le degré d'humidité des sols et parfois le degré de salure. On peut dégager un type à base de *Phragmites mauritianus* Kunth. (Bararata) qui se trouve sur les sols humides et un peu salés autour des étangs (*matsabora*). Les plantes qui l'accompagnent sont variables. Sur les bordures humides et salées, *Typha angustifolia* L. (Vondro) est fréquente. A l'extérieur en stations moins humides encore salées, c'est une petite graminée, *Brachiaria*

Hubbardi A. Cam. var. *halophila* A. Cam. qui forme un tapis sur le sol. Sous le village de Betanatana, on trouve avec le Phragmite une graminée à feuilles poilues : *Paratheria prostrata* Griseb, et une Oenotheracée à fleurs blanches : *Jussiaea diffusa* Forsk. subsp. *albiflora* H. Perr.

Entre Madirofolo et Mahavingotra, existe, autour des *matsabora* et dans les vallées basses, un groupement à base de *Sporobolus rhizomatosus* Dur. et Schinz. (Matsia). Ce groupement est très pauvre en espèces. Une Cypéracée : *Cyperus volodioides* Cherm. accompagne souvent le *Sporobolus*. Dans cette même région, les hauts des vallées plus secs et certaines dépressions dans les marnes jurassiques sont occupés par une brousse à base d'*Abutilon Greveanum* (Baill.) Hochr., avec quelques herbacées : *Cynodon dactylon* Pers., *Phyla nodiflora* (L.) Greene (Verbenacée), *Blepharis* sp., qui couvrent peu le sol.

Dans la partie Ouest de la carte, on trouve dans beaucoup de bas-fonds, en haut de vallée, des broussailles complexes, vraisemblablement témoins d'anciennes cultures. Les plantes qui les composent sont : *Mimosa asperata* L., *Sesbania aegyptiaca* Poir., *Aeschynomene sensitiva* Sw. (Légumineuses), *Pluchea Bojeri aegyptiacée* Humb. (Famonty) (Composée), *Jussiaea suffruticosa* L., *Ludwigia* sp. (Oenothéracées), *Cynodon dactylon* Pers., *Hyparrhenia rufa* Stapf. (Graminées). Des arbres : manguiers, mahabibo (*Anacardium occidentale*) se sont parfois implantés dans cette brousse.

Notons pour mémoire un groupement peu étendu et qui n'a pas été cartographié, sur colluvions humides de bas de pente. C'est une prairie rase à base de *Desmodium triflorum* D.C., *Desmodium ramosissimum* G. Don., *Desmodium hirtum* Guill. et Pers., *Aeschynomene brevifolia* Poir. (Légumineuses), *Panicum umbellatum* Trin., *Panicum brevifolium* L. (Graminées), *Cyperus aequalis* Vahl, *Pycreus polystachyus* Beauv. (Cypéracée), *Jussiaea repens* L. (Oenothéracée), *Urena lobata* L. (Malvacée).

La végétation postculturelle :

Sur *baiboho* drainant bien en saison sèche, on rencontre le plus fréquemment : *Ambrosia maritima* L., *Sphaeranthus angustifolius* D.C., *Sphaeranthus africanus* L., *Blumea aurita* D.C., *Ageratum conyzoides* L. (Composées), *Tephrosia incana* Grah., *Mimosa pudica* L. (Légumineuses), *Trichodesma zeylanica* R. Br., *Heliotropium* sp. (Borraginacées), *Scoparia dulcis* L. (Scropulariacée), *Euphorbia hirta* L. (Euphorbiacée), *Panicum maximum* Jacq. (Graminée).

Sur rizières : *Echinochloa colonum* Link, *Echinochloa crus-galli* Beauv., *Digitaria debilis* Willd., *Paspalum commersoni* Lamk. (Graminées), *Cyperus difformis* L., *Pycreus polystachyus* Beauv. (Cypéracées), *Jussiaea repens* L., *Jussiaea diffusa* Foresk. subsp. *albiflora* H. Perr. (Oenothéracées), *Ammania multiflora* Roxb. (Lythracée), *Sphaeranthus angustifolius* D.C. (Composée).

LES SOLS

Les chiffres correspondent au numérateur de la fraction sur la carte.

Les principaux types de sols ont été décrits par TERCINIER (rapport sur la prospection pédologique de la région Maevatanàna-Ambato-Boéni (*Mém. Inst. Scient. Mad.* série D, tome IV, fasc. 2, 1952) et par MOUREAUX (*Notice de la feuille pédologique Maevatanàna*, n° 19, en cours de publication dans les *Mém. Inst. Scient. Madagascar*). Nous y avons ajouté nos propres observations et analyses et avons complété la liste des sols cartographiables sur une carte au 1/20.000^e.

1° SOL GRIS SUR CARAPACE SABLEUSE ROUGE.

Synonymie :

Sols sur carapace sableuse non érodés (TERCINIER) ;

Sols gris/rouge humifère série Anjajia (MOUREAUX) ;

Sols ferrugineux tropicaux lessivés (VII 21, 1, 2 ou 3) de la classification de M. AUBERT.

On trouve ces sols sur les plateaux subhorizontaux. Il semble que ce soit la formation génétique typique sur les sables quaternaires lorsque le sol est recouvert de sa forêt primitive. Les autres types de sols en seraient dérivés par érosion. A la limite le sol rouge sableux érodé, ressemblant au sable roux du Sud, ne serait que l'affleurement de l'horizon géologique.

Morphologie

Le profil idéal non remanié par érosion serait le suivant (voir fig. n° 2).

- 0-10 cm : Gris noirâtre sablo-poudreux, humifère.
- 10-40 cm : Gris clair cendreuse avec quelques taches couleur de rouille à la partie inférieure de l'horizon.
- 40 à x : Rouge, argilo sableux, structure prismatique, compact, quelques concrétions tendres d'oxyde de fer. Quelquefois horizon jaune, intermédiaire avec le suivant.
- x à z : Horizon tacheté.
- z : Argile géologique sous-jacente.

Ce profil semble s'expliquer de la façon suivante. La carapace sableuse a rougi à la suite d'un climat rubéfiant actuel, mais qui doit exister depuis une époque relativement ancienne. L'influence de l'humus créé par la forêt et d'une certaine humidité de saison des pluies qui stagne dans la partie supérieure (la partie rouge étant plus compacte et plus imperméable) cause une réduction et un entraînement du fer (couleur grise). L'argile dispersée par l'humus est aussi entraînée en profondeur, il y a lessivage et peut-être podzolisation.

A une profondeur variable avec l'épaisseur de la couche géologique appelée carapace sableuse, et au contact avec l'argile valangienne sous-jacente se produit une zone d'hydromorphie, une nappe suspendue, que nous avons vu sourdre sur le flanc des vallées. Les fluctuations de cette nappe avec la saison causent l'horizon tacheté constaté.

Cette profondeur variable (que nous avons appelée de ce fait x) est comprise entre 40 centimètres et 500 centimètres. L'épaisseur de l'horizon rouge peut être réduite à 0 lorsque la carapace sableuse est peu épaisse au-dessus de l'argile. L'horizon tacheté fait alors suite directement à la zone grise superficielle (échantillon 8)*. Nous n'avons pas distingué ce cas sur la carte.

Les sols 7, sols rouges sur carapace sableuse, sont dérivés de ces profils par érosion jusqu'à l'horizon rouge (décapage facile des sables gris sans cohésion) ou par lessivage réduit (végétation herbacée peu dense et pente augmentant le ruissellement par rapport au drainage : voir plus loin).

Caractéristiques physiques

Le sable grossier varie de 40 à 50 p. 100, l'argile, qui est de 5 p. 100 environ dans l'horizon gris, croît jusqu'à 15-20 p. 100 dans l'horizon rouge et quelquefois 30-40 p. 100 dans la zone tachetée. Le lessivage est donc très net. Le sol est dans l'ensemble perméable. L'horizon gris manque parfois de structure lorsque plusieurs cultures successives ont détruit l'humus, il devient alors battant.

Caractéristiques chimiques

Le pH varie de 6 (culture) à 7,5 (forêt) en surface ; il s'abaisse à 5-5,5 en profondeur dans la zone tachetée.

La matière organique varie de 1 p. 100 sous savane à près de 7 p. 100 sous forêt. Le rapport C/N varie de 9 à 13. L'azote est en quantité suffisante sous forêt, 2 p. 1000 environ, mais s'abaisse dangereusement après une culture d'arachide, 0,75 p. 1000.

Le calcium échangeable est abondant en surface sous forêt, il reste en quantité suffisante sous culture (plus de 1 p. 1000). Il est parfois un peu faible en profondeur. La magnésie est souvent déficiente et la potasse échangeable a des teneurs moyennes à faibles. En général la surface humifère est nettement plus riche en éléments fertilisants que la profondeur. La fertilité est donc directement en rapport avec l'érosion. Par contre la teneur en éléments échangeables de la partie rouge et surtout de la zone tachetée est très supérieure à celle de l'horizon gris (ce qui est une preuve de lessivage).

Le phosphore assimilable est l'élément le plus déficient et même gravement déficient.

* Numéro des échantillons dont on peut se procurer les analyses en s'adressant à l'I.R.S.M.

La capacité d'échange de base de 15 à 20 méq/100 gr environ en surface descend à 5 méq/100 gr en profondeur. Elle est proportionnelle à la teneur en matière organique, elle décroît en culture (13 méq/ après un an de culture d'arachide).

Les éléments totaux, CaO, P₂O₅, sont relativement abondants ; sauf la potasse nettement déficiente.

Les cultures présenteront donc dès le premier abord une carence en phosphore, mais, après une année de culture, l'azote et surtout la potasse viendront à manquer.

Le rapport SiO₂/Al₂O₃ est supérieur à 2, classant ces sols dans les sols ferrugineux tropicaux. Le fer est nettement lessivé passant de 1 p. 100 en surface à 3 à 4 p. 100 en profondeur.

Végétation : forêt tropophile de l'Ouest, ou savane à *Hyphaene shatan* peu dégradée.

Utilisation

Ces sols ont plutôt une vocation forestière car la culture les épuise très vite et surtout la culture d'arachide. Il ne semble pas que la repousse forestière soit assez vigoureuse après culture pour faire une jachère forestière. Une culture itinérante risque dans ce cas de détruire toute la végétation naturelle de ces sols et d'entraîner l'érosion des sables dans les rizières situées en contrebas. Nous pensons donc que ces sols ont une vocation forestière si on envisage l'avenir du pays.

2° ARGILE SABLEUSE ROUGE SUR MARNE

Ce sol se trouve sporadiquement sur le haut des collines. Il semble résulter d'un mélange de la carapace sableuse rouge avec des argiles grises marneuses sous-jacentes. Il a souvent tendance au concrétionnement ou au durcissement généralisé. C'est un sol très pauvre ne portant que des *Hyphaene shatan*. Il reste en relief comme un banc gréseux sur les argiles marneuses qui s'érodent plus facilement et portent une toute autre végétation. Nous joignons à ce type de sol des restes d'horizon tacheté enrichi en argile et décapé par l'érosion qui ont évolué ultérieurement en sol. Ces horizons durcis restent nus, les taches elles-mêmes durcissent et donnent des concrétions ferrugines par dessiccation. Ces concrétions persistent parfois sur la surface du sol. Ces sols se trouvent aussi sur les buttes-témoin au milieu des sols argileux. Ils occupent des surfaces très restreintes et n'ont pas été notés sur la carte ; ce sont les résidus de la carapace sableuse qui devait couvrir à l'origine tout le pays. Le pH est très variable, de 5 à 7, la quantité d'argile et d'éléments fins est très forte, ce qui nuit aux propriétés physiques de ces sols : compacité, durcissement en saison sèche, par contre les éléments échangeables sont bons sauf l'acide phosphorique. Ils sont naturellement sans intérêt agricole, sans utilisation possible.

3° SOLS GRIS OU BRUN SUR MARNE

Synonymie :

Sols sur marne (TERCINIER) ;

Sols brun/jaune sur marne *Antorilava* et série *Saonjo* (MOUREAUX) ;

Sols bruns calcaires III 65 j. III 66-j. (AUBERT) ;

Sols bruns à concrétions calcaires, peu évolués.

Morphologie

Un profil courant est le suivant :

- 0-3 cm : Horizon noir (humide) ou gris brun (sec), dur, craquelé en dalles ou en petits polyèdres, nombreuses racines, sablo-limoneux à sablo-argileux ; calcaire.
- 3-40 cm : Jaune, compact \pm collant selon l'humidité avec efflorescences dans les fentes, calcaire.
- 40 cm : Gris blanchâtre, feuilleté horizontalement, cristaux de gypse en bandes parallèles, quelquefois concrétions calcaires dures. C'est la couche géologique.

Le relief associé est tout à fait spécial : collines très surbaissées, très fissurées en saison sèche, effondrements locaux (dissolution du gypse).

Microrelief très accentué (constitué par des petits dômes et de petites dépressions (microrelief gilgai). Durant la saison sèche les petits polyèdres d'argile se détachent et tombent dans les fentes, et pendant la saison des pluies les argiles gonflent en profondeur et provoquent ces ondulations de la surface.

En saison des pluies les fentes sont fermées et les argiles constituent une masse boueuse semi-liquide. En saison sèche le craquellement de la surface produit un *self mulching* qui protège de la dessiccation, le sous-sol reste humide mais l'eau, fortement absorbée par l'argile, n'est guère assimilable par les racines des plantes. Seules certaines graminées enfoncez leurs racines dans ce sous-sol très compact et humide.

Le ruissellement est intense sur ces sols et creuse de nombreuses rigoles et ravins, mais la circulation souterraine par fentes est aussi active. Tous les degrés d'érosion sont présents et souvent c'est la couche géologique qui affleure ; l'évolution des sols est très lente, par suite de l'imperméabilité de l'argile. Le profil décrit est un des plus évolués que nous ayons vu (échantillons 1 et 2). La principale caractéristique d'un sol évolué est la présence d'un horizon jaune décalcifié sur 5 à 40 centimètres d'épaisseur.

Caractéristiques physiques

Ces sols sont sablo-argileux. Nous ne donnerons pas la teneur en argile par suite de la difficulté de la dispersion en présence de gypse.

Elle doit être cependant aux alentours de 25 à 35 p. 100. Le point de flétrissement est assez élevé de 10 à 15 p. 100, l'humidité équivalente de 35 à 40 p. 100.

Caractéristiques chimiques

Le pH est aux alentours de 7,5 à 7,8 en surface pour atteindre 8,0 en profondeur.

Le calcaire passe de 0,5 p. 100 en surface à 8-10 p. 100 en profondeur. Sa teneur est très variable d'un endroit à un autre de la couche géologique marneuse. Il y a même des couches sans calcaire ou sans gypse. Cependant quand il existe, il y a toujours une décalcarification plus ou moins accentuée, en surface.

La matière organique atteint 7 p. 100 sur les sols non érodés et l'azote 2 p. 1000, le C/N est toujours très élevé, 15 à 20, ce qui semble la preuve d'une mauvaise décomposition de la matière organique (trop humide en saison des pluies et trop sec en saison sèche). Sur sol érodé la matière organique peut tomber aux alentours de 1 p. 100.

Les éléments échangeables sont en quantité satisfaisante, la potasse en particulier est assez abondante en surface.

Le phosphore assimilable est bon en surface, un peu faible en profondeur.

La capacité d'échange de 15 méq en profondeur peut atteindre 25 et même 50 méq en surface grâce à la matière organique.

Les teneurs en éléments totaux sont bonnes.

Le rapport silice/alumine varie de 2 à 4.

Végétation : Savane à *Tamarindus indica*, *Poupartia caffra*, *Albizzia*.

Utilisation

Les propriétés physiques de ces sols sont très défavorables : labour difficile (une seule humidité convient pour effectuer les travaux mécaniques), la sécheresse des sols en hiver, les fentes qui cassent les racines, tout concourt à rendre incultivables ces sols riches chimiquement. D'autre part, les zones planes susceptibles de culture mécanique sont rares ou inexistantes.

Il y a des vestiges de bons pâturages à vœu sur les parties non érodées, cependant le piétinage des troupeaux en saison humide sur ces sols plastiques doit gravement détériorer la structure. Si des essais sont à tenter dans le sens d'une amélioration des pâturages, il nous semble cependant que la véritable vocation de ces sols est la forêt (bois noirs) ou les plantations arborées (kapokiers). Le prébois par contre est recommandable, l'ombrage est un facteur primordial à la croissance des graminées et au maintien de l'humidité des sols en surface.

4^o ALLUVIONS DE LA TSILAKANINA*Morphologie*

Ces alluvions proviennent de l'érosion des grès de l'Ankarafantsika, de la carapace sableuse, des argiles sur Crétacé. Elles sont donc en général composées de lits successifs sableux et argileux de 10 à 30 centimètres d'épaisseur. Ces sols très hétérogènes sont soumis à l'hydromorphie du fait de la culture en rizières et de la nappe phréatique proche de la surface (0,5 à 1,5 m).

Il est difficile de parler de profil dans ces conditions. L'aspect courant est une stratification d'argile grise à structure polyédrique, non calcaire, possédant souvent des taches rouilles le long des racines et de sable blanc, à taches rouilles plus ou moins durcies. Plus on se dirige vers l'aval, plus la proportion d'argile augmente et moins le drainage est bon : on obtient les sols argileux à gley n° 11.

Caractéristiques physiques

Grosse hétérogénéité granulométrique, l'argile varie de 2 à 40 p. 100, le sable grossier de 10 à 60 p. 100, etc. En moyenne ces alluvions sont très bonnes pour le riz car les pertes en eau par infiltration sont peu importantes (couches argileuses ou même argile crétacée sous-jacente). Cependant, en bien des endroits, l'apport sableux des versants est trop important en surface.

Caractéristiques chimiques

Le pH est acide, aux alentours de 5-5,5.

La matière organique est assez abondante, l'azote total suffisant en surface. Cependant le rapport C/N est toujours élevé, 20 environ, l'apport d'azote peut donc améliorer ces sols.

Les éléments assimilables sont satisfaisants sauf dans les parties trop sableuses.

Les éléments totaux sont aussi bons sauf pour la potasse qui est déficiente un peu partout.

La capacité d'échange varié de 1 à 15 méq suivant la teneur en argile.

Utilisation

Ces sols sont cultivés en rizières qui sont tout indiquées pour ces sols mal drainés ; elles peuvent être fortement améliorées par le fumier. Des pâturages artificiels pourraient réussir et permettraient de nourrir les bêtes en saison sèche, tout en libérant les *baiboho* du Kamoro réservés à d'autres cultures riches : tabac, arachide, etc.

5^o ALLUVIONS RÉCENTES ARGILO-SABLEUSES

Ce sont les alluvions des affluents de la Tsilakanina qui ont en général une nappe phréatique non permanente. Elles présentent peu ou pas de phénomènes d'hydromorphie d'où des sols avec très

peu de taches rouilles et des sols moins lessivés. Elles sont aussi plus jeunes parce que renouvelées tous les ans, ce qui avec l'aménagement des rizières se fait de plus en plus rare dans la vallée principale de la Tsilakanina.

Il ne semble pas cependant qu'il y ait de grosses différences physiques et chimiques avec les précédentes.

Végétation : broussailles complexes de bas fonds, phragmitaie.

Utilisation

Le manque d'eau empêche souvent la création de rizière mais ces vallées sont toutes désignées pour le pâturage naturel et artificiel.

6° COLLUVIONS SABLEUSES ROSES OU BLANCHÂTRES

Elles existent très souvent en bas de pente d'une altitude inférieure à la carapace sableuse mais occupent des surfaces assez restreintes (voir fig. 2). Elles recouvrent les marnes sous-jacentes et semblent résulter d'un mélange de carapace sableuse rouge et de la zone blanche à taches rouges qui se trouve au contact des marnes. On peut voir quelquefois leur origine, elles forment un cône de déjection lorsqu'un chemin fornant canal d'érosion débouche dans la plaine.

Ces colluvions sont boisées en général grâce à leur humidité importante, conservée par le niveau imperméable des marnes. Elles pourraient peut-être convenir aux cultures mais la pente est forte, la fertilité faible et la susceptibilité à l'érosion grande.

7° SOL ROUGE SUR CARAPACE SABLEUSE

Synonymie :

Carapace sableuse érodée (TERCINIER) ;

Sols-tronqués série Beseva (MOUREAUX) ;

Sols ferrugineux tropicaux VII 20 0 (AUBERT).

Ce sont les sols gris sur carapace sableuse rouge, érodés jusqu'à l'horizon rouge. La végétation plus pauvre ne peut recréer un horizon gris lessivé, mais forme un horizon brun rouge humifère en surface.

On les trouve surtout sur les pentes mais aussi sur les plateaux fortement érodés et ayant perdu leur couverture de forêt primitive. Les sols gris sur rouge font figure de sols témoins sur les parties planes non touchées par l'érosion.

L'érosion se fait en nappe ou en ravins à parois verticales.

Propriétés physiques

L'argile a des teneurs variant de 10 à 20 p. 100, le sable grossier de 25 à 45 p. 100, le sol est souvent compact.

Propriétés chimiques

Le pH varie de 5,5 à 6,5.

Peu de matière organique en général, 1 p. 100 environ, d'ailleurs très variable suivant la végétation et le degré d'érosion. L'azote est pratiquement toujours déficient.

Les éléments échangeables sont toujours en très faible quantité ainsi que le phosphore assimilable.

Végétation : savane à *Hyphaene shatan*, savane à *Tamarindus*, *Poupartia* et *Aristida*, pseudosteppe à *Aristida rufescens*.

Etant donné leur fertilité chimique insignifiante et leur faible capacité en eau, ces sols doivent être conservés ou même améliorés par des réembroussailllements et des reboisements. Il faut éviter que le ruissellement les entraîne sur des parcelles situées plus bas topographiquement.

8° ET 9° BAIBOHO INONDÉ ET NON INONDÉ
TOUS LES ANS.

Synonymie :

Baiboho (TERCINIER) ;

Alluvions micacées des fleuves (MOUREAUX) ;

Sols alluviaux fluviaux XI 63 0 (AUBERT).

Ce sont des alluvions qui proviennent en grande partie des sols latéritiques arrachés aux Hauts-Plateaux de Madagascar. Elles sont roses ou beiges, micacées, sans horizon pédologique différencié, peu de matière organique en surface ou pas du tout (lorsqu'une nouvelle couche d'alluvion se dépose tous les ans).

Elles forment des bourrelets le long des fleuves, de constitution assez sableuse le long de la berge et de texture plus fine, plus limoneuse loin des rives. Il est difficile de cartographier les parties sableuses, limoneuses, argileuses par suite des déplacements fréquents des lits de fleuve et du phénomène des méandres.

Lorsque l'inondation est fréquente et la nappe phréatique assez haute, elles ne portent que des *Phragmites mauritianus* (Bararata). Les plus anciennes alluvions, plus stables, moins humides portent des forêts de *Ficus* (Adabo).

Propriétés physiques

La granulométrie est très variable, l'argile peut varier de 3 à 25 p. 100, le sable grossier de 0 à 45 p. 100, etc. Les *baiboho* les plus fines se trouvent en général dans les dépressions et présentent des phénomènes d'hydromorphie et de réduction plus ou moins accentués. Les *baiboho* les plus sableuses sont en général les alluvions déposées récemment dans la berge concave du fleuve.

La capacité en eau est presque toujours bonne grâce à une nappe phréatique proche de la surface, les *baiboho* restent frais toute l'année d'où leur utilisation en pâturages de saison sèche.

Propriétés chimiques

Le pH est légèrement acide, 6 à 6,5.

La matière organique peut être assez abondante sous *Adabo*, 4 à 6 p. 100, elle s'abaisse fortement sous culture ou même sous végétation de savane surtout dans les parties qui sont inondées périodiquement. Le rapport C/N est assez élevé lorsque l'humus forestier est mal décomposé. L'azote est abondant et nitrifie bien dans les secteurs boisés. Par contre, il y a souvent manque d'azote dans les parcelles soumises aux crues ou dans les alluvions anciennes cultivées depuis longtemps.

Les éléments échangeables sont en quantité satisfaisante sauf si le sol est trop sableux. Le phosphore assimilable est un peu déficient.

Les éléments totaux sont abondants.

La capacité d'échange varie de 15 méq/100 g à près de 50 méq/100 g dans les sols humifères.

Végétation : forêt à *Adabo* ; forêt à *Adabo*, *Talio* ; cultures.

Utilisation

Ce sont en général de très bons sols mais dont l'emploi est limité par les dangers d'inondation à certaines époques de l'année. Il faut éviter les sols trop sableux et les sols trop argileux qui deviennent souvent asphyxiants pour les plantes de culture sèche, ces derniers conviennent par contre au riz. Les arachides préfèrent les sols limono-sableux, le tabac les sols limoneux. Les sols les plus riches proviennent d'un défrichement récent d'une forêt d'*adabo*. Le tabac cultivé intensivement sur les parties non inondables provoque des carences en azote et en potasse. Parfois le chlore, et peut-être la magnésie, est à redouter. Le bananier pourrait se développer s'il y avait des débouchés commerciaux. Dès maintenant quelques légumes (oignons) sont exportés vers *Majunga*.

10° SOLS SUR ARGILES DU JURASSIQUE

Leurs propriétés physiques les rapprochent des sols sur marnes du Crétacé. Cependant, ils sont en général plus dénudés. Le relief est plus mou. L'évolution des sols est nulle, si nous trouvons un horizon humifère et un horizon jaune décalcarifié sur les marnes gypseuses du Crétacé, sur les argiles du Jurassique, l'érosion a tout décapé, c'est la couche géologique qui affleure presque partout.

Le profil est donc constitué par des argiles grises très crevassées en saison sèche, sans horizon marqué. Les effondrements locaux

sont plus rares que dans les marnes, le gypse est en général absent et le calcaire se trouve surtout sous forme de roches à *Septaria* disséminées dans l'argile.

Le pH varie de 7 à 7,5.

La matière organique est faible sauf dans certaines dépressions où elle s'accumule. Le C/N est fort, 15 à 20.

CaO échangeable est très abondant, par contre la magnésie manque quelquefois et la potasse souvent.

Végétation : faciès de la savane à *Tamarindus*, *Poupartia*, *Albizzia*, *Heteropogon*.

Utilisation

Comme pour les marnes, il semble que le boisement constitue la meilleure utilisation de ces sols. Le pré-bois est à essayer.

11° SOL ARGILEUX A GLEY DE LA TSILAKANINA

Les alluvions de la Tsilakanina deviennent de plus en plus argileuses vers l'aval. D'autre part, ces alluvions reposent à faible profondeur sur l'argile du Jurassique et l'écoulement des eaux est gêné par les bourrelets alluviaux du Kamoro d'où des lacs et des sols à engorgement permanent.

Le profil est constitué par un horizon supérieur noirâtre assez humifère puis par une argile verdâtre à taches rouillées le long des anciennes racines.

Végétation : Phragmitaie, Cypéracées, *Paratheria*, *Brachiaria*, rizières.

Propriétés physiques

Sol très argileux, environ 40 p. 100 d'argile et de 15 à 20 p. 100 de limon. Ce sol lourd convient bien au riz.

Propriétés chimiques

Ce sol est acide, pH 5 à 5,5, bien pourvu en matière organique, 5 à 10 p. 100, en azote, 2 à 3 p. 100, mais à C/N assez fort.

Bonne teneur en éléments échangeables et en éléments totaux. Seul le phosphore assimilable paraît déficient, il est peut-être fixé sous forme de vivianite car le phosphore total est assez abondant. Il faut cependant se méfier des sulfures et de l'hydrogène sulfuré qui prennent souvent naissance dans ces sols réducteurs, riches en sulfate de calcium.

Utilisation

La seule utilisation rationnelle est la rizière. Elle est souvent semée au fur et à mesure que le niveau du mahatsabora et par suite de la nappe phréatique baisse. La maturité du riz est alors échelonnée de la partie haute à la partie basse.

12° SOL RENDZINOÏDE SUR GRÈS CALCAIRE
DE L'ANKARAFANTSIKA

On trouve sur ces grès soit un sol rouge ressemblant au sable roux de la carapace sableuse lorsque le sol est très évolué et profond, soit un sol rendzinoïde plus ou moins calcaire si le grès est proche de la surface (sol rajeuni par érosion) ou si le sol est peu évolué (en particulier sur pente).

Le calcaire a ralenti le lessivage et favorisé l'accumulation de matière organique. Le relief est constitué par de molles ondulations avec érosion en nappe mais sans ravins, ni effondrements comme dans les marnes.

Morphologie

De 0 à 15 centimètres, le sol est noir, grumeleux à polyédrique, très humifère, légèrement calcaire ou décalcarifié.

Passage graduel du noir au beige.

A 30 centimètres de profondeur, sol beige devenant blanc en séchant, ou gris brun, texture sablo-argileuse, structure compacte mais nombreuses racines. Quelques taches blanches calcaires.

A 70 centimètres, grès grisâtre à lits calcaires à grains fins, quelques cailloux de calcaire fin à noyau de calcite.

Propriétés chimiques

Le pH est légèrement acide ou neutre en surface pour s'élever à 7,5-8 en profondeur. La matière organique est abondante, 5 à 7 p. 100, mais semble présenter une mauvaise humification. Le rapport C/N est fort, la teneur en acides humiques relativement faible. La teneur en azote total est moyenne. Les éléments échangeables sont très abondants, la capacité d'échange bonne : de 25 méq/100 gr.

Les éléments totaux sont aussi satisfaisants. Seul le phosphore assimilable est faible.

Le rapport silice/alumine se situe entre 2,5 et 3,5.

Utilisation

Ces sols ont une pente trop forte pour porter des cultures autres que des cultures en terrasses. Par contre, ils conviendraient particulièrement au pâturage. A l'état naturel, ils portent de l'*Heteropogons contortus* (Danga). Des rizières ont été aussi aménagées en terrasses lorsque l'eau d'irrigation était disponible. Nous rappelons que l'eau de la vallée de la Tsilakanina provient des sources des grès de l'Ankarafantsika. Ces rizières formées d'une boue noire non collante ne paraissent pas donner de bons résultats, peut-être à cause du pH trop élevé.

13° ALLUVIONS SABLEUSES

Dans le cours supérieur des rivières descendant des grès de l'Ankarafantsika, le lit et même la vallée sont souvent encombrés de sable presque pur. Selon la proportion d'argile, la proximité de la nappe phréatique, on constate des taches de couleur rouille ou même un blanchiment total. Ces sols sont nus ou portent quelquefois des raphias dans les parties où l'eau stagne, quelques rizières médiocres y sont établies. Ce sont des sols pauvres. Il serait préférable de faire des cultures sèches ou des prairies améliorées et de conserver l'eau pour les rizières en aval qui sont sur de meilleurs sols.

14° SOL ROUGE SUR GRÈS DE L'ANKARAFANTSIKA

Ils diffèrent par leur origine des sols sur carapace sableuse, mais s'en rapprochent par tous leurs caractères. Si nous avons pu constater leur existence, il est difficile d'en indiquer les limites car la carapace recouvre presque toujours par lambeaux les grès de l'Ankarafantsika. Un lit de galets roulés permet quelquefois de préciser la limite entre les deux formations géologiques.

Ces sols sont en général moins couverts par la végétation sans que nous puissions en donner une explication (Pseudo-steppe à *Aristida rufescens*).

Nous envisageons les mêmes utilisations que les sols rouges sur carapace sableuse.

15° SOL ALLUVIONNAIRE DE BAS-FOND
PROVENANT DES MARNES

Au milieu du relief mou des marnes et des argiles du Jurassique et du Crétacé se trouvent de larges dépressions ou vallées plus ou moins remplies d'alluvions provenant des marnes.

Morphologie

Le profil est en général uniforme, constitué par une masse argileuse, à structure prismatique très accentuée durant la saison sèche, de couleur gris verdâtre. Les fentes de retrait ont jusqu'à 30 centimètres de profondeur. Sous rizières, on trouve des traînées couleur rouille le long des racines. Si l'hydromorphie est encore plus intense, le sol est noirâtre très réducteur, portant une végétation de *Sporobolus rhyzomatosus* (Matsia).

Propriétés physiques

Argile plus limon forment 60 à 70 p. 100 environ du sol, le sable grossier est pratiquement inexistant.

Propriétés chimiques

Comme partout sur ces sols argileux, la matière organique est assez abondante mais l'humification mauvaise. L'azote total a une teneur moyenne à faible (1 p. 1000) d'où un C/N de 30 à 35.

Le pH est aux alentours de 6,5.

Les éléments échangeables sont en quantité satisfaisante de même que les éléments totaux. L'élément déficient est toujours le phosphore assimilable. Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est environ de 2,5.

Utilisation

Ces bas-fonds recouverts par l'eau en saison de pluies sont dépourvus d'arbres. Ils sont souvent couverts de *Sporobolus rhizomatosus* (Matsia). Leur utilisation la plus rationnelle est soit la prairie artificielle, soit la rizière. Cette dernière vit uniquement de l'eau accumulée sur place par la saison des pluies jusqu'à l'évaporation totale par le soleil. Les pertes par infiltration sont presque nulles car les fentes sont alors fermées.

LES CLASSES DES SOLS

CLASSE Ia

Cette classe comprend les surfaces où les sols sont fertiles et profonds, les mesures antiérosives ne sont pas nécessaires, le drainage et l'irrigation possibles et faciles. Cette catégorie de sol est uniquement représentée par les *baiboho*. La richesse chimique est en général suffisante. Le choix de la culture à pratiquer est surtout fonction de la granulométrie des alluvions et des besoins en eau de la plante, qu'il est plus ou moins facile de couvrir (l'irrigation par pompage peut être nécessaire). Par contre, les frais de défrichement peuvent être assez importants. Le maintien d'un rideau forestier le long du Kamoro peut ralentir les crues et ainsi les apports de sable sur les parcelles cultivées. Mais ce rideau ne peut suffire à arrêter l'érosion des berges et les changements de lit contre lesquels seuls des moyens de lutte mécaniques : construction de digues, d'épis, peuvent être efficaces. Si les apports des crues contribuent à maintenir la fertilité de ces sols, ils causent, d'une part, une sujétion dans l'époque de l'année où les cultures sont possibles et, d'autre part, ils peuvent être dangereux car des dépôts de sable grossier peuvent se faire sur de bons sols. La présence, de grosse quantité, de sable font passer les sols dans la classe suivante. Ces sols sont aptes à

porter des cultures riches : tabac, arachide, cultures maraichères. La culture du coton y est aussi possible. Les zones les plus humides ou faciles à irriguer peuvent donner d'excellentes rizières. Quand une organisation suffisante du paysannat permettra d'associer étroitement l'élevage à la culture, des cultures fourragères à haut rendement pourront y être pratiquées : maïs, *Vigna sinensis*, *Penisetum purpureum* (Elephant grass), *Brachiaria mutica* (Para grass). Il s'agit bien entendu d'un élevage intensif lié au village et non de l'élevage vagabond actuel.

CLASSE Ib

Nous plaçons dans cette classe les *baiboho* de texture grossière et les *baiboho* non inondés tous les ans, dont la fertilité est moindre. Ces sols sont de pente faible ou nulle, donc ne nécessitent pas de travaux antiérosifs. Leur fertilité doit être entretenue, surtout lorsqu'on y cultive des plantes exigeantes, telles que le tabac. Les apports azotés, potassiques et souvent phosphoriques sont indispensables. Des rotations avec plantes fourragères, engrais verts, sont à étudier. Le fumier peut aussi être recommandé pour certaines cultures, mais des essais sont nécessaires pour préciser les apports. En culture autochtone, dans l'état actuel des choses, une jachère semi-arborée peut être pratiquée. Il suffit pour cela de laisser les souches en place lors du défrichement. Les mêmes cultures que dans la classe précédente peuvent être envisagées.

CLASSE Ic

Ce sont de bons sols de culture, mais qui nécessitent de gros travaux de défrichement pour leur mise en valeur. L'irrigation peut être aussi nécessaire. En pratique, ce sont les *baiboho* encore recouverts par la forêt.

CLASSE II

Nous plaçons dans cette classe tous les sols alluvionnaires difficilement drainables, souvent inondés (vallée de la Tsilakanina) ou les alluvions provenant des marnes, trop imperméables et qui, par suite, ne conviennent qu'à la riziculture. Cependant, en saison sèche, on peut envisager des cultures fourragères sur les parcelles drainant suffisamment. Des essais sont obligatoires pour déterminer les plantes convenant le mieux. Parmi celles susceptibles de réussir, citons : le maïs, en mélange avec *Vigna sinensis* (Vohem) ou *Dolichos lablab* (Antaque) ou *Mucuna utilis* (Pois mascate), certaines variétés de soja, seules ou en mélange avec le maïs, le *Stylosanthes gracilis*. Le *Trifolium alexandrinum* (Berseem) est également possible, mais correspondant à un stade plus avancé de l'évolution des populations agricoles. Ces cultures fourragères de

saison sèche ont plusieurs intérêts : nourriture des bœufs en saison sèche, bœufs qui actuellement utilisent les meilleurs sols (*baiboho*) pendant cette saison, d'où libération de ces sols pour la culture, amélioration des rizières par enfouissement de la dernière pousse de fourrage. Nous distinguons :

IIa : rizières déjà mises en valeur ;

IIb : sols encore à aménager.

CLASSE III

Cette classe de sol en pente, de mise en culture possible, mais nécessitant des travaux antiérosifs, est, à notre avis, peu étendue dans cette région. Seules peuvent y entrer les colluvions sableuses de bas de pente et les marnes qui affleurent en bas de pente (voir fig. 2). Elles occupent des surfaces trop faibles pour être, en général, figurées sur la carte. Cependant, à cause de la relative fertilité des sols, de leur humidité, de la possibilité d'irrigation, ces sols peuvent servir à la culture maraîchère et au coton.

CLASSE VI

Cette classe de sol peut être utilisée par le pâturage. Les pâturages actuels sont de faible valeur, pour deux raisons essentielles : couverture graminéenne insuffisante et faible pourcentage des bonnes espèces : *Hyparrhenia rufa* (Vero), *Heteropogon contortus* (Danga), *Bothriochloa glabra* (Mafiloa). La raison en est la trop grande fréquence des feux et le surpâturage en période d'utilisation. D'autre part, la période d'utilisation par le bétail est nécessairement courte par suite de la brièveté de la saison de pousse ; prolonger le pâturage est dangereux car le bétail broute les touffes des bonnes espèces à ras et en déchausse une bonne partie. Comme il n'est pas pensable de labourer ces sols, de les fumer et de semer de bonnes espèces, l'amélioration de ces pâturages ne peut être qu'une affaire de temps.

Ceci ne peut se concevoir que par une mise en défens successifs de différentes zones et la réglementation du régime des feux. Les règles de conduite doivent être dégagées d'une expérimentation préalable faite sur des surfaces convenablement choisies. La topographie rend impossible la fauche. C'est pourquoi le feu sera toujours nécessaire pour contrôler l'embroussaillage par les sous-arbrisseaux et les arbustes ligneux (entre autres *Tephrosia purpurea*). La densité des arbres : *Tamarindus indica*, *Poupartia caffra*, *Albizzia*, peut être augmentée jusqu'à obtenir un pré-bois. Ceci peut d'ailleurs se faire naturellement si on contrôle les feux. L'arbre peut s'adapter aux conditions hydriques spéciales de ces sols.

Cette classe de sols comprend surtout les sols sur marnes.

CLASSE VII

Dans cette classe entrent surtout des sols sur sables et quelques sols sur marnes. Des bois exploitables semblent possibles sur certains de ces sols comme le prouvent les essais de la station forestière de Tsaramandroso. Les bois noirs (*Albizzia lebbek*) viennent spontanément dans la région et leur peuplement pourrait être favorisé. Nous ne sommes pas favorables à une mise en culture des sols gris sur carapace sableuse, qui ont donné lieu à quelques cultures d'arachides de saison des pluies, par suite de leur faible fertilité, de leur extrême sensibilité à l'érosion et des risques d'ensablement des rizières en contrebas, qui en découlent. En dehors de la couverture forestière, la seule utilisation possible est le pâturage si une couverture permanente herbacée pouvait y être installée. Des essais dans ce sens, sur faibles surfaces, pourraient être tentés avec les plantes suivantes : *Pueraria phaseoloides*, *Pueraria Thunbergiana* (Kudzu), *Cenchrus ciliaris* (Buffel grass), *Melinis minutiflora*, *Chloris gayana*, *Eragrostis chloromelas* et *Eragrostis curvula*.

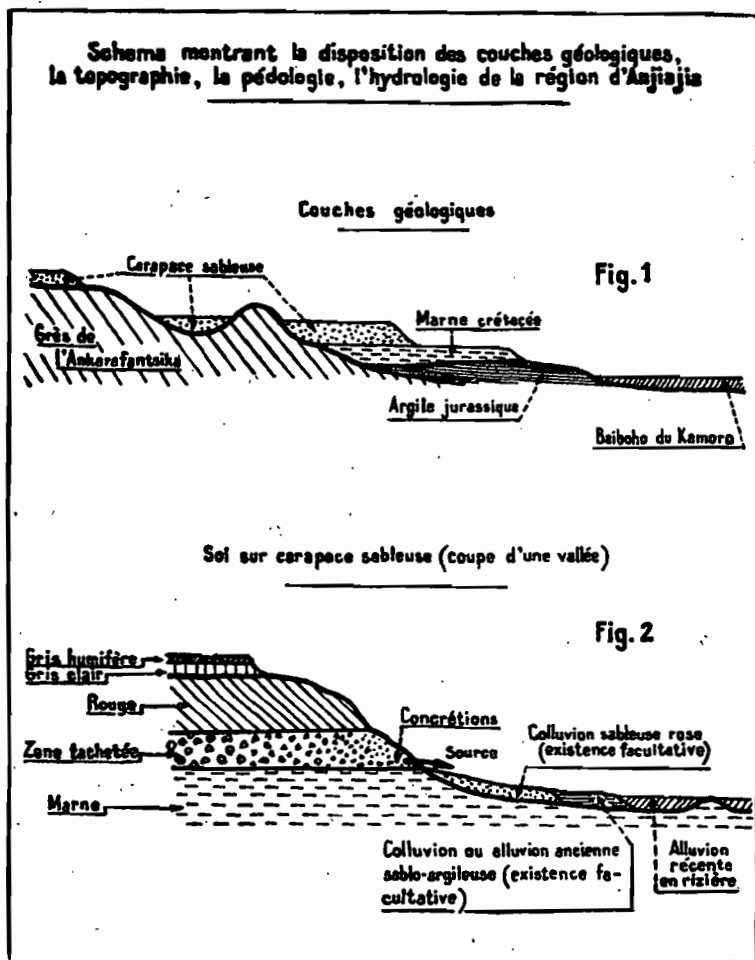
Toutes les pentes fortes, surtout celles constituées de sables roux et même les marnes, doivent être réembroussaillées et se placeraient de ce fait dans notre classe VII B. La végétation devrait y être protégée contre les feux et contre toute exploitation abusive.

CONCLUSION

La priorité dans la mise en valeur de cette région doit aller évidemment aux meilleurs sols qui sont les *baiboho* (classe Ia, Ib, Ic). Des travaux coûteux sont nécessaires pour le défrichement, la mise en place d'un système d'irrigation, la protection contre les crues. Des cultures riches, tabac, coton, arachide, cultures maraichères, peuvent y être pratiquées.

En second lieu, l'accent doit être mis sur l'amélioration de la riziculture, système d'irrigation, fumures, variétés de riz utilisées, cultures fourragères de saison sèche.

Nous placerons en troisième lieu l'organisation d'un élevage plus rationnel, lié au village, utilisant en saison des pluies les pâturages extensifs améliorés et, en saison sèche, vivant des cultures fourragères. Le problème des réserves, ensilage et foin, est aussi localement à étudier. Pour qu'il y ait un équilibre entre la production en fourrages et le troupeau, cet élevage devra être contrôlé et volontairement limité aux possibilités de la région, et non plus se développer de façon anarchique suivant le caprice de chacun. Un tel résultat ne pourra s'obtenir sans beaucoup de patience, de compréhension et de temps.

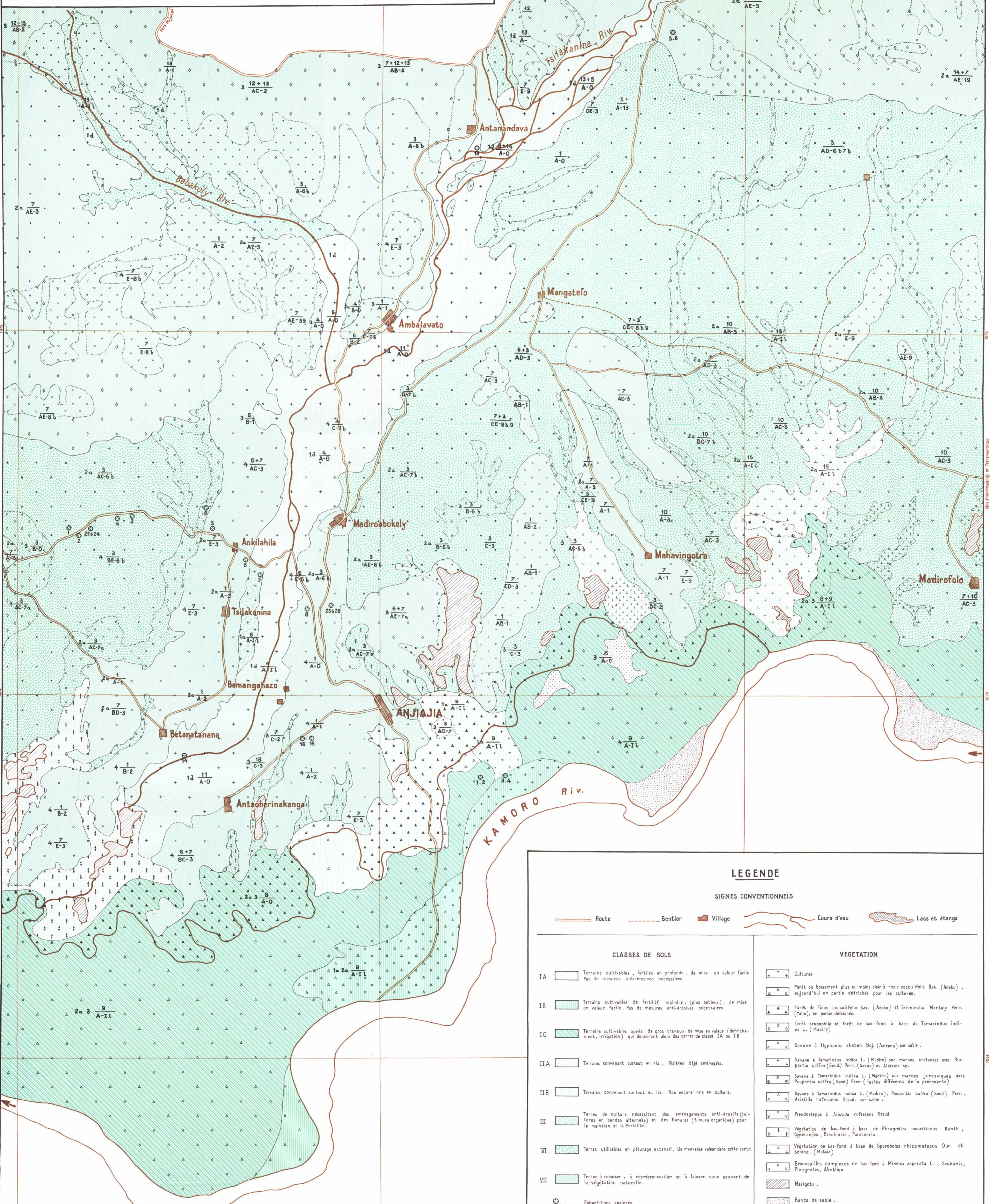
FIG. 1. — *Couche géologique*FIG. 2. — *Sol sur cerapace sableuse (coupe d'une vallée)*

CARTE D'UTILISATION DES SOLS

FEUILLE D'ANJAJIA

D'après photographies aériennes du S.G.M.

Echelle au 1/20.000 environ



LEGENDE

SIGNES CONVENTIONNELS

- Route
- Sentier
- Village
- Cours d'eau
- Lacs et étangs

CLASSES DE SOLS

- IA Terrains cultivables, fertiles et profonds, de mise en valeur facile. Pas de mesures anti-érosives nécessaires.
- IB Terrains cultivables de fertilité moindre, (plus sableux), de mise en valeur facile. Pas de mesures anti-érosives nécessaires.
- IC Terrains cultivables après de gros travaux de mise en valeur (défrichement, irrigation) qui donneront alors des terres de classe IA ou IB.
- IIA Terrains convenant surtout au riz. Rizières déjà aménagées.
- IIB Terrains convenant surtout au riz. Non encore mis en culture.
- III Terres de culture nécessitant des aménagements anti-érosifs (cultures en bandes alternées) et des fumures (fumure organique) pour le maintien de la fertilité.
- VI Terres utilisables en pâturage extensif. De mauvaise valeur dans cette carte.
- VII Terres à reboiser, à rémbroussailler ou à laisser sous couvert de la végétation naturelle.
- Echantillons analysés.

VEGETATION

- Cultures
- Forêt ou boisement plus ou moins clair à *Ficus cocculifolia* Bak. (Adabo), aujourd'hui en partie défrichée pour les cultures.
- Forêt de *Ficus cocculifolia* Bak. (Adabo) et *Terminalia Mantaly* Perr. (Talo), en partie défrichée.
- Forêt bréchillée et forêt de bas-fond à base de *Tamarindus indica* L. (Madiro)
- Savane à *Hyphaene shatan* Boj. (Sarana) sur sable.
- Savane à *Tamarindus indica* L. (Madiro) sur marnes crétaées avec *Poupartia caffra* (Sond) Perr. (Sakoa) ou *Albizia* sp.
- Savane à *Tamarindus indica* L. (Madiro) sur marnes jurassiques avec *Poupartia caffra* (Sond) Perr. (facies différents de la précédente)
- Savane à *Tamarindus indica* L. (Madiro), *Poupartia caffra* (Sond) Perr., *Aristida rufescens* Steud. sur sable.
- Pseudosteppe à *Aristida rufescens* Steud.
- Végétation de bas-fond à base de *Phragmites mauritanus* Kunth, *Opéracées*, *Brachiaria*, *Paratheria*.
- Végétation de bas-fond à base de *Sporobolus rhizomatous* Dur. et Schinz. (Matsia)
- Broussailles complexes de bas-fond à *Mimosa asperata* L., *Sebania*, *Phragmites*, *Abutilon*
- Marigots.
- Bancs de sable.