

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

NOTICES
SUR LES
CARTES PÉDOLOGIQUES DE RECONNAISSANCE
au 1/200.000°

Feuille N° 33
Brickaville-Moramanga

par
J. HERVIEU

PUBLICATIONS
DE
L'INSTITUT DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
DE MADAGASCAR

—
NIVE-TSIMBAZAZA

—
1960

ISRIC LIBRARY

MG - 1960.01

01
Wageningen
The Netherlands

Scanned from original by ISRIC – World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact soil.isric@wur.nl indicating the item reference number concerned.

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

NOTICES

SUR LES

CARTES PÉDOLOGIQUES DE RECONNAISSANCE

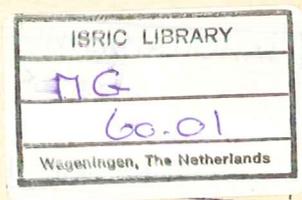
au 1/200.000^e

Feuille N° 33

Brickaville-Moramanga

par

J. HERVIEU



PUBLICATIONS

DE

L'INSTITUT DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

DE MADAGASCAR

TANANARIVE-TSIMBAZAZA

1960

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION.....	5
GÉNÉRALITÉS SUR LA ZONE CARTOGRAPHIÉE.....	6
LES FACTEURS DE LA PÉDOGÉNÈSE.....	8
Le climat.....	8
Les roches-mères.....	9
La végétation.....	14
La morphologie.....	17
a. La zone forestière.....	17
b. Les surfaces topographiques anciennes.....	19
c. La côte.....	20
d. Les formes d'érosion.....	20
LES SOLS.....	22
La classification.....	22
Description et caractérisation des principaux types de sols.....	24
a. Les sols évolués.....	24
1° Les sols podzoliques.....	24
2° Les sols ferrallitiques.....	26
— Sols ferrallitiques sur roches métamorphiques ou éruptives.....	28
— les sols ferrallitiques de la zone forestière.....	28
— les sols ferrallitiques à végétation modifiée (sols de <i>savoka</i>).....	31
— les sols ferrallitiques de « prairie ».....	35
— Sols ferrallitiques sur alluvions anciennes.....	39
3° Les sols hydromorphes.....	41
b. Les sols peu ou pas évolués.....	44
MÉTHODES ANALYTIQUES.....	48
RÉSULTATS ANALYTIQUES REPRÉSENTATIFS DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS.....	49
CONCLUSION.....	63

INTRODUCTION

Cette notice accompagne la première carte pédologique au 1/200.000^e intéressant le versant oriental de Madagascar. La région de Moramanga-Brickaville, bien représentative du milieu pédogénétique tropical humide, a été choisie du fait qu'elle jouxte la carte Tananarive au 1/200.000^e dont la publication doit se faire dans un avenir proche.

En outre, cette région est traversée par les grandes voies de communication qui relient Tananarive à Tamatave, d'une part, au lac Alaotra, d'autre part. Pour cette raison, le paysage forestier naturel y a subi assez profondément l'influence de l'homme.

On trouve dans « Notes, Reconnaissances et Explorations » les premiers documents de synthèse concernant le pays « Bezanozano » ou cercle de Moramanga et la province d'Andevoranto (20), (21), (22).*

BARON, puis H. PERRIER DE LA BATHIE (23) ont publié des notes géologiques sur la dépression lacustre du Mangoro. Plus récemment la couverture géologique au 1/200.000^e de la zone étudiée a été achevée grâce aux travaux de L. LAPLAINE (17), P. BRENON (6) et R. LAUTEL (18).

La végétation de l'Est a fait l'objet d'études de M. LOUVEL et H. PERRIER DE LA BATHIE (24). La végétation forestière et ses faciès de dégradation ont été particulièrement étudiés par H. HUMBERT (12), ainsi que les conséquences de l'action de l'homme sur la végétation du point de vue de la dégradation des sols (13).

En étudiant les altérations de roches silicatées alumineuses, A. LACROIX (16) a mentionné de nombreuses observations et résultats analytiques concernant des échantillons prélevés dans la zone considérée et sa classification des produits d'altération latéritiques demeure la base des premiers travaux pédologiques effectués dans la Grande Ile.

C'est à H. ERHART que l'on doit une importante étude sur la formation et la valeur culturale des terres latéritiques de l'est de Madagascar (10). Cette étude s'appuie sur des résultats analytiques concernant des échantillons en provenance des régions de Fanovana et Anivorano, près de la ligne du chemin de fer Tananarive-Tamatave. Un peu plus tard, le même auteur reprenait dans son *Traité de pédologie* (11) l'exposé de ses conceptions sur l'évolution des

(*) Les chiffres entre parenthèses renvoient aux références bibliographiques.

sols latéritiques et donnait la description de plusieurs sols de Madagascar dont un profil de sol forestier pris dans la région de Moramanga. H. ERHART insistait également sur l'évolution de la forêt autochtone et les conséquences pédologiques de sa disparition.

Au cours de ces dernières années plusieurs études ont été faites par les pédologues de l'I.R.S.M. sur les sols du versant est de Madagascar, en particulier sur les sols ferrallitiques forestiers. Dans la zone cartographiée, nous citerons le travail de J. RIQUIER sur les sols du périmètre forestier d'Ambila-Lemaitso (25) et, par le même auteur, l'étude d'un sol de *tavy* et d'un sol de forêt primaire à Périnet (26).

Les données climatiques utilisées pour ce travail sont celles fournies par le Service météorologique de Madagascar.

Les levés ont été réalisés sur fonds topographique tiré des nouvelles coupures au 1/100.000^e pour la partie orientale de la feuille, des anciennes cartes au 1/100.000^e du Service géographique et des fonds au 1/200.000^e du Service géologique pour le reste de la zone cartographiée.

La couverture photographique aérienne du Service géographique a été consultée pour l'ensemble de la zone cartographiée sauf pour la dépression du Mangoro qui n'était pas couverte.

Le Service provincial des eaux et forêts de Tamatave nous a aimablement communiqué les cartes forestières au 1/100.000^e des districts de Moramanga et de Brickaville.

Nous remercions l'Inspection générale de l'Agriculture pour sa documentation sur les productions agricoles du pays. L'analyse des échantillons a été faite au laboratoire de pédologie de l'I.R.S.M. sous la direction de Mme Ruf.

La plupart des espèces végétales ont été déterminées par J. Bossier botaniste à l'I.R.S.M.

La carte a été dessinée par P. Raoinjatovo à l'I.R.S.M. et le tirage exécuté par le Service géographique de Madagascar.

La prospection a été faite en collaboration avec l'aide-pédologue E. Randrianaridera.

GÉNÉRALITÉS SUR LA ZONE CARTOGRAPHIÉE

La région cartographiée appartient entièrement à ce qu'on a coutume d'appeler le versant oriental de Madagascar.

Elle est limitée à l'Est par une côte rectiligne, à l'Ouest par la ligne d'abscisse 588 (coordonnées Lambert passant tout près de Moramanga. Au Nord et au Sud les limites de la feuille sont les ordonnées 876 et 776 passant respectivement au nord d'Andaingo et à 20 kilomètres au Sud de Moramanga (*cf.* croquis de situation, fig. 1).

D'Est en Ouest on peut distinguer les régions géographiques suivantes : le cordon côtier proprement dit, une zone dite des « basses collines » à végétation pseudosteppique, une zone intermédiaire prenant une grande extension au sud de la voie ferrée Tananarive-Tamatave, où domine une végétation secondaire (*savoka*)

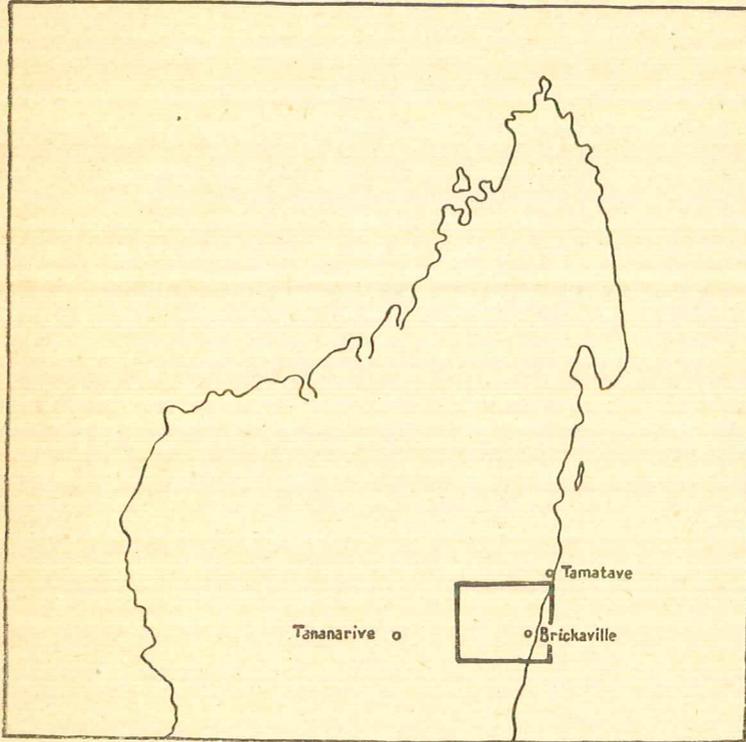


FIG. 1. — CROQUIS DE SITUATION

et appelée aussi parfois « zone à Ravenales », une région montagneuse très disséquée, en grande partie forestée, enfin une partie de la dépression du Mangoro.

Alors que les collines de la dépression du Mangoro restent à une cote variant entre 930 et 950 mètres, les plus hauts sommets de la région forestière atteignent jusqu'à 1.350 mètres. En allant vers l'Est l'altitude décroît ensuite assez rapidement dans la zone à *savoka* (on parle pour cette raison de « falaise betsimisaraka » par opposition à la falaise de l'Angavo située à l'Ouest de la dépression du Mangoro), et les collines de la zone la plus orientale ne dépassent pas 100 à 200 mètres.

Mises à part les alluvions anciennes du Mangoro et une mince bande côtière de sédiments continentaux et sables lagunaires, la quasi-totalité de la région est constituée de terrains métamorphiques.

Exception faite pour le haut-cours du Mangoro et le bas-cours de l'Ivondro, presque toute la région constitue le bassin versant du Rianila et de ses affluents principaux : Vohitra, Rongaronga et Iaroka.

La région cartographiée est traversée par la voie ferrée et la route qui vont de Tananarive à Tamatave, via Moramanga et Brickaville, et comprend la presque totalité du district de Brickaville ainsi que partie des districts de Moramanga, Tamatave et Vatomandry.

L'activité humaine est plus particulièrement concentrée dans les vallées principales et surtout le long des grandes voies de communication. La population est composée essentiellement de « Bezanozano » à l'Ouest, de « Betsimisaraka » à l'Est.

LES FACTEURS DE LA PÉDOGÉNÈSE

LE CLIMAT

Dans cette région, les facteurs climatiques ont une action prépondérante, tendant à uniformiser les processus d'évolution des sols et à masquer l'influence des autres facteurs.

Cette action se marque essentiellement par une altération poussée des roches-mères et une grande profondeur des profils.

On constate de l'Ouest vers l'Est une augmentation de la pluviométrie et de la température moyenne annuelles avec une diminution corrélative de la durée de la saison sèche, celle-ci n'intéressant plus sur la côte que les mois de septembre, octobre et novembre. La situation topographique de la dépression du Mangoro entre deux régions montagneuses lui confère un climat plus frais et à saison sèche bien marquée analogue à celui des Hauts-Plateaux. Les chiffres qui suivent rendent bien compte de cet état de choses :

STATIONS DE LA VOIE FERRÉE

PLUVIOMÉTRIE ANNUELLE EN MM (P)

Marovoay	1359
Moramanga	1471
Masse	1529
Périnet	1512
La Forêt	2129
Fanovana	2893
Rogez	2750
Junck	2778
Mouneyres	2587
Anivorano	2658
Brickaville	2798
Ambila-Lemaitso	2998
Tampina	3095

Dans la partie orientale de la feuille, la température moyenne annuelle varie de 21°3C à 26°7, alors qu'à Moramanga les variations

s'étendent entre 15° 5 et 22° 5. Nous verrons que dans cette différence climatique entre la dépression du Mangoro et le reste de la feuille, la durée de la saison sèche est surtout importante et que sans modifier les processus généraux d'évolution, elle conditionne les possibilités de régénération d'une végétation détruite par l'homme et par suite les processus d'érosion des sols, la topographie ralentissant ou accentuant cette action.

Les figures 2 à 4 reproduisent pour les localités Moramanga, Périnet et Tamatave, les courbes pluie-évapotranspiration établies par J. RICHQUIER à l'aide de la formule empirique de Thornthwaite. Ces diagrammes montrent que, sauf dans la région de Moramanga où l'on observe une légère déficience en eau en octobre, le sol reste humide toute l'année.

Il faut noter également l'action des cyclones, fréquents dans ces régions. Le volume des eaux charriées augmente alors dans des proportions considérables, et par suite leur puissance érosive, tandis que la limite de liquidité des matériaux argileux peut être atteinte (glissements de terrains).

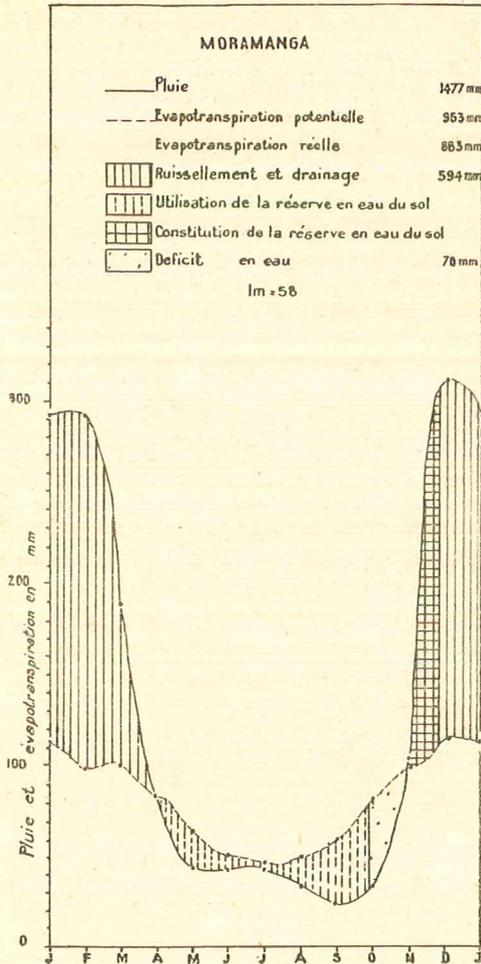


FIG. 2. — COURBE
PLUIE-ÉVAPOTRANSPIRATION : MORAMANGA

LES ROCHES-MÈRES

Nous résumerons ici les conclusions des travaux géologiques déjà cités en nous basant sur la carte géologique au 1/500.000^e et l'interprétation récente de H. BESAIRIE (4).

Les roches métamorphiques constituent le fonds géologique de la région étudiée.

Dans le socle ancien on peut distinguer, pour la région cartographiée :

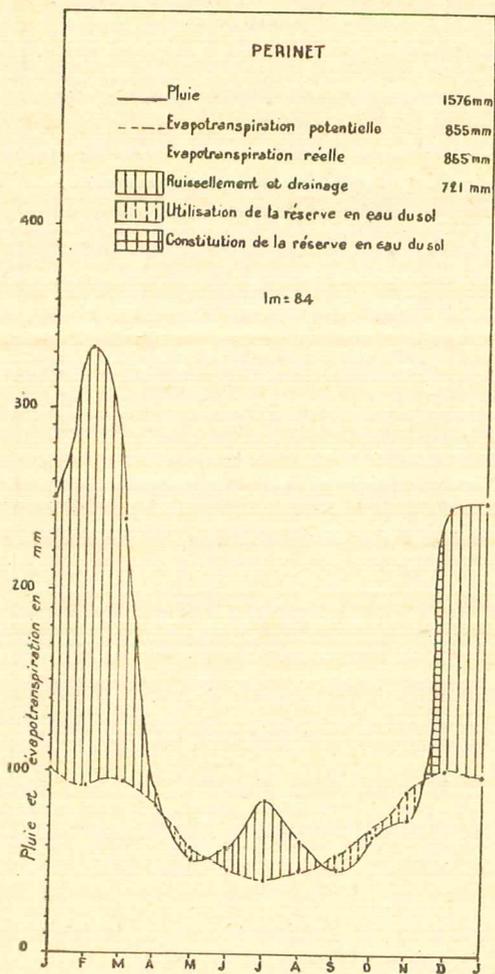


FIG. 3. — COURBE
PLUIE-ÉVAPOTRANSPIRATION ; PÉRINET

— le système du graphite, caractérisé par la présence généralisée de couches à graphite en plus ou moins grande abondance et comprenant la série du Mangoro (migmatites et gneiss à amphibole), et la série du Manampotsy (gneiss et migmatites à grenat, graphite, amphibole, biotite) qui constituent la partie Ouest de la feuille. La série du Manampotsy se retrouve également au Nord de Brickaville où elle est formée en majeure partie de migmatites schisteuses à biotite et amphibole qui renferment des bancs graphiteux. Ces deux séries (Groupe du Manampotsy) ont comme caractéristiques la fréquence des minéraux calciques et alumineux, sillimanite, corindon, grenat, épidote, et une stratification régulière.

Les migmatites granitoïdes de Brickaville, qui occupent une large bande dans la partie orientale de la feuille, appartiennent également à ce système. Ce sont des roches claires, très feldspathiques, rubanées, parfois œillées. Elles montrent au microscope : quartz, microcline, oligoclase, biotite, hornblende verte, grenat, apatite, zircon.

— le système du *Vohibory* correspond au complexe supérieur du Précambrien malgache. Il est représenté ici par le Groupe de Beforona qui occupe la partie centrale de la feuille et est constitué par des amphibolochistes, des amphibolites, des migmatites à amphibole, parfois à épidote.

Signalons en outre dans le groupe de Manampotsy, en particulier le long de la route de Lakato, des affleurements de quartzites. Ce sont des roches grises ou jaunâtres, très fissurées, donnant naissance à des sables très grossiers. Il existe également un affleurement de quartzite très important à l'Est de Brickaville.

— parmi les *granites anciens* constituant des massifs assez importants citons le granite leucocrate à biotite du haut-cours du Rianila à l'Ouest de Tratrambe, le massif à l'Ouest de Fierenana, et enfin le batholite de granite pegmatitique leucocrate à biotite, au Sud de Périnet.

— les *séries éruptives jeunes* sont représentées par des gabbros et des dykes à faciès diabasique. Le massif de gabbro le plus important est celui d'Andriantantely, à l'Ouest d'Anivorano. Les gabbros normaux sont des roches de couleur grise ou noire. Les dykes sont le plus souvent constitués par des dolérites ; ils sont parfois très nombreux mais de dimensions restreintes.

— les *formations sédimentaires* : elles forment une bande côtière de 5 à 6 kilomètres de large, qui va en s'amincissant vers le Nord.

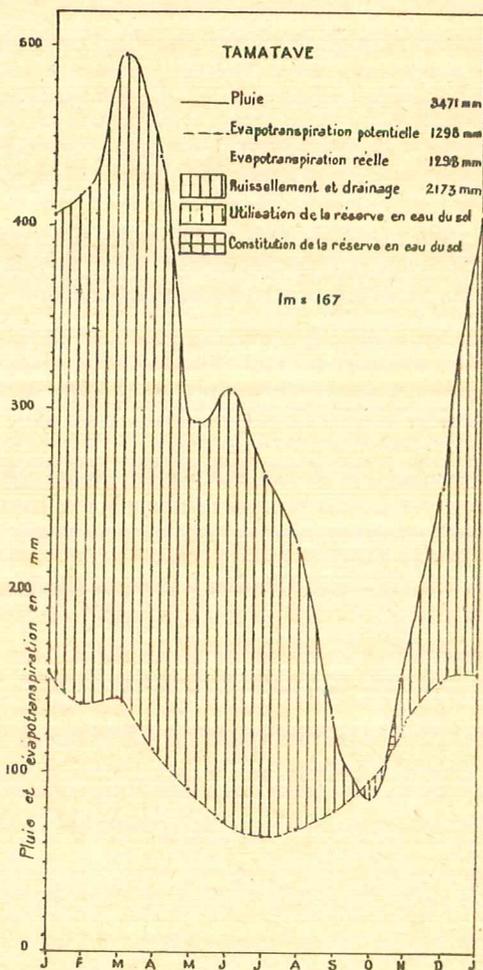


FIG. 4. — COURBE
PLUIE-ÉVAPOTRANSPIRATION : TAMATAVE

Azoïques (excepté un affleurement de calcaire fossilifère au niveau de la mer à Sondrara), elles sont probablement d'origine continentale et rattachées, d'après la faune des calcaires trouvés plus au Sud, au Crétacé. Dans la zone cartographiée, les formations calcaires sont inexistantes au moins en surface et ces sédiments sont constitués par des argiles bariolées et des sables gréseux à stratification entrecroisée.

Certaines zones dans ces formations sont caractérisées par la fréquence de concrétions blanches alumineuses à nombreux quartz clastiques ou par des concrétions ferrugineuses creuses contenant du sable pyriteux pour lesquelles J. RIQUEUR a proposé une explication pédologique (25). Par ailleurs, en de nombreux endroits, en particulier au Nord et au Sud d'Andevoranto, ces formations ont été recouvertes par des nappes importantes de sables quartzitiques.

— *les formations récentes* : les alluvions fluvio-lacustres s'étendent de part et d'autre de la vallée du Mangoro et ennoient le socle ancien dont des îlots subsistent à l'Ouest de Marovoay et d'Amboasary. On peut distinguer deux types de matériaux originels : des alluvions jaunâtres sablo-argileuses à sableuses qui sont les plus répandues et où l'on observe fréquemment des zones tachetées fossiles (anciens sols hydromorphes de terrasses anciennes) et des sables blancs assez purs qui constituent des surfaces d'étendue plus restreinte.

Les alluvions fluviales anciennes occupent de très faibles surfaces dans certaines vallées et au voisinage de la plaine de Brickaville.

Les alluvions fluviales récentes sont à tendance argileuse ou sableuse. On les trouve dans les bas-cours des rivières principales ou les plaines intérieures, et sur la zone à *lavaka* du flanc Est de la dépression du Mangoro.

Enfin des sables marins assez bien triés forment un cordon côtier et certaines surfaces de régularisation de la côte sans qu'il subsiste de système dunaire caractérisé.

MODE D'ALTÉRATION DES ROCHES SILICACÉES ALUMINEUSES (1)

Si la classification des produits d'altération latéritiques d'A. LACROIX basée sur le pourcentage d'« éléments latéritiques » demeure intéressante, elle est insuffisante dans l'état actuel des techniques d'études minéralogiques. De plus, elle introduit des subdivisions dont la valeur sur le terrain paraît assez relative.

Rappelons que l'on peut distinguer schématiquement dans le mode d'altération latéritique une altération dite « kaolinique » où certains minéraux, en particulier les feldspaths, se transforment dans la zone de départ en minéraux argileux du type kaolinite, et une altération dite « gibbsitique » dans laquelle les feldspaths

(1) Des travaux sur le sujet ont paru depuis que le manuscrit de cette notice a été déposé, en 1956.

(ou la kaolinite ?) se transforment directement en hydrargillite ou gibbsite.

Morphologiquement, la prédominance du second mode d'altération se marque dans le profil (non remanié) par la présence en plus ou moins grande abondance de masses poreuses de taille variable, présentant une structure cloisonnée (lamelles d'hydrargillite) d'où le nom de « texture en pain d'épice » donné par A. LACROIX [(16), t. III, p. 96] à cause de l'aspect de ces résidus d'altération. Dans le premier cas au contraire l'ensemble de l'horizon de départ est constitué par des masses argileuses à toucher onctueux (argiles kaoliniques).

A. LACROIX reconnaît [(16), t. III, p. 99] qu'il n'existe pas à Madagascar de spécialisation de l'un des modes de transformation aux dépens de certains types lithologiques, et que les transformations argileuses réalisent le type le plus fréquent.

D'après nos observations, il nous semble que dans la zone cartographiée, les deux modes d'altération coexistent la plupart du temps et dans une même formation on peut voir des variations très importantes sur une courte distance (quelques mètres). On peut cependant énoncer quelques principes généraux :

— l'altération « kaolinique » paraît généralisée et présente dans la plupart des profils ;

— l'altération « gibbsitique » est également très fréquente dans la zone cartographiée, mais il semble qu'elle domine particulièrement sur migmatites granitoïdes et granites [J. RIQUIER a déjà signalé la fréquence des sols latéritiques gibbsitiques sur granites monzonitiques et pegmatites (27)] ;

— l'altération « gibbsitique » paraît beaucoup plus rare sinon absente dans le système du graphite, en particulier dans la série du Mangoro (gneiss et migmatites). Sur le flanc Est de la dépression du Mangoro, on peut observer des zones de départ kaoliniques très profondes (« latérites argileuses » et « argiles latéritiques » de LACROIX) ;

— l'accumulation anormale dans les horizons supérieurs du profil de débris d'altération gibbsitique (« pseudo-concrétions ») doit faire envisager des remaniements de surface (ou des phénomènes de « creep » en zone forestière). Ces pseudo-concrétions sont toujours riches en fer et en alumine ;

— dans la zone cartographiée, l'accumulation de pseudo-concrétions dans les horizons supérieurs du sol, plus ou moins parallèle à la topographie, est particulièrement caractéristique de reliefs aux formes adoucies (surfaces topographiques anciennes en voie de dissection).

H. ERHART considère comme essentiel le rôle de la prairie dans le concrétionnement des sols latéritiques, sous climat à saison sèche. Bien que l'école française considère actuellement le concrétionnement comme possible sous végétation forestière (cf. G. AUBERT, *Cours de Pédologie générale* professé à l'O.R.S.T.O.M. *Inédit*),

nous n'avons pas observé de véritables concrétions dans la zone cartographiée. Il semble qu'on ait toujours affaire à des pseudo-concrétions, dans certains cas plus ou moins remaniées et ferruginisées secondairement. H. ERHART note d'ailleurs qu'à Madagascar les vraies « latérites » et « latérites cuirassées » sont rares, et que la zone de concrétions, même dans les sols « de prairie », est souvent très peu nette [(11), p. 198]. Nous reviendrons à propos des formes d'érosion sur les interactions possibles entre sol et végétation dans la zone cartographiée. Ces pseudo-concrétions, outre leur structure cloisonnée, montrent à l'analyse des teneurs toujours élevées en alumine, teneurs supérieures ou au moins égales à celles en fer, sauf dans le cas de remaniements importants dans les horizons supérieurs.

LA VÉGÉTATION

Du point de vue qui nous intéresse nous pouvons distinguer :

- la forêt ombrophile à sous-bois herbacé ;
- la végétation modifiée ou *savoka* ;
- la pseudosteppe ;
- la végétation des fonds marécageux ;
- les bois et bosquets littoraux.

— *La forêt ombrophile* est une formation végétale complexe qui fournit au sol une quantité importante de matière végétale. Les débris végétaux mal décomposés forment en surface du sol une litière atteignant 5 à 10 centimètres d'épaisseur, parfois davantage, mais en général il y a peu d'acides humiques produits et l'horizon A1 est peu marqué.

La litière repose le plus souvent directement sur un horizon A2 pauvre en matière organique.

— *La végétation modifiée* ou « *savoka* » est aussi appelée « brousse des *tavy* » car elle est la conséquence d'une méthode culturale pratiquée par les autochtones, le *tavy*, pratique qui consiste à abattre la forêt, laisser sécher et brûler avant de semer en poquets du riz ou autres graines. Cette formation est constituée par un nombre relativement restreint d'espèces dont l'une est souvent dominante pour une zone donnée.

Parmi les formations résultant d'une déforestation récente il semble que l'on rencontre le plus fréquemment les *savoka* à *Psiadia altissima* (*Dingadingana*), à *Haronga madagascariensis* (*Harongana*), à *Solanum auriculatum* (*Sevabe*), à *Nastus capitatus* (*Volotsangana*).

Il semble au contraire que les zones à déforestation plus ancienne soient occupées par une végétation secondaire où dominent les espèces suivantes : *Sticherus flagellaris* (*Rangotra*), *Aframomum angustifolium* (*Longoza*), *Clidemia hirta* (*Mazambody*), *Lantana*

camara (*Rindriadriaka*), *Lycopodium cernuum* (*Tanantandroka*), *Rubus cf. mollucanus* (*Takoaka*), *Psidium guajava* (*Goavy*), diverses bruyères du genre *Philippia* (*Anjavidy*), des *Helichrysum* (*Ampangabe*), *Pteridium aquilinum* (*Ampanga*). Ces *savoka* sont d'ailleurs la plupart du temps constituées d'une mosaïque de taches de végétation où domine une des espèces précédentes à l'exclusion des autres ou presque. Ces espèces sont des arbustes ou des plantes herbacées à port assez élevé ; cependant ces *savoka* sont fréquemment couvertes d'un peuplement régulier de *Ravenala madagascariensis*, arbre caractéristique dans le paysage de la partie orientale de la feuille appelée souvent pour cette raison « Brousse à Ravenales ».

Dans ces zones à déforestation plus ou moins ancienne il semble que la brousse éricoïde à *Philippia* constitue un des types de *savoka* le plus dégradé et précède souvent la pseudosteppe dans la série régressive de climat humide définie par H. PERRIER DE LA BATHIE et H. HUMBERT (12) : forêt primitive (détruite par un *tavy*) — *savoka* — pseudosteppe. Cette *savoka* à *Philippia* occupe en général les sols les plus érodés ou les matériaux particulièrement pauvres (sables quartzitiques). Elle peut directement succéder à la forêt primitive en concurrence avec la pseudosteppe en climat moins humide comme cela se produit sur le flanc Est de la vallée du Mangoro, la série régressive : forêt primitive — pseudosteppe, étant surtout caractéristique de l'Ouest de Madagascar et de la majeure partie des Hauts-Plateaux.

La végétation de *savoka* paraît dans la plupart des cas favoriser la différenciation d'un horizon A1 assez marqué sous une mince litière végétale. Sauf dans le cas de la *savoka* à *Philippia*, elle constitue un écran encore très efficace contre le processus d'érosion à la surface du sol. Il faut noter cependant sur les sables recouverts d'une végétation à *Philippia* la présence d'un horizon d'humus brut assez caractéristique.

Selon H. ERHART (10), les plantes de *savoka* seraient nitratophiles alors que les espèces forestières seraient surtout ammoniacophiles. H. HUMBERT (12) qualifie également de nitratophiles et héliophiles à croissance rapide un certain nombre d'espèces de *savoka*.

— *La pseudosteppe* constitue une bande Nord-Sud à l'Est de la dépression du Mangoro, bande qui devient très large au Nord de la route de Fierenana. Vers l'Est on la trouve surtout au Sud de la voie ferrée Tananarive-Tamatave : à partir de la région de Beforona elle occupe le sommet des collines, progressant du haut vers le bas de la pente et tendant à remplacer la « *savoka* à ravenales » alors que cette formation progresse plutôt à partir des vallées, l'homme brûlant d'abord aux endroits les plus accessibles et des lambeaux de forêt primitive subsistant sur les croupes. L'exploitation abusive, fréquente dans le passé, a souvent joué un rôle aussi néfaste que celui des *tavy*.

A partir de Ranomafana, et dans la zone dite « des basses collines » (particulièrement sur les terrains sédimentaires), une pseudosteppe plus ou moins clairsemée occupe la presque totalité de la surface, la *savoka* à ravenales étant reléguée dans les fonds de vallées, et constituant une formation digitée, pour reprendre le terme d'A. AUBREVILLE (2), bien visible sur photo aérienne.

De même que la forêt est rongée par les *tavy*, la *savoka* et la pseudosteppe sont soumises aux incendies périodiques des feux de brousse. Aussi les espèces de pseudosteppe sont le plus souvent des graminées sclérophylles où dominent les genres *Aristida*, *Andropogon* et *Pennisetum* et qui constituent un couvert très sporadique, sous lequel l'horizon humifère est très peu marqué ou a pratiquement disparu. Lorsque la topographie revêt des formes plus adoucies, ou que l'interdiction des feux est respectée, on observe une prairie plus dense à *Hyparrhenia* comme dans la zone de collines à l'Est de Ranomafana, ou encore une prairie à *Imperata* (*Tenina*) sous laquelle l'horizon humifère est en général beaucoup mieux marqué, par exemple sur les collines centrales de la dépression du Mangoro.

— *Les bas-fonds et les dépressions marécageuses* sont occupés par des espèces particulières. Dans les marais et lagunes, et en particulier dans la région côtière, on trouve comme espèces caractéristiques des surfaces continuellement inondées, *Typhonodorum Lindleyanum* (*Viha*), des *Pandanus* (*Fandrana*), *Typha angustifolia* (*Vondro*), des Sphaignes (*Savoronala*), et surtout de nombreuses cypéracées dont les espèces les plus fréquentes sont : *Cyperus madagascariensis* (*Zozoro*), *Cyperus latifolius* (*Herana*), *Heliocharis plantaginea* (*Arefo*), *Rhynchospora glauca* (*Vendra*), *Lepironia mucronata* (*Penja*), *Cyperus aequali* (*Bilao*). Le *zozoro*, l'*herana* et l'*arefo* occupent de vastes surfaces en peuplements à peu près purs dans les hautes plaines marécageuses comme celle du Haut-Ivondro et de Fierenana, la vallée actuelle du Mangoro et tous les petits biefs marécageux non aménagés fréquents sur la plupart des cours d'eau. Ces biefs sont souvent également peuplés par un polypode : *Dryopteris unita* (*Tritra*).

Les surfaces à *Zozoro* et *Herana* sont caractérisées par une accumulation particulièrement importante de matière organique (tourbe jeune) alors que les autres espèces de cypéracées semblent peu productrices de matière végétale.

(A noter également dans les bas-fonds des « basses collines » et de la zone côtière quelques plantations de *Raphia*.)

— *Les bois et bosquets littoraux* constituent la végétation du cordon dunaire récent et des sables lagunaires situés en arrière du canal des Pangalanes. La végétation assez luxuriante, non soumise au régime des feux, comprend des *Pandanus*, des *Cycas*, des *Palmyers* et de nombreuses espèces ubiquistes. Les surfaces déboisées sont occupées par des peuplements de *Philippia* ou de *Fougères*,

ou bien par une prairie rase à *Cynodon* et *Digitaria Humberti*. La forêt littorale sur sables donne naissance à un horizon humifère peu épais mais bien marqué.

— *Les cultures* : par rapport à la superficie totale elles occupent des surfaces extrêmement restreintes.

La culture industrielle du manioc se fait sur les alluvions anciennes du Mangoro dans les régions de Marovoay et d'Amboasary (féculeries). La canne à sucre occupe une très grande partie des alluvions récentes du Rianila et de ses affluents l'Iaroka et la Rongaronga dans la région de Brickaville (Sucrierie la Bourdonnais).

Cette culture est également pratiquée sur les alluvions récentes du bas-cours de l'Ivondro.

La culture du riz demeure très sporadique. Les surfaces cultivées en riz les plus importantes se trouvent dans les régions d'Andaingo, de Fierenana, le cours moyen de l'Iaroka, la plaine de Brickaville, le bas-cours du Rianila, le bas-cours des petites rivières côtières, le delta de l'Ivondro.

La principale culture arbustive est le café, culture familiale qui occupe la majeure partie des étroites bandes alluviales de toutes les vallées occupées par l'homme. La culture du bananier est en régression par suite des cours très faibles et de la surproduction ; elle est pratiquée également sur les bandes alluviales des vallées, en particulier au Nord de Brickaville, le long de la Rongaronga. A signaler quelques plantations de girofliers dans les régions de Ranomafana et d'Anivorano. La production de raphia dans la zone côtière est en déclin par suite d'une exploitation abusive.

Enfin divers fruitiers et plantes vivrières sont cultivés à l'échelon familial aux abords des villages.

LA MORPHOLOGIE

a. *La morphologie de la zone forestière.* — Le milieu morphogénétique est représenté par la forêt ombrophile en climat tropical humide, facteurs que nous avons déjà vus. La forêt relativement intacte recouvre en général un relief très accidenté et très disséqué dont un exemple peut être pris au Nord-Ouest de Lohariandava (cours moyen de la Vohitra). L'ensemble des crêtes et thalwegs présente un aspect caractéristique « en accordéon » d'où le nom de *polyédrique* donné par P. BRENON à un type de relief analogue étudié dans les bassins de la Mahajamba et de la Bemarivo (7). Malgré la couverture forestière dense, cette morphologie est bien visible : les lignes de crêtes sont fréquemment orientées Nord-Sud, mais le tracé des vallées est fortement influencé par une tectonique de failles. Le tracé de la ligne de crête principale apparaît en dents de scie ; de chaque pointe part une ligne de crête secondaire plus ou moins orthogonale à la ligne de crête principale, et à l'opposé un axe de thalweg secondaire. Les flancs des alignements principaux

sont ainsi découpés par une série de vallées secondaires en « V ». Il existe peu ou pas de bassins versants semi-circulaires « en cirques ». Dans toute la zone forestée de la feuille, les affleurements rocheux en « boules » ou en « pains de sucre » sont fréquents ; les lits des rivières très encaissés sont coupés de chutes et de rapides. Les pentes sont fortes (32 à 35° en moyenne), droites ou légèrement concaves.

Il semble que l'épaisseur du sol, et en particulier l'épaisseur des horizons dits « de départ », soit plus faible sur les crêtes que sur les pentes.

On peut également dire que ce milieu est caractérisé par une nette prépondérance des phénomènes d'altération chimique sur ceux d'altération mécanique et J. TRICART insistait récemment sur ce point dans son étude du milieu morphogénétique du Fouta-Djallon (34). Cet auteur signale l'existence sous la forêt africaine d'importants dépôts de pente. Rien ne nous permet de supposer un fait analogue dans la zone forestière cartographiée : l'érosion est pratiquement nulle actuellement et la forêt semble avoir envahi un relief déjà fortement disséqué. Les alluvions anciennes sont rares, peu éloignées du cours actuel et de surface toujours très restreinte. Entre les brusques dénivellations rocheuses, les rivières traversent fréquemment de petites plaines marécageuses.

P. BRENON considère le type de relief « polyédrique » comme le résultat d'une érosion poussée attaquant une pellicule plus ou moins épaisse de « latérite » soutenue par un noyau interne de roches granitiques ou gneissiques qui forment l'armature résistante de ces reliefs, apparemment formés de terrains meubles. Toujours d'après cet auteur, l'élaboration de ce type de relief nécessiterait une épaisseur modérée de « latérite » sur des versants abrupts burinés par une érosion brutale. Enfin, une latéritisation légèrement plus rapide que l'érosion débutante, qui a dû être lente, aurait répété au moins grossièrement en profondeur la surface topographique, ce qui permettrait l'explication de ces reliefs.

Cependant une érosion brutale et lente ne peut s'être faite ni en milieu tropical humide ni sous couverture végétale dense. Elle se serait donc exercée sous un climat différent de l'actuel et selon l'hypothèse précédente sur un matériau déjà latéritisé. Or les formes d'érosion actuelles sur terrains latéritiques, en climat à pluviométrie assez élevée mais à saison sèche marquée, montrent que l'attaque du relief se fait d'une manière essentiellement hétérogène (*lavaka*) dont rien ne laisse présumer que l'aboutissement soit du type polyédrique.

Par contre il est raisonnable de penser qu'aucun changement climatique important n'est survenu depuis des périodes très anciennes sur le versant Est de Madagascar, que la morphologie de la zone forestière est certainement très vieille et qu'au cours d'une très longue période la dissection initiale des versants a pu, parallèlement à la latéritisation, se poursuivre au moins lentement même sous cou-

verture forestière dense et malgré la faible charge solide des cours d'eau élémentaires. Le départ d'éléments en quantités importantes lors du phénomène de latéritisation joue peut-être un rôle non négligeable dans l'évolution des versants (phase migratrice des éléments solubles).

Pour des raisons de facilité de pénétration ce type de relief correspond, à peu près, à l'étendue actuelle de la forêt dense.

Le ravinement intense et la multiplication des crêtes et des thalwegs restent le plus souvent liés à la direction de la schistosité métamorphique (fréquemment N-S ou NW-SE) : ainsi dans la région de Maroserano, on peut observer des lignes faitières ravinées perpendiculairement et formant des lignes courbes parallèles ; au Nord d'Anjahamana la photo aérienne montre un quadrillage losangique très net. Nous avons déjà dit l'influence des failles très nombreuses sur le réseau hydrographique.

Au Sud de la Vohitra (de Beforona à Ranomafana), et au Nord-Est de la feuille (bassins de la Fanandrana et du Manambolo), ce type de relief devient moins vigoureux. L'influence des directions de métamorphisme y est moins visible, les dénivellations entre thalwegs et crêtes moins importantes, et on observe une tendance à l'évasement des bassins versants élémentaires qui perdent la forme de ravins en « V », et tendent vers la forme semi-circulaire, en même temps que la concavité des pentes tend à augmenter.

Les affleurements rocheux sont le plus souvent des blocs isolés au sein de la masse altérée.

b. *Surfaces topographiques anciennes en voie de dissection.* —

En allant de Ranomafana à Brickaville on observe un paysage tout à fait différent du type précédent : les pentes diminuent (12 à 15° en moyenne) et tendent vers une forme convexe, les interfluves s'agrandissent de plus en plus à mesure que l'altitude diminue, la pseudo-steppe apparaît et la végétation forestière dégradée se maintient seulement dans les vallées ; souvent ces dernières sont marécageuses, mais demeurent assez profondes. A l'Est de Brickaville et du Rianila le réseau hydrographique est encore dense et ramifié mais l'enfoncement des vallées est plus faible, les pentes nettement convexes (d'après P. BRENON, ces types de reliefs : pénéplaines à réseau hydrographique de type arborescent ou dendritique, constitueraient des formes d'évolution morphologique moins évoluées que les reliefs polyédriques).

Dans la zone orientale, les sédiments continentaux font exception et présentent un modelé découpé à crêtes et vallées étroites du type « bad-land ». Le réseau hydrographique y est très ramifié : les tributaires sont en « V » et terminés fréquemment par de petits *lavaka* semi-circulaires ou digités, en gradins d'amphithéâtre (couches sédimentaires de dureté différente) ; les vallées principales, aboutissant aux lagunes, sont larges et marécageuses. Ce type de relief est particulièrement bien visible à l'Ouest d'Ambila et au Sud de l'em-

bouchure du Rianila. Dans cette dernière zone, aux environs de Manajona, on trouve un plateau à bords ravinés, qui représente peut-être un témoin de la surface générale d'aplanissement des terrains sédimentaires, marquée par un recouvrement de sables quartzitiques que l'on retrouve sur le sommet de la plupart des collines de la zone côtière.

Un autre exemple de surface aplanie en voie de dissection est constitué par le fossé d'effondrement du Mangoro. Cette rivière en creusant son lit a abaissé le niveau de base local, d'où un paysage de collines à pentes douces et convexes avec des vallées larges et marécageuses. Le long du cours actuel on peut relever deux niveaux de terrasses assez bien individualisés.

c. *La côte.* — La prépondérance de l'action marine ne permet qu'un delta très atrophié à une rivière aussi importante que l'Ivondro ; quant au Rianila, sauf en période de crue, il a son embouchure partiellement fermée par un cordon sableux. Partout ailleurs la régularisation a soit comblé complètement les indentations des sédiments continentaux, soit ménagé des lagunes à contour très irrégulier. Il n'existe pas de dunes proprement dites, mais seulement des sillons et rides parallèles marquant la position des différents cordons littoraux successifs (ceux-ci sont surtout bien visibles au Nord et au Sud de l'Ivondro).

d. *Les formes d'érosion,* formes normales et formes anthropiques. — Nous avons déjà dit qu'en zone forestière l'érosion apparaissait pratiquement nulle. Le profil d'équilibre des rivières est subdivisé en multiples tronçons et l'érosion linéaire est très faible par suite du peu d'éléments grossiers charriés par les eaux.

En ce qui concerne l'évolution des versants, son étude nécessiterait des observations particulières assez longues, en particulier l'examen de chaînes de profils sur des pentes typiques avec une profondeur et un mode d'altération réguliers. Le « creep » joue certainement un rôle important dans cette évolution comme en témoignent certaines accumulations de pseudo-concrétions et la dispersion en surface de filons de quartz, subverticaux dans la roche-mère. Intervient sans doute également le lessivage oblique des éléments fins colloïdaux en pente forte avec comme résultat la richesse plus grande en éléments grossiers de l'horizon supérieur du sol.

L'homme, en modifiant le couvert végétal, provoque des phénomènes d'érosion plus spectaculaire : érosion en nappe ou érosion en *lavaka*. Nous pensons que le déclenchement de ces phénomènes est lié essentiellement à la destruction de l'écran formé par une végétation dense, écran qui annule l'action mécanique des eaux de ruissellement et empêche leur concentration. Pour ces raisons, l'apparition des phénomènes d'érosion accélérée ne se fera qu'au stade de la pseudosteppe ou de la brousse éricoïde à *Philippia*,

qui réalisent une protection insuffisante du sol. Pour un même couvert cette apparition sera hâtée ou retardée en fonction des facteurs climatiques ou topographiques.

La rupture d'équilibre serait d'ordre essentiellement biologique, les facteurs édaphiques intervenant très peu ou pas du tout, surtout si l'on admet qu'à un certain degré d'évolution du sol, la forêt peut vivre en grande partie sur ses propres débris.

En zone forestière ou en pays de *savoka*, l'érosion accélérée est pratiquement inexistante. Nous avons cependant observé deux cas de *lavaka* dans cette zone, mais dans chaque cas le déclenchement du phénomène était visiblement dû à la canalisation anormale des eaux de ruissellement en pente forte par un sentier créé par l'homme. Le caractère très peu marqué de la saison sèche sur le versant oriental favorise la luxuriance du couvert végétal. Cependant l'action répétée des feux dans la zone la plus orientale a réduit la végétation à une pseudosteppe plus ou moins sclérophylle ; mais la topographie diminue l'ampleur des phénomènes d'érosion. C'est ainsi qu'à l'Est de Ranomafana l'érosion en nappe est fréquente mais n'intéresse en général que le haut des pentes (crête militaire) ; les *lavaka* sont extrêmement rares. Mêmes observations pour la dépression du Mangoro. Sur les terrains sédimentaires, l'érosion en nappe est assez généralisée (sauf sur sables quartzitiques perméables) avec parfois formation de terrassettes, ressauts d'érosion ou ravineaux, mais les faibles dénivellations et surtout l'hétérogénéité des couches sédimentaires s'opposent à la formation de *lavaka* véritables ; là encore l'érosion est surtout active en haut de pente.

La série de hauteurs qui dominant la dépression du Mangoro à l'Est offre un très bel exemple d'une rupture dans l'équilibre morphogénétique, due à l'homme. Cette zone, déjà disséquée comme l'ensemble de la région forestière, a vu ses vallées surcreusées et ses pentes accentuées à la suite de la dernière phase de creusement du Mangoro. Or sa situation entre deux lignes de reliefs forestés orientés Nord-Sud confère à la dépression du Mangoro et à son versant Est un climat moins pluvieux et à saison sèche plus accentuée, différent du climat très pluvieux du « versant betsimisaraka ».

Ceci explique qu'à la destruction de la forêt primitive ne fait pas suite une *savoka* dense telle qu'on l'observe plus à l'Est, mais seulement une végétation arbustive à base de *Philippia* et d'*Helichrysum*, ou une prairie à *Hypparhenia* identique à celle de la zone orientale, ravagées périodiquement par le feu. La protection du sol étant devenue insuffisante, le premier stade est celui d'une érosion en nappe généralisée qui cause la disparition de l'horizon humifère en même temps que celle de la végétation par éclaircissement progressif, le phénomène allant du haut de la pente vers le bas. Puis on constate le plus souvent la naissance, au voisinage de la crête militaire, d'une petite falaise dont la base atteint l'horizon de départ et constituée par l'horizon jaune de l'ancien profil forestier qui constituerait une couche résistante et dont l'enlèvement se fait

surtout par prismes de dessiccation, le phénomène progressant également du haut vers le bas. L'horizon de départ, très meuble, se creuse ensuite de ravineaux et de ravins avec formation de cônes d'érosion et début d'entonnoirs de *lavaka*. Ce creusement se fait selon un processus caractéristique : chenaux étroits reliant de petites « marmites » disposées en escalier et alternant par rapport à une ligne de plus grande pente. Les glissements en masse n'interviennent que lorsque les parois du *lavaka* sont déjà subverticales. Nos observations corroborent celles déjà faites par J. RIQUIER à ce sujet (29). Les *lavaka* de la zone en question sont parmi les plus spectaculaires observés à Madagascar.

LES SOLS

CLASSIFICATION

I. — *Ordre des sols évolués*

1^o LES SOLS PODZOLIQUES :

- a. Podzols humiques sur sables alluviaux fluviaux (série Amboasary) ;
- b. Podzols humo-ferrugineux sur sables quartzitiques (série Lakato) ;
- c. Podzols humiques sur sables marins et lagunaires (série Ambila).

2^o LES SOLS FERRALLITIQUES :

A. — *Sols ferrallitiques sur roches métamorphiques ou éruptives.*

Les sols ferrallitiques de la zone forestière :

1^o Les sols rouges ;

2^o Les sols jaune sur rouge.

Les sols ferrallitiques à végétation modifiée (sols de *savoka*).

1^o Les sols rouges :

- a. Sols rouges sur gabbros, dolérites et filons basiques (série Fanandrana) ;
- b. Sols rouges sur migmatites granitoïdes (série Anivorano).

2^o Les sols jaune sur rouge ;

3^o Les sols jaunes.

Les sols ferrallitiques à couvert herbacé plus ou moins dégradé (sols « de prairie ») :

1^o Sols rouges et sols jaune sur rouge érodés ;

2^o Sols à pseudo-concrétions :

a. Sols jaunes (série Ambohibola) ;

b. Sols jaune sur rouge (série Ranomafana).

B. — *Sols ferrallitiques sur alluvions anciennes.*

Sols jaunes sur alluvions fluvio-lacustres sablo-argileuses
(série Marovoay) ;

Sols jaune beige sur alluvions fluvio-lacustres sableuses
(série Maromaninana) ;

Sols jaunes lessivés sur alluvions fluviales anciennes ;
Sables jaunes.

3° LES SOLS HYDROMORPHES :

Sols à engorgement total et permanent :

1° Sols de marais ;

2° Sols argileux de bas-fonds.

Sols à engorgement permanent de profondeur et temporaire
de surface :

Sols marécageux.

Sols à engorgement temporaire de surface ou d'ensemble :

Sols tachetés ou faiblement hydromorphes.

II. — *Ordre des sols peu ou pas évolués*

Les alluvions fluviales récentes :

1° Alluvions récentes à tendance argileuse ;

2° Alluvions récentes à tendance sableuse ;

3° Alluvions type *Baiboa*.

Les sols humifères sur sables.

Les sols sur terrains sédimentaires continentaux.

N.B. — On sait que la Série, catégorie de classification inférieure à la famille de sols définie par la nature pétrographique de la roche-mère, se définit elle-même par les caractères de détail du profil : profondeur ou épaisseur de certains horizons, intensité de leur durcissement ou de leur compacité, etc.

Dans la zone cartographiée, ces caractères nous ont paru souvent trop variables pour pouvoir définir et utiliser dans tous les cas la notion de Série. Des noms de Séries (appellations locales) ont donc été donnés à titre indicatif et par souci de schématiser, seulement dans les cas où la définition d'un profil-type nous a paru valable pour une région, à l'échelle de la carte.

Pour les sols ferrallitiques sur roches métamorphiques ou éruptives, les subdivisions en fonction de la végétation ont été adoptées bien que n'ayant pas un caractère pédogénétique net. Cependant, comme on le verra plus loin, ces formations végétales, si elles paraissent peu influencer l'évolution pédogénétique actuelle du profil ferrallitique en profondeur, conditionnent par contre son état de surface et par suite éventuellement ses possibilités agrologiques ou sa susceptibilité aux phénomènes de dégradation.

DESCRIPTION ET CARACTÉRISATION
DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS

I. — Les sols évolués

1° LES SOLS PODZOLIQUES

La présence de sols podzoliques dans la zone cartographiée s'explique par la grande perméabilité et la pauvreté en bases de certaines roches-mères (sables quartzitiques). Le phénomène le plus apparent est le lessivage de la matière humique en profondeur, avec un horizon d'accumulation qui n'est vraiment net que lorsqu'il se produit au contact d'une couche imperméable. Le lessivage du fer est la plupart du temps beaucoup moins visible.

Une végétation productrice d'humus acide (lande à *Philippia*) favorise dans la plupart des cas le phénomène.

De tels sols ont déjà été étudiés dans la région d'Ambila par J. RIQUIER (25). Récemment, N. LENEUF et R. OCHS ont observé des profils analogues, mais à horizon d'accumulation plus important et évoluant essentiellement sous l'influence d'une nappe phréatique, sur les formations littorales sableuses de la basse Côte-d'Ivoire (19).

Les sols que nous étudions ici peuvent être désignés par le terme de « podzols humiques », plus rarement « podzols humo-ferrugineux ».

Podzols humiques sur sables alluviaux fluviatiles (série Amboasary) :

On trouve ces sols dans la dépression du Mangoro, le long de la route Moramanga-Ambatondrazaka. Ils se sont développés sur des sables quartzitiques assez fins (pas de graviers) qui ont recouvert localement la terrasse supérieure des alluvions anciennes sablo-argileuses. Mais on en trouve également à des altitudes plus basses au Sud-Ouest de Moramanga.

Ces sols sont couverts d'une végétation où dominant le plus souvent des *Philippia*, avec *Aristida similis* dans les zones inondées temporairement, ou *Hypparhenia* sur les surfaces bien drainées. Le recouvrement sableux dépasse rarement 1 mètre d'épaisseur.

A 10 kilomètres au Nord de Moramanga, près du village de Befotsy, on peut observer en zone plane et sous végétation précitée, le profil-type suivant (MO 30) :

- 0 à 7 cm : Horizon noirâtre, riche en débris végétaux peu décomposés (MO 31) distincts des grains de quartz, sableux, particulière, très perméable.
7 à 25 cm : Horizon gris blanchâtre, sableux, particulière, enracinement (MO 32) plutôt faible, perméable.

- 25 à 30 cm : Horizon d'accumulation humique noir, à tracé irrégulier, à matière organique enrobant les grains de quartz, à structure massive secondairement particulaire. Tache les doigts ; enracinement faible.
- 30 à 37 cm : Horizon jaune clair avec nombreuses taches et trajets de racines brun chocolat ou rouille noirâtre. Les racines s'arrêtent à la partie supérieure de cet horizon. L'ensemble est compact et durci en masse, particulaire après effritement. Il s'agit d'un horizon d'accumulation diffus à taches humiques ou humo-ferrugineuses.
- 37 cm et + à 70 cm (MO 35) : Horizon beige jaunâtre de plus en plus clair en profondeur, sablo-argileux, à structure massive en place, assez cohérent, légèrement plastique. Vers 1,30 m apparaissent de petites taches rouges brique bien individualisées. A notre avis il s'agit là d'une zone tachetée fossile comme on peut en voir sur les coupes d'alluvions anciennes le long de la route principale, au Nord et au Sud de Moramanga.
- à 120 cm : (MO 36)

Le pH est à tendance acide, mais encore assez élevé pour un sol podzolique. L'horizon d'accumulation, quoique très peu épais, est deux fois plus riche en matière organique que l'horizon de surface et cette matière organique est nettement plus humifiée. La texture est très sableuse dans tout le profil avec des proportions équivalentes de sable fin et de sable grossier sauf en surface, la quantité d'argile augmente seulement en profondeur dans l'alluvion ancienne.

Comme il s'agit d'une matière organique à humus grossier et à tendance acide, le rapport C/N est élevé, supérieur à 20. Le sol est pauvre en éléments échangeables et la capacité d'échange est faible sauf dans les horizons d'accumulation humique.

Le sol est également pauvre en éléments totaux, conséquence de la nature du matériau originel.

Ce type de sol occupe des surfaces incultes, plus ou moins inondées temporairement, et dont la valeur agricole ou forestière est à peu près nulle.

Podzols humo-ferrugineux sur sables quartzitiques (série Lakato) :

Ce type de sol a été observé le long de la route de Lakato, sur affleurements quartzitiques (grès métamorphisés constitués presque uniquement par du quartz avec des inclusions ferrugineuses).

L'évolution pédologique est la même que dans le type précédent, avec la différence qu'il s'agit d'un matériau en place et non remanié, d'où une certaine teneur originelle en fer, élément dont on observe également la migration en profondeur.

A 15 kilomètres au Sud de Massé, sur la route de Lakato, au sommet d'une colline, sous une *savoka* à *Philippia* et à *Pteris*, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 10 cm : Horizon brun noirâtre à noirâtre, riche en matière organique peu décomposée, celle-ci étant distincte du squelette quartzique. La texture est sableuse grossière, la porosité élevée. La masse est légèrement spongieuse, très riche en racines.

- 10 à 100 cm : Horizon gris blanchâtre, sableux très grossier (quartzite altérée), particulière, sans cohésion, porosité très élevée, enracinement moyen.
- Vers 100 cm : Ligne irrégulière d'accumulation humique, noir foncé, épaisse seulement de 2 à 3 centimètres, légèrement durcie. Au-dessous vient un horizon rouge clair de 20 à 30 centimètres, ferrugineux, légèrement durci, sablo-argileux, un peu plastique. La couleur rouge s'atténue très rapidement pour passer à nouveau à la quartzite altérée en petits parallélogrammes.

Ici l'accumulation humique semble s'être produite au contact d'une zone d'accumulation ferrugineuse également durcie, formée au sein du sable quartzitique. Dans d'autres cas, l'accumulation humique se fait au contact d'une zone d'altération argileuse de roche métamorphique (gneiss ou migmatite) dans laquelle la veine quartzitique est incluse. Mais cette accumulation humique excède rarement 5 centimètres d'épaisseur et forme toujours une ligne très irrégulière.

Enfin lorsque l'épaisseur de sable est grande, on ne peut observer d'accumulation humique car celle-ci est diffuse le plus souvent et n'apparaît que sur le trajet des racines ou en taches peu nettes. Le profil se réduit alors à un horizon humifère sur sables, type de sol que nous retrouverons plus loin, en particulier sous prairie à *Aristida* qui produit une matière organique moins acide que la brousse éricoïde à *Philippia*. Le même fait s'observe, mais beaucoup plus rarement sur sables alluviaux fluviaux épais et également sous prairie.

Podzols humiques sur sables marins et lagunaires (série Ambila) :

Ce type de sol a déjà été étudié par J. RIQUIER (25). Cependant à la différence des deux types précédents, il semble que l'accumulation humique, lorsqu'elle existe, se fasse au contact d'une nappe phréatique quasi permanente. Ailleurs, c'est-à-dire dans le cas le plus général, lorsque les sables atteignent de fortes épaisseurs et sont bien drainés, la migration d'humus se borne à quelques trajets de racines : on aurait alors le plus souvent un sol humifère peu évolué sur sables (*cf.* Sols peu évolués).

2° LES SOLS FERRALLITIQUES

Ce groupe, caractéristique de la zone cartographiée, en occupe la presque totalité.

Il peut être intéressant de comparer les caractères généraux des sols ferrallitiques décrits ci-après avec ceux synthétisés par G. AUBERT dans une communication sur les sols latéritiques ou ferrallitiques (1). Nous avons également affaire ici à un ensemble de phénomènes qui aboutissent à une altération extrêmement poussée de la roche-mère du sol avec maintien (plutôt qu'accumulation), dans un horizon de faible profondeur, des oxydes ou hydroxydes

et hydrates de fer, d'aluminium, de manganèse et de titane, et départ de silice.

Mais ces processus semblent le plus souvent se produire seuls, sans être accompagnés apparemment par d'autres processus pédogénétiques tels que lessivage, hydromorphie, durcissement ou concrétionnement véritable (exception faite, en ce qui concerne le lessivage, pour certains sols sur alluvions anciennes).

Nous avons déjà dit quelques mots des deux principaux modes d'altération. Il nous paraît hasardeux de vouloir, avec les résultats analytiques dont nous disposons, faire correspondre la couleur jaune de l'horizon intermédiaire des sols jaune/rouge, à un lessivage du fer, et comme l'a fait H. ERHART (11), d'assimiler ce phénomène à un début de podzolisation. De plus, des études détaillées et très précises restent à faire pour localiser dans le profil l'individualisation de certains éléments, en particulier de l'alumine, individualisation qui paraît liée étroitement au mode d'altération et la basicité plus ou moins grande de la roche-mère.

Nous ne trouvons pas ici, à l'exemple de ce qu'on observe dans de nombreux profils africains, un horizon d'argile tachetée : la transition entre horizon rubéfié et zone de départ à structure encore visible, est le plus souvent immédiate et rapide.

Malgré cette simplification dans le profil, nous pouvons à l'exemple de G. AUBERT considérer le profil général de ces sols comme complexe, et nous aurions même tendance à croire qu'il s'agit ici de sols plus ou moins séniles. Profils complexes à la fois dans leur morphologie de détail et dans leur évolution : en effet la définition d'un profil-type de sol ferrallitique, tout particulièrement en relief foresté et très accidenté, nous paraît assez subjective.

Des routes d'exploitation forestière récemment aménagées au « bulldozer » nous ont permis de constater les variations importantes concernant, sur de faibles distances, la couleur, la netteté et l'épaisseur des différents horizons, la profondeur et le degré d'altération. Les horizons de départ sont particulièrement variables, et, dans ces conditions, l'interprétation habituelle de certains résultats analytiques peut paraître assez vaine.

Le fait que les modifications du couvert végétal entraînent peu de changements dans la morphologie et l'évolution du profil, pour un même type de sol en un lieu donné (mise à part la disparition plus ou moins complète de la litière ou de l'horizon humifère avec augmentation corrélative de la susceptibilité à l'érosion) apporterait un argument à l'hypothèse de sénilité.

Certains résultats analytiques sont en contradiction avec les faits couramment admis. En général, le pH reste acide dans tout le profil et ne remonte pas sensiblement dans le matériau originel. De plus, l'horizon supérieur, d'une façon générale, n'a pas, même sous végétation forestière, un pH sensiblement supérieur à celui des horizons sous-jacents, et sa richesse en bases n'est pas notablement plus élevée.

Une concentration plus élevée des éléments grossiers dans les horizons supérieurs n'est pas généralisée et paraît surtout nette en pays très accidenté (zone forestière). Enfin une plus grande richesse en hydroxydes métalliques n'est pas toujours caractéristique de l'horizon moyen plus ou moins rubéfié, bien que celui-ci paraisse très altéré.

Compte tenu de l'influence des différents facteurs pédogénétiques sur la morphologie du profil des sols ferrallitiques, on peut conclure à une sorte de discontinuité entre les propriétés générales de ces sols, propriétés relativement homogènes, et leur vitesse d'évolution, vitesse sur laquelle l'analyse morphologique ordinaire est impuissante à nous renseigner. Nos distinctions seront donc faites en fonction du paysage naturel, ensemble le plus perceptible à l'observation, dont l'évolution est plus souvent significative que celle du profil ferrallitique lui-même, et d'après la nature de la roche-mère qui semble influencer beaucoup le mode d'altération.

A. SOLS FERRALLITIQUES SUR ROCHES MÉTAMORPHIQUES OU ÉRUPTIVES

Les sols ferrallitiques de la zone forestière :

Ces sols sont recouverts par une litière plus ou moins épaisse de débris végétaux peu décomposés. Ils occupent un relief très accidenté où les affleurements rocheux sont fréquents. Pour ces raisons et à cause des pentes très fortes, l'horizon jaune ou jaune rouge y est d'épaisseur irrégulière, et même inexistant sur roche basique. Lorsqu'il existe, il semble plus important en bas de pente et dans les thalwegs élémentaires (circulation plus intense des solutions du sol ?). L'horizon dit d'accumulation ou rubéfié est le plus souvent peu important et fait place rapidement à la roche-mère en altération ou « horizon de départ ». Celui-ci est souvent assez épais (au moins plusieurs mètres) mais sur les sommets le sol a souvent une tendance subsquelettique à cause de l'abondance des blocs rocheux.

1^o *Les sols rouges.* — On les trouve sur les séries éruptives jeunes (gabbros et dykes à faciès diabasique) et sur granite ou migmatite granitoïde. Les surfaces qu'ils occupent sont toujours assez restreintes : Est de Marovoay (Tampombato), Sud de Périnet (Léritsia), Est de Torotorofotsy (Vohitsara), Haut-Rianila (Zanaharibe), plus importantes au Nord du Rianila dans la région d'Anjahanana.

Sur la piste d'Amparihibe, à 17 kilomètres de la route de Périnet à Beforona (concession La Grande Ile), sous forêt dense, sur pente

voisine de 45°, on peut observer le profil suivant, développé à partir d'un granite leucocrate :

- 0 à 15 cm : Litière végétale brun rouge, très riche en débris végétaux peu décomposés, légèrement spongieuse.
(MO 231)
 - 15 à 30 cm : Horizon brun jaunâtre, légèrement humifère, à structure faiblement grumeleuse, sablo-argileux, encore très riche en racines.
(MO 232)
 - 30 à 40 cm : Horizon jaune ocre peu net et irrégulier, à structure nuciforme, sablo-argileux à sablo-limoneux ; enracinement important.
(MO 233)
 - 40 à 300 cm : Horizon rouge à rouge violacé, assez homogène. Dans la masse argileuse on observe des amas à structure poreuse (lamelles d'hydrargillite) et de nombreux filonnets quartziques intacts.
(MO 234)
- La roche pourrie apparaît à profondeur très variable : elle est noirâtre en surface et l'altération en boules est fréquente.

Les coupes fraîches le long de la piste révèlent la grande variation dans le degré d'altération de l'horizon profond : tantôt la structure grenue de la roche est encore bien visible, tantôt il ne subsiste plus que des filons de quartz ou des blocs à structure en « pain d'épices » noyés dans une masse argileuse rouge foncé.

Le pH de ces sols est en général nettement acide sur l'ensemble du profil. La texture est assez variable d'un point à un autre, avec fréquemment des taux de sables assez importants dès la surface et un accroissement de la teneur en argile avec la profondeur. Les teneurs en alumine et en fer sont très variables et fonction de l'importance du squelette quartzique dans la roche originelle.

La teneur en matière organique est toujours élevée en surface ; cette teneur se conserve dans l'horizon sous-jacent à la litière bien que l'intensité de la coloration du sol masque fréquemment la présence d'humus. Le stade acides humiques est vraisemblablement transitoire d'où quelques variations dans le rapport C/N, mais le plus souvent celui-ci est légèrement inférieur à 10.

Le complexe adsorbant est peu important, partiellement saturé malgré la pauvreté en éléments échangeables.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est en général bas même dans la roche altérée. Les réserves minérales sont très médiocres sauf en acide phosphorique.

2° *Les sols jaune/rouge.* — Le profil du sol se rapproche du profil typique de sol forestier décrit par H. ERHART [(11) p. 190]. Cependant la zone de départ, souvent très épaisse, est rarement observable dans sa totalité. De plus la distinction d'une zone tachetée bien individualisée nous a paru assez difficile à faire : en effet le passage de la roche complètement altérée, mais à structure rubanée encore visible, à la masse rubéfiée homogène, est en général rapide. Par contre la présence d'un horizon jaune rouge à jaune ocre, appelé par H. ERHART « zone podzolée », est assez caractéristique. Cet horizon a également été signalé dans des zones forestières ou récemment déforestées, en particulier par J. RIQUIER (26), (27),

(28), P. SEGALEN (32), (33) et G. TERCINIER (33). S'il apparaît comme à peu près certain que cet horizon est lié plus ou moins directement à la présence actuelle ou récente d'une végétation forestière, aucune explication très satisfaisante et vérifiée n'a encore été donnée pour sa formation. Comme nous le verrons, la netteté et l'importance de cet horizon s'accroissent sous végétation modifiée (*savoka* ou pseudosteppe), et il fait défaut dans la plupart des sols ferrallitiques des Hauts-Plateaux. Enfin, comme nous l'avons déjà dit, il est très réduit ou disparaît dans le profil des sols formés sur roches basiques ou granitiques.

Il en résulte que les sols jaune/rouge forestiers se trouvent surtout sur gneiss et migmatites, c'est-à-dire qu'ils occupent la plus grande partie de la zone forestière.

Au Sud de Périnet, dans la forêt d'Analamazaotra, en pente forte voisine de 40°, sous forêt dense, on peut observer le profil suivant développé à partir de migmatites à graphite :

- 0 à 20 cm : Litière de débris végétaux plus ou moins décomposés, brun noirâtre, légèrement spongieuse, à faible densité. (MO 91)
- 20 à 45 cm : Horizon jaune ocre clair ; argilo-sableux à structure faiblement nuciforme avec migration d'humus sur le trajet des racines. Cohésion moyenne, porosité ordinaire, enracinement encore important. (MO 92)
- 45 à 120 cm : Horizon rouge violacé avec débris alumino-quartziques à structure poreuse cloisonnée ; la masse est argileuse, à structure polyédrique peu nette lorsque le sol est humide, moyennement plastique, peu perméable, enracinement plutôt faible. (MO 93)
- 120 cm et + Horizon rose et blanchâtre à structure rubanée avec minéraux primaires altérés ayant conservé leur forme (feldspaths altérés « en neige »). Localement, accumulation de gravillons quartziques. Ensemble peu cohérent, à toucher onctueux (mica abondant). (MO 94)

On trouve parfois des débris d'altération gibbsitique dans les horizons supérieurs du sol : ces débris sont alors en général fortement ferruginisés. Leur accumulation plus ou moins régulière en surface, et en particulier dans l'horizon jaune, est sans doute l'indice de remaniements dans le profil, comme cela a déjà été signalé à plusieurs reprises dans les travaux précités. On observe parfois des pseudo-concrétions abondantes dans la partie supérieure du profil, en zone forestière, mais nous pensons que dans ce cas le phénomène est toujours très local, à la différence de ce qu'on observe sur d'autres surfaces moins disséquées (*cf.* sols ferrallitiques à pseudo-concrétions).

Le pH est acide dans l'ensemble du profil. La texture est en moyenne argilo-sableuse avec accroissement du taux d'argile dans l'horizon rouge.

La matière organique est importante et peu humifiée dans la couche de surface A₀. Elle est encore notable, bien que peu apparente dans l'horizon jaune. Comme les sols précédents, ces sols sont caractérisés par un faible complexe absorbant, pauvre en éléments

échangeables, par un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ nettement inférieur à 2 sauf dans l'horizon jaune et par des réserves minérales médiocres sauf en P_2O_5 . De plus, on constate fréquemment dans l'horizon rouge une augmentation plus ou moins nette des teneurs en fer, plus rarement des teneurs en alumine. Mais les très grandes variations de la richesse en quartz de la roche d'un point à un autre ne permettent pas de considérer ce fait comme général.

Les sols ferrallitiques à végétation modifiée (sols de « savoka ») :

Ces sols se distinguent des sols ferrallitiques forestiers par une différenciation plus poussée des horizons supérieurs (horizon humifère Al et horizon jaune nettement marqué), par la présence d'une zone rouge plus épaisse et plus homogène au-dessus de l'horizon de départ. De plus, comme nous l'avons dit, l'atténuation du relief dans le Centre-Sud et la partie orientale de la feuille a accéléré dans une certaine mesure la dégradation de la végétation forestière par l'homme : il en résulte que dans les régions de *savoka* on trouvera fréquemment une plus grande homogénéité dans la profondeur d'altération que dans la zone forestière, en particulier sur les roches du groupe de Beforona. Les caractères de certaines roches-mères (dans l'ordre d'influence croissante : migmatite granitoïde ou granite, gabbros, dolérites et filons basiques) atténuent ces différenciations dans le profil qui tend alors à se rapprocher de celui des sols rouges ferrallitiques forestiers.

Dans le premier cas on aurait prédominance du type d'altération kaolinique avec zones de départ analogues à celles des sols ferrallitiques des Hauts-Plateaux, alors que dans le second cas l'altération du type gibbsitique serait beaucoup plus fréquente, laissant comme résidus des pseudo-concrétions plus ou moins abondantes dans le profil.

Du point de vue physico-chimique les caractères sont peu éloignés de ceux des sols forestiers. On peut cependant signaler une tendance encore plus accusée vers l'acidité, une légère diminution du taux moyen de matière organique dans l'horizon de surface, et une désaturation plus poussée du complexe absorbant.

1° *Les sols rouges.* — D'après les caractères de la roche-mère, nous pouvons distinguer :

a. Sols rouges sur gabbros, dolérites et filons basiques (série Fanandrana). — Ces sols se trouvent dans le massif d'Andriantantely et sur les nombreux filons basiques et dolérites qui affleurent dans le groupe de Beforona d'une part au centre de la feuille, le groupe d'Ambatolampy d'autre part, au Nord-Est. Ces affleurements étant le plus souvent d'étendue restreinte, ces sols ont été représentés alors en « complexes » avec des sols jaune/rouge ou des sols jaunes.

Sur la route de Brickaville à Tamatave, près du bac de Fanandran, en pente faible, sous *savoka* arbustive à *Longoza*, *Arongana* et *Mazambody*, on peut observer le profil suivant, développé à partir d'une dolérite grise à gris noirâtre, roche homogène à grain très fin ayant une allure basaltique :

- 0 à 20 cm : Horizon brun à brunâtre, moyennement humifère, riche en racines, à structure faiblement grumeleuse à nuciforme, argileux. (TA 81)
- 20 à 50 cm : Horizon peu différent du précédent, mais un peu plus clair, brun jaunâtre, moins riche en matière organique et en racines, caractérisé par la présence, dans sa partie supérieure, de pseudo-concrétions rouille ou rouge jaune, ferro-alumineuses à structure cloisonnée et grains de quartz anguleux. Argileux, structure nuciforme à tendance polyédrique. (TA 82)
- 50 à 220 cm : Horizon rouge foncé vif, contenant quelques petites boules rocheuses en altération, ou présentant des zones circulaires plus claires marquant l'emplacement d'anciennes boules complètement altérées. Argileux, compact à structure massive à l'état humide, polyédrique à l'état sec. Peu perméable, pauvre en racines. (TA 83)
- 220 à 260 cm : Horizon jaune beige à taches rouge vif nombreuses et bien individualisées, un peu micacé, argilo-sableux, à structure peu nette (horizon d'hydromorphie au contact de la roche-mère en altération). (TA 84)
- 260 à 270 cm : Roche altérée en plaquettes (desquamation de boules), plus ou moins durcie, bariolée jaune et rouge. (TA 85)
- 270 cm et + : Roche saine ou faiblement altérée.

Ce profil se caractérise par un horizon humifère bien individualisé morphologiquement, qui se poursuit par un horizon intermédiaire, suivi d'une zone rubéfiée très importante, et d'un horizon de départ réduit ou confondu avec le précédent, présentant des phénomènes d'hydromorphie au contact de la roche imperméable. Cette dernière s'altère « en boules ».

Le *pH* est fortement acide dans tout le profil, y compris l'horizon de départ. La texture est argileuse et la capacité de rétention pour l'eau élevée.

La teneur en matière organique atteint 3 p. 100 en surface et se maintient au-dessus de 1 p. 100 dans les premiers 50 centimètres. Il y a peu d'acides humiques mais le rapport C/N est voisin de 9 ou 10. La capacité d'échange n'est élevée que dans l'horizon de surface, d'où un pourcentage de saturation assez faible malgré des teneurs en éléments échangeables presque moyennes surtout en chaux et en magnésie. Les réserves minérales sont faibles sauf en acide phosphorique. Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ reste toujours inférieur à 2, mais augmente dans l'horizon rouge et l'horizon de départ. Il est particulièrement bas dans la roche altérée.

b. Sols rouges sur migmatites granitoïdes (série Anivorano). — Ces sols se sont développés en zone sur migmatite granitoïde type Brickaville et occupent une large bande déforestée dans la partie orientale de la feuille, en particulier au Nord d'Anivorano.

Ils diffèrent des sols de la série précédente par un horizon de départ beaucoup plus important (plusieurs mètres) à structure rubanée et de teinte claire. Ils s'en rapprochent par le manque d'horizon jaune, un horizon superficiel bien différencié, et un horizon rouge homogène et bien développé.

Sur la piste de Sandratsoa, à l'Ouest d'Ambalavoangy, en pente forte (30°), sous *savoka* à *Ravenales* et *Rangotra*, on peut observer le profil suivant développé à partir d'une migmatite granitoïde (profil TA 130) :

- 0 à 25 cm : Horizon brunâtre à brun jaunâtre, un peu humifère, assez riche en racines, argileux à argilo-sableux. Structure faiblement grumeleuse à nuciforme, porosité ordinaire.
- 25 à 250 cm : Horizon rouge jaune à rouge vif orangé, sablo-limoneux fin, riche en mica, à structure nuciforme ou faiblement polyédrique à sec. Peu riche en racines, légèrement plastique, assez perméable. Quelques débris de roches altérés.
- 250 cm et + : Roche en altération, rubanée, jaune et surtout rouge violacé, avec masses importantes à structure en « pain d'épice » où subsistent de minces bancs quartziques.
Roche saine non visible.

En d'autres endroits l'altération dans l'horizon de départ n'est pas si poussée, les teintes blanches dominant à cause de l'abondance des feldspaths en altération et la masse est finement veinée par les lits plus sombres de ferro-magnésiens.

A part une texture à tendance plus sableuse, en particulier dans l'horizon rouge, ces sols présentent les mêmes caractères physico-chimiques que ceux de la série précédente. Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est nettement plus élevé dans les zones de départ blanches à altération kaolinique que dans les zones de départ foncées à altération gibbsitique.

2° *Les sols jaune sur rouge.* — On trouve en particulier ces sols sur les roches du groupe de Beforona (amphibolites et migmatites à amphibole), au centre de la feuille, et sur le système du graphite (gneiss, micaschistes et migmatites) c'est-à-dire surtout dans la partie occidentale de la feuille. Sous l'horizon humifère en général bien différencié, apparaît un horizon jaune d'autant plus net et d'autant mieux développé que la *savoka* est plus ancienne et plus dégradée.

Sur la piste qui va d'Ampasimbe à Lohariandava, près du village d'Ambalarano, sur une pente voisine de 30°, sous une végétation de *savoka* à *Ravenales*, *Rangotra* et *Ampanga*, on peut observer le profil suivant, développé sur amphiboloschistes :

- 0 à 30 cm : Horizon brun jaunâtre, un peu humifère, assez riche en racines, argilo-limoneux, à structure grumeleuse, assez perméable. (MO 291)
- 30 à 90 cm : Horizon jaune ocre, limoneux ; structure nuciforme à faiblement polyédrique, enracinement faible. (MO 292)

A noter dans ces deux horizons des débris rocheux de taille variable, fortement altérés, assez abondants.

90 cm et + : Passage progressif à un horizon rouge jaune vif, sablo-limoneux, fortement micacé, friable et peu cohérent, à structure peu nette (creusé jusqu'à 1,50 m : MO 294).

D'après plusieurs observations de profils selon la topographie, il semblerait que l'horizon jaune ocre soit plus développé sur les pentes (et en particulier au bas des bassins versants élémentaires) que sur les sommets des collines.

Par ailleurs, il est rare que l'horizon rouge atteigne un développement aussi grand que dans les sols rouges, alors qu'au contraire l'horizon de départ bariolé, à structure encore visible, atteint couramment plusieurs dizaines de mètres.

Un autre exemple de ce type de sol peut être pris au Sud de Masse, près de l'exploitation de graphite abandonnée d'Ankerana, sur sommet de colline, sous *savoka* à *Dingadinga*, *Sevabe*, *Arongana* et *Ampanga* ; la roche-mère est une migmatite (profil MO 80).

- 0 à 20 cm : Horizon brun jaunâtre, argilo-sableux, à structure peu nette, assez riche en racines et perméable. Un peu humifère.
- 20 à 45 cm : Horizon jaune ocre, sablo-argileux à sableux, peu structuré, enracinement faible.
- 45 à 120 cm : Passage progressif à un horizon vif à rouge violacé, argileux, à structure faiblement polyédrique, très micacé. Très légèrement plastique, peu perméable.
- 120 cm et + : Horizon bariolé rose et blanchâtre avec stries rouilles ou jaunes. Nombreux minéraux primaires plus ou moins altérés. Tendance sableuse, friable, peu cohérent, avec passages riches en gravillons quartziques.

L'ancien chantier d'exploitation de la mine montre que cet horizon de départ atteint au moins 25 mètres de profondeur.

Le pH de ces sols est acide dans tout le profil. La fraction sableuse est toujours en quantités importantes surtout dans l'horizon de départ.

La teneur en matière organique excède rarement 3 p. 100 dans l'horizon de surface et fréquemment l'horizon jaune en conserve encore une certaine teneur (1 p. 100), bien que cela soit peu apparent à l'observation. Par leurs autres caractères chimiques et l'intensité des processus d'altération, ces sols se rapprochent beaucoup des sols jaune/rouge forestiers dont ils constituent un stade à végétation différente. Là aussi il ne semble pas d'après nos résultats d'analyse que l'horizon jaune soit caractérisé par un lessivage du fer.

3° *Les sols jaunes.* — On trouve particulièrement ces sols dans la zone des basses collines du Nord-Est, sur gneiss et micaschistes à graphite du groupe d'Ambatolampy, en complexe avec des sols rouges sur dolérites et filons basiques. Mise à part leur couleur claire, ces sols se caractérisent par une grande abondance dans tout le profil de débris rocheux altérés de couleur claire, rose ou blanchâtre. Parfois ces débris sont disposés en couches subhorizontales dans la partie supérieure du profil, ce qui indiquerait des remaniements antérieurs ou une certaine maturité dans l'évolution des

pentés. Il semble qu'ils se soient formés à partir d'un matériau originel pauvre en éléments ferrugineux et riche en silice.

Sur la piste d'Ambinaninony à Tampina, en pente moyenne (12°), sous une végétation de *savoka* à *Rangotra* principalement et *Ravenales*, on peut observer le profil suivant, sur roche métamorphique de la série graphitique, non identifiée :

- 0 à 30 cm : Horizon brun jaunâtre, un peu humifère, à structure faiblement (TA 171) grumeleuse, sablo-limoneux à sableux, riche en racines.
- 30 à 100 cm : Horizon jaune de plus en plus vif, sablo-argileux, à structure peu (TA 172) nette, légèrement plastique. Peu riche en racines.
- 100 cm et + : Horizon jaune à jaune rouge, sablo-argileux, moyennement (TA 173) plastique avec de nombreux débris rocheux altérés roses et blanchâtres.

Il est possible d'observer en quelques endroits des horizons de départ assez profonds (10 à 15 mètres), en général de teinte claire rosée, avec de nombreuses taches blanches kaoliniques, des résidus d'altération alumino-quartziques, et riches en petits quartz anguleux et en mica.

Le pH est acide dans l'ensemble du profil et la texture assez grossière, avec une augmentation du taux d'argile en profondeur. La teneur en matière organique est moyenne, mais il y a peu d'éléments assimilables et les réserves minérales sont très médiocres.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est égal ou inférieur à 1.

Sols ferrallitiques à couvert herbacé plus ou moins dégradé (sols de « prairie ») :

1° *Sols rouges et sols jaune/rouge ferrallitiques érodés.* — Ces sols ne présentent pas de différences profondes avec les types décrits précédemment du point de vue morphologie et évolution. Cependant nous avons jugé utile de les distinguer parce qu'ils occupent soit des surfaces où le potentiel d'érosion est élevé, soit des surfaces où l'érosion sévit déjà avec ampleur.

Dans les deux cas, la surface du sol présente un aspect particulier et l'horizon humifère disparaît plus ou moins complètement.

La végétation la plus fréquente est une pseudo-steppe à *Hyparrhenia* ou *Aristida*, avec çà et là des taches à *Pteris*, *Philippia*, *Helichrysum* et même *Sticherus*.

On trouve ces sols tout le long du flanc Est de la dépression du Mangoro et dans la partie Nord-Ouest de la feuille (hauts bassins versants de l'Ivondro et de la Vohitra).

Les sols jaune/rouge développés sur migmatites constituent la zone à *lavaka* dont nous avons parlé à propos des formes d'érosion. Entre les touffes herbacées, la surface du sol est damée et plus ou moins recouverte de lichens incrustants. Le profil est caractérisé par l'absence d'horizon humifère (en réalité l'analyse révèle en surface des teneurs en matière organique variant de 1 à 2 p. 100), qu'il faut vraisemblablement attribuer à l'action des feux de brousse,

par un horizon jaune ocre assez net de 20 à 50 centimètres d'épaisseur, assez cohérent, à structure massive, auquel succède une zone rubéfiée peu marquée à structure polyédrique instable et un horizon de départ friable et peu cohérent atteignant couramment plusieurs dizaines de mètres.

Les sols rouges érodés développés sur migmatites granitoïdes se trouvent, à partir de la piste de Fierenana, en complexe avec les sols jaune/rouge, à l'Est de la zone à *lavaka*. A l'image des sols rouges de *savoka*, l'horizon jaune y fait défaut et l'horizon rouge est bien développé. Les horizons de départ sont également profonds mais plus difficilement observables car cette zone est seulement soumise à des phénomènes d'érosion en nappe, avec comme conséquence un horizon humifère peu marqué ou inexistant.

Il ressort par ailleurs que ces sols érodés ont un complexe absorbant très pauvrement pourvu avec un pH acide dans tout le profil et des textures fréquemment argileuses. De plus, il semble que dans les deux zones considérées on ait affaire surtout à une altération du type kaolinique avec des rapports $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ voisins de 1,7 dans les horizons supérieurs et parfois supérieurs à 2 dans les horizons de départ. Il s'agirait donc de sols faiblement ferrallitiques.

2° *Sols ferrallitiques à pseudo-concrétions*. — Ces sols occupent des surfaces aplanies en voie de dissection au centre de la dépression du Mangoro et dans la région comprise entre Ranomafana et la plaine de Brickaville. Ils sont caractérisés par l'abondance dans les horizons supérieurs du profil de pseudo-concrétions aluminosilicatées plus ou moins ferruginisées, de forme irrégulière, de taille en général petite (quelques centimètres).

a. *Sols jaunes (série Ambohibola)*. — Ces sols occupent une surface topographique mamelonnée, sur la rive gauche du Mangoro, à la hauteur d'Ambohibola. Les pentes n'excèdent pas 10 à 12° et l'érosion en nappe ne sévit qu'au voisinage des crêtes militaires. La végétation qui les recouvre est une pseudo-steppe à base d'*Hypparhenia* ou d'*Imperata*, assez dense.

Près de l'ancienne ferme d'Ambohibola, on peut observer le profil suivant, en haut de colline (pente faible), sous *Hypparhenia* et quelques *Philippia* :

- | | |
|--------------------------|--|
| 0 à 30 cm :
(MO 101) | Horizon brun clair, humifère, structure faiblement grumeleuse, secondairement particulaire, friable. Enracinement important, porosité élevée. Limono-sableux. |
| 30 à 80 cm :
(MO 102) | Horizon jaune ocre clair, avec pseudo-concrétions de taille variable, rouge violacé, à structure cloisonnée avec grains de quartz anguleux, très dures. Texture limono-sableuse à sableuse, structure peu nette à tendance particulaire. Perméable, enracinement faible. |
| 80 cm et + :
(MO 103) | Horizon de même couleur que le précédent, également riche en pseudo-concrétions, mais à texture plus argileuse. |

Les pseudo-concrétions (MO 104) sont plus riches en fer et en silice qu'en alumine. Etant donné leur abondance et leur manque

de fraîcheur (la structure cloisonnée a souvent presque disparu, les angles sont usés, les composés du fer ont subi un noircissement) il est probable que le matériau originel a subi des remaniements ou une érosion assez vive avant le développement du profil actuel.

Le pH de ces sols est moyennement acide dans tout le profil. La proportion d'argile augmente sensiblement en profondeur ; mais il se peut qu'on ait ici affaire à la partie supérieure d'un horizon de départ en place : en effet dans une tranchée de route on peut voir l'horizon jaune à pseudo-concrétions passer à un horizon jaune rouge à taches rouge violacé, puis à une zone de départ d'aspect « carié » (« latérite gibbsitique » des géologues), où les masses cavernueuses constituées par un treillis de lamelles d'hydrargillite sont fréquentes.

L'horizon de surface est assez riche en matière organique (4 p. 100) peu humifiée, mais dont le rapport C/N élevé est probablement dû à l'action des feux. Cette teneur en matière organique peut atteindre 6,5 p. 100 (MO 121) sous pseudo-steppe à *Imperata (Tenina)*.

La capacité d'échange est très faible et il y a peu d'éléments échangeables. Les réserves minérales sont très médiocres sauf en acide phosphorique.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est inférieur à 1 dans l'horizon moyen, parfois supérieur à 2 dans la zone de départ.

Le paysage est constitué, nous l'avons dit, de collines très aplanies ; malgré les pentes faibles, le tapis végétal se dégrade sous l'action des feux : il y a érosion en nappe et par ruissellement la surface du sol s'enrichit en pseudo-concrétions en même temps que l'horizon humifère tend à disparaître.

b. Sols jaune/rouge (série Ranomafana). — Ces sols occupent à l'Est de Ranomafana une zone de collines également mamelonnées mais dont les bas-fonds sont plus encaissés que dans la région du Mangoro et les pentes à concavité commençante, ces caractères allant d'ailleurs en s'atténuant à mesure qu'on se rapproche de Brickaville.

Ces sols sont recouverts d'une pseudo-steppe à *Hypparhenia* et *Aristida* ; ils se caractérisent par un horizon humifère beaucoup moins bien marqué que dans le type précédent dont ils se rapprochent par l'abondance dans tout le profil de débris d'altération gibbsitique de taille variable. Ils se sont développés à partir de migmatites granitoïdes type Brickaville. On observe de gros blocs rocheux sur les sommets et des blocs plus isolés dans les pentes, mais les zones de départ sont également très profondes et l'altération est le plus souvent du type « carié ». La roche est en général à grain grossier, très riche en minéraux ferro-magnésiens. On observe également dans cette zone quelques filons doléritiques supportant des sols de couleur rouge foncé. Il est remarquable que sous pseudo-steppe l'horizon jaune semble se différencier nettement aussi bien sur roche granitoïde que sur dolérite.

Sur le sommet des collines la végétation est encore assez dense, mais l'érosion en nappe sévit au voisinage des crêtes militaires et

particulièrement en tête des bassins versants élémentaires, d'où une accumulation en haut de pente à la surface du sol de petites pseudo-concrétions plus ou moins roulées et noircies.

Au voisinage de l'embranchement de la route intérieure de Vatamandry, en zone presque plane, sous prairie à *Aristida* (*Famafy*) dense on peut observer le profil suivant :

- | | |
|---------------------------|---|
| 0 à 20 cm :
(TA 181) | Horizon brunâtre à brun jaunâtre, un peu humifère, à structure faiblement grumeleuse, sablo-argileux, enracinement important, porosité plutôt faible. Quelques petites pseudo-concrétions noircies, pisiformes. |
| 20 à 60 cm :
(TA 182) | Horizon jaune ocre assez vif, argilo-sableux légèrement plastique, à structure nuciforme, riche en pseudo-concrétions à cassure rouge brique et structure interne en lamelles parfois visible. |
| 60 à 120 cm :
(TA 183) | Passage progressif à un horizon orangé vif, argilo-limoneux, à structure polyédrique, un peu micacé, légèrement plastique. Imperméable, enracinement quasi nul. |

Sur 10 mètres on peut observer ensuite une zone de départ bariolée jaune et rouille, fortement micacée, limono-sableuse, friable et peu cohérente (TA 184).

Les pseudo-concrétions sont d'autant plus abondantes dans les horizons supérieurs du profil qu'on se rapproche du confluent de l'Iaroka et du Rianila et de la plaine alluviale de Brickaville, en même temps que la topographie s'adoucit de plus en plus et que l'horizon humifère devient mieux marqué.

Les bas-fonds sont étroits et peuplés de ravenales et de raphias. En bas de pente l'horizon humifère est mieux marqué, noirâtre, à texture plus sableuse que sur les collines à cause du ruissellement.

Dans le thalweg lui-même, on trouve sous 20 à 30 centimètres de débris végétaux mal décomposés, un horizon de sable grossier gris clair où le fer est réduit. Alors que les éléments grossiers se déposent à la suite du ruissellement en nappe au fond des thalwegs élémentaires, nous ne trouverons l'argile que dans les bas-fonds importants (*cf.* sols hydromorphes).

Les sols jaune/rouge à pseudo-concrétions ont un *pH* fortement acide. La fraction sableuse est importante dans tout le profil. Les pseudo-concrétions peuvent atteindre jusqu'à 50 p. 100 en poids dans l'horizon jaune.

La teneur en matière organique excède rarement 2 p. 100 dans l'horizon de surface mais conserve une teneur notable jusqu'à l'horizon de départ (action de feux) ; ces sols sont très pauvres en éléments fertilisants.

Les réserves minérales sont très faibles et le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est très bas. Les pseudo-concrétions sont toujours riches en quartz, avec des quantités variables de fer et d'alumine.

B. — SOLS FERRALLITIQUES SUR ALLUVIONS ANCIENNES

Il faut distinguer d'une part les alluvions anciennes du Mangoro qui occupent des surfaces relativement importantes, et d'autre part les alluvions anciennes des rivières drainant vers l'Est celles-ci formant seulement de minces bandes isolées sur le flanc de vallées en général encaissées.

On peut observer de bonnes coupes de ces alluvions au Sud de Moramanga, sur la route d'Anosibe, et au Nord dans le haut-cours du Mangoro, à l'Ouest d'Amboasary. Les plus anciennes sont de couleur générale jaune ocre et forment la terrasse la plus élevée et la plus étendue (alt. 890 à 900 mètres) découpée par les vallées du flanc Est de la dépression du Mangoro. On y observe des stratifications entrecroisées et des zones tachetées fossiles au contact du socle ancien altéré sous-jacent. Il existe également vers 860 mètres d'altitude une terrasse plus récente peu ou pas découpée par les vallées transversales, mais que recoupe localement le cours actuel du Mangoro, surtout nette à l'Ouest de Morarano. Ces alluvions sont en général jaune beige et plus sableuses que les précédentes.

Sols jaunes sur alluvions fluvio-lacustres sablo-argileuses (série Marovoay) :

Il s'agit des sols formés sur la terrasse la plus ancienne. Une partie de ces sols est consacrée à la culture industrielle du manioc dans les régions de Marovoay et d'Amboasary.

A l'Est de Marovoay, sur la concession Romain, en zone plane, après jachère de trois ans (prairie à *Cynodon*, *Ageratum*, *Trifolium* sp., repousses de Crotalaires), on peut observer le profil suivant :

- 0 à 20 cm : Horizon brun jaunâtre, argilo-sableux, à structure faiblement grumeleuse à nuciforme, assez friable. Un peu humifère, enracinement moyen.
- 20 à 100 cm : Horizon jaune ocre clair, sableux à sablo-argileux, faiblement nuciforme, à tendance particulière. Cohésion faible, enracinement faible.

A 4,5 kilomètres au Sud de Moramanga, en zone plane, sous *Eucalyptus* de quinze à vingt ans, avec sous-bois herbacé assez dense, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 20 cm : Horizon brun jaunâtre à brunâtre, assez humifère, sablo-argileux, structure grumeleuse à nuciforme, enracinement important.
- 20 à 100 cm : Horizon jaune ocre vif, sablo-limoneux à sableux, à structure nuciforme, secondairement particulière, assez friable. Enracinement dispersé, structure moins nette en profondeur, non plastique. Dans la partie supérieure de cet horizon on observe des migrations d'humus sur le trajet de racines ou d'animaux fousseurs.

Les deux profils présentent une texture sablo-argileuse en surface avec augmentation des éléments sableux en profondeur. Le pH est acide dans les deux cas, mais plus bas dans le sol de culture que dans le sol forestier. Ce dernier possède une teneur en matière organique de l'horizon de surface plus élevée (5,5 p. 100 contre 3,5 p. 100), mais celle-ci est moins humifiée. Dans les deux cas le complexe absorbant est pauvrement pourvu et le déficit de saturation assez important surtout dans le sol de culture. Les réserves minérales sont en général très faibles, sauf en P_2O_5 .

Le matériau originel de ces sols semble fréquemment peu riche en fer et en éléments minéraux. Le rapport SiO_2/Al_2O_3 y est toujours inférieur à 2.

Sols jaune beige sur alluvions fluvio-lacustres sableuses (série Maromaninana) :

Il s'agit des sols formés sur la terrasse la plus récente, d'étendue restreinte et le plus souvent inculte. Près de Maromaninana, à l'Ouest de Morarano, en zone plane dominant le cours actuel du Mangoro de quelques mètres, sous prairie à *Aristida* assez dense, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 15 cm : Horizon grisâtre assez clair, moyennement humifère, faiblement grumeleux, à tendance particulière, peu cohérent, sableux. Enracinement moyen.
- 15 à 50 cm : Horizon jaune beige à beige blanchâtre, à tendance particulière, sableux, enracinement faible, peu cohérent.
- 50 à 100 cm : Horizon jaune ocre clair, sableux grossier avec graviers de quartz assez abondants. Structure particulière, friable, perméable. Enracinement quasi nul.

Sols jaunes lessivés sur alluvions fluviales anciennes :

Ces sols occupent en général des surfaces non cartographiables mais on les trouve aussi bien en zone forestière que dans la partie orientale de la feuille, le long des vallées principales et en bordure de la plaine du confluent de l'Iaroka avec le Rianila.

Ces sols présentent un profil assez homogène jaune ocre vif, avec un horizon humifère plus ou moins marqué. La culture du caféier y est fréquente.

Sur la route de Lakato, au Nord du village d'Ambafary, en pente de 3 à 5 p. 100, sous bois d'eucalyptus, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 25 cm : Horizon brunâtre, sablo-argileux, à structure plus ou moins grumeleuse, assez perméable, enracinement important.
- 25 à 90 cm : Horizon jaune ocre vif, sablo-argileux, à structure faiblement polyédrique, homogène, friable, à enracinement faible.
- 90 cm et + : Horizon analogue au précédent mais plus argileux, à structure polyédrique, très micacé, assez friable, enracinement faible.

Les sols jaunes lessivés de la concession de la Grande Ile à Périnet, étudiés par P. ROCHE (30), sont vraisemblablement formés sur alluvions anciennes. Nous avons observé dans la zone des essais de théier, à la base du sol jaune et le séparant de l'argile rouge latéritique, des lits de gros quartz roulés.

Dans la vallée de Lavenona, au Sud-Ouest de Brickaville, sur collines très aplanies, en bordure de vallée marécageuse, sous prairie à *Aristida* peu dense, on peut observer le profil suivant reposant sur cristallin altéré à pseudo-concrétions (profil TA 220) :

- 0 à 25 cm : Horizon brun grisâtre, sableux à sablo-limoneux, structure faiblement grumeleuse à tendance particulière, un peu humifère à enracinement assez important.
- 25 à 35 cm : Horizon intermédiaire brun jaunâtre, sablo-argileux, un peu humifère, à structure faiblement grumeleuse.
- 35 à 50 cm : Horizon jaune ocre vif, sablo-argileux, à structure nuciforme, secondairement particulière, enracinement faible ou nul.
- 50 à 70 cm : Horizon jaune rouge argilo-sableux, à structure peu nette avec nombreuses pseudo-concrétions rouge brique très durcies.
- 70 cm et + : Horizon rouge vif (migmatite altérée) argilo-limoneux, un peu micacé, à structure polyédrique, assez friable.

Sables jaunes :

Il s'agit également de sols ferrallitiques sur alluvions fluviales anciennes, à horizon humifère plus ou moins différencié et profil homogène, mais avec de fortes teneurs en sable grossier. On les trouve en particulier le long du Bas-Ivondro, de la Rongaronga (route de Brickaville à Marofody) et le long du Rianila entre Brickaville et Anivorano.

3° LES SOLS HYDROMORPHES

Le groupe des sols hydromorphes occupe sur la carte des surfaces relativement restreintes, mais souvent d'une grande importance économique. Les accès difficiles, la difficulté des travaux de drainage, le peu d'aptitude des populations pour la riziculture irriguée expliquent qu'une grande partie de ces sols soient encore à l'état inculte.

Les sols hydromorphes à engorgement total et permanent :

1° *Les sols de marais.* — Ces sols sont caractérisés par une accumulation importante de matière organique. Il n'existe pas de sols tourbeux à proprement parler : en effet, l'accumulation de débris végétaux parfois très épaisse (2 ou 3 mètres) est souvent peu consistante, parfois même fluide, et contient toujours une proportion notable de matières minérales dues à des apports périodiques liés aux crues. Seules certaines accumulations de lagunes tranquilles, au voisinage du canal des Pangalanes, ont un aspect tourbeux, sans que la teneur en matière organique dépasse 25 p. 100.

On peut observer des accumulations organiques à tendance tourbeuse au Nord-Ouest d'Andevoranto, sous une végétation à *Herana*, *Viha* et *Bilao*, la surface du sol étant en submersion quasi permanente :

- 0 à 40 cm : Couche racinaire dense, brun noirâtre, argilo-limoneuse, (BR 16) plastique.
- 40 à 100 cm : Horizon organo-minéral, peu dense, très riche en débris végétaux, de couleur brun chocolat. (BR 17)
- 100 cm et + : Tourbe jeune, brun rouge à brun noirâtre, imprégnée d'une boue minérale fluide riche en mica. (BR 18)

Vers 1,50 m ou 2 m, boue minérale fluide, plus ou moins réduite, très micacée.

Le pH est nettement acide, et la teneur en matière organique atteint 20,6 p. 100 dans l'horizon tourbeux.

Plus fréquemment le profil du sol de marais présente une accumulation organique en surface faite en général de débris végétaux assez bien décomposés, sur une épaisseur voisine le plus souvent de 40 à 50 centimètres. Cette accumulation est très peu dense et surmonte un horizon plus ou moins argileux où le fer est réduit.

Dans la plaine de Torotorofotsy, sous une végétation à base d'*Arefo* et de *Tritra* avec quelques Sphaignes, en zone plane inondée, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 25 cm : Horizon grisâtre, humifère, argileux, à structure massive, plasticité élevée, riche en débris végétaux. (MO 241)
- 25 à 100 cm : Horizon beige clair à gris bleuté, très argileux et très plastique, compact et imperméable, à enracinement faible. (MO 242)

La matière organique atteint 22,8 p. 100 dans l'horizon de surface et est assez bien humifiée avec un rapport C/N voisin de 11. Le pH est nettement acide et le taux d'argile dépasse 50 p. 100 en profondeur. Le sol est fortement désaturé du point de vue chimique et les réserves minérales faibles sauf en P_2O_5 .

On trouve en particulier ces sols dans les zones alluviales des bas cours de l'Ivondro et du Rianila, dans la vallée actuelle du Haut-Mangoro, dans les hautes vallées de la Vohitra (Fierenana) et de l'Ivondro (Ranomainty), et d'une façon générale dans la plupart des biefs marécageux des rivières de la zone forestière.

Les surfaces à *Zozoro* et *Herana* sont particulièrement utilisées par l'autochtone pour la riziculture, lorsque les travaux de drainage sont possibles. Après drainage, le sol n'atteint pas de niveau stable avant deux ou trois ans, par suite du tassement de la matière organique, dont l'humification est favorisée par la culture.

2° *Les sols argileux de bas-fonds.* — Bien que soumis à un engorgement permanent, ces sols ne sont plus caractérisés par une accumulation importante de matière organique mais par la prédominance du processus de gleyification. Sous un horizon organique

très peu marqué (ou absent) on trouve un horizon gris bleu en général très argileux, où le fer est totalement réduit. A cause de leur couleur ces sols sont appelés par les autochtones *tany manga*. On trouve d'ailleurs cette appellation dans de nombreux travaux pédologiques sur Madagascar.

Dans la zone cartographiée on trouve surtout ces sols dans la partie orientale et plus particulièrement dans les bas-fonds étroits (thalwegs de 2^e ou 3^e ordre) de la zone des « basses collines », où l'écoulement est déficient et où les eaux de ruissellement des collines érodées peuvent déposer leur charge solide. Cet alluvionnement fin, joint à une végétation peu productrice de matière végétale (ravenales, *Bilao* et *Arafo*) expliquent en partie les caractères du profil.

Sols à engorgement permanent de profondeur, et temporaire de surface :

Les sols marécageux. — Ces sols n'occupent pas de surfaces importantes d'un seul tenant, mais se trouvent fréquemment en association avec le type précédent. Ils sont caractérisés par un horizon organo-minéral où la matière organique est assez bien décomposée, pas très épais, surmontant un horizon beige ou gris clair tacheté.

La teneur en matière organique dans l'horizon de surface excède rarement 10 p. 100. Ces différences tiennent au fait que l'immersion n'est totale que pendant une partie de l'année. Il s'agit souvent de rizières assez anciennes ou de zones légèrement surélevées de plaines marécageuses. La végétation naturelle est à base de petites cypéracées du type *Bilao*.

Au Sud de Mahatsara, dans la plaine alluviale de l'Ivondro, sous végétation de cypéracées, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 5 cm : Horizon gris brun, humifère, argilo-limoneux, micacé, à plasticité élevée. Enracinement important.
- 35 à 55 cm : Horizon jaunâtre à beige clair, avec taches rouilles diffuses, plus nettes le long des racines. Argileux, micacé, fortement plastique.
- 55 cm et + : Nappe. Horizon argileux analogue au précédent mais de couleur gris clair uniforme, à fer réduit.

Le pH est fortement acide. La texture est fine et la teneur en matière organique atteint 8 p. 100 dans l'horizon de surface avec un rapport C/N voisin de 8.

Sols à engorgement temporaire de surface ou d'ensemble :

Les sols tachetés ou faiblement hydromorphes. — On trouve ces sols sur les alluvions récentes plus ou moins inondées temporairement, et en particulier dans les zones consacrées à la riziculture. Il n'y a plus, dans ces sols, accumulation nette de matière organique en surface, tandis que le phénomène de mise en mouvement

du fer demeure plutôt faible et se manifeste par des taches et marbrures rouilles plus ou moins nettes. Parfois on trouve la nappe en profondeur avec un horizon plus clair où le fer est à l'état réduit.

Au Sud-Ouest de Brickaville, sous jachère à *Digitaria* (rizière à sec), on peut observer le profil suivant, développé sur alluvions récentes du Rianila :

- 0 à 20 cm : Horizon brunâtre, micacé, moyennement humifère, avec nombreuses petites taches rouilles bien individualisées. Plasticité élevée, enracinement important, structure peu nette. (BR 71)
- 20 à 75 cm : Horizon jaunâtre, avec nombreuses petites taches rouilles filiformes, très micacé, à texture limono-sableuse. Légèrement plastique, enracinement moyen. (BR 72)
- 75 à 90 cm : Horizon analogue au précédent mais avec apparition de taches grises diffuses au milieu de taches rouilles. La plasticité augmente et la texture devient plus argileuse. (BR 73)
- 90 cm et + : Nappe phréatique. Horizon gris clair, argileux ; plasticité très élevée, compact, enracinement nul. (BR 74)

Le pH est nettement acide. Ici la teneur en argile croît avec la profondeur mais la texture est assez variable selon la nature des dépôts alluviaux. Bien que peu apparente, la matière organique se trouve encore en proportions assez élevées dans l'horizon de surface ; elle est peu humifiée et la teneur diminue assez lentement avec la profondeur. Le complexe absorbant est bien pourvu en chaux et en magnésie, pauvre en potasse. La capacité d'échange est assez élevée.

Les réserves minérales sont plutôt médiocres, sauf en P_2O_5 .

Précisons qu'en ce qui concerne les surfaces alluviales ou marécageuses d'une certaine étendue, étant données les variations de détail dans la topographie, les types de sols décrits ci-dessus s'interpénètrent souvent et occupent fréquemment des surfaces non cartographiables. Selon la permanence de l'engorgement, la texture du matériau originel, l'importance de la couverture végétale ou l'ancienneté de la mise en culture, l'accumulation de matière organique et les phénomènes d'hydromorphie seront plus ou moins importants et les caractères du profil varieront sur de faibles étendues (comme nous l'avons vu dans les canaux de drainage récemment creusés de la C.R.A.M. de Vohitrarivo, au Nord-Est de Brickaville). C'est pourquoi il est particulièrement délicat dans ce groupe de sols de distinguer des séries.

II. — Les sols peu ou pas évolués

Les alluvions fluviales récentes :

Les alluvions fluviales récentes, mise à part la plaine de Brickaville, n'occupent que des bandes étroites le long des vallées principales. Elles sont cependant d'une importance économique considérable : en effet presque toute l'activité humaine est concentrée

dans les vallées et ces sols portent outre les cultures vivrières et fruitières d'auto-consommation familiale les productions de base dans l'économie de la région, à savoir canne à sucre et café.

Il est vain, à l'échelle de la carte, de vouloir définir des séries bien délimitées et nous nous bornerons à des caractères généraux.

Ces alluvions se différencient essentiellement par la texture et la richesse en matière organique dans l'horizon de surface. Les teneurs en éléments assimilables et en éléments totaux sont le plus souvent faibles ou très faibles. Le pH est en général nettement acide.

Signalons en outre que selon les variations de détail dans la topographie, ces alluvions sont à une altitude plus ou moins élevée au-dessus du niveau d'étiage et que certaines surfaces sont inondées par les crues : c'est pourquoi il existe des passages fréquents aux sols faiblement hydromorphes.

1^o *Alluvions récentes à tendance argileuse.* — Elles sont fréquentes dans le bassin de l'Ivondro et de ses affluents au Nord-Est de la carte et d'une manière plus générale dans les hautes vallées de la zone forestière où la charge solide des rivières a peu d'éléments grossiers.

Sur les alluvions de la Fanandrana, près de Sandranentana, sous plantation de canne à sucre, en zone assez irrégulière, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 25 cm : Horizon grisâtre, limono-argileux, assez humifère, sans structure nette. Plasticité moyenne, enracinement assez important. (BR 37)
- 25 à 100 cm : Horizon jaune brunâtre à jaune clair, limono-argileux, à structure faiblement nuciforme, un peu micacé. Plasticité faible, enracinement peu important. (BR 38)

Dans la vallée de la Sahanavo, près de Tanambao, sous vieille plantation de caféiers et tapis herbacé dense, en zone plane, on peut observer le profil suivant (profil BR 23) :

- 0 à 25 cm : Horizon brun grisâtre, argilo-limoneux, à structure peu nette, moyennement plastique, riche en racines.
- 25 à 100 cm : Horizon jaunâtre, argilo-limoneux, à structure faiblement nuciforme, moyennement plastique, enracinement faible.

Le pH de ces sols varie entre 4,7 et 6,0. La texture est fréquemment argilo-limoneuse dans tout le profil. La teneur en matière organique sous vieille plantation peut dépasser 5 p. 100 dans l'horizon de surface.

Le complexe absorbant est assez fortement désaturé et les teneurs en éléments échangeables assez variables, le plus souvent faibles. Les réserves minérales sont très médiocres.

2^o *Les alluvions récentes à tendance sableuse.* — Ce type d'alluvions est particulièrement fréquent dans la plaine de Brickaville

et dans la vallée du Rianila et de ses affluents, la Rongaronga, l'Iaroka et la Vohitra. Les surfaces les plus importantes sont cultivées en canne.

Au Nord de Brickaville, le long de la Rongaronga, près de Sahamiana, on peut observer le profil suivant, sous plantation de bananiers avec tapis herbacé dense :

- 0 à 25 cm : Horizon brunâtre, sablo-argileux, faiblement grumeleux, riche en racines, plasticité faible. (BR 64)
- 25 à 100 cm : Horizon homogène, jaune brunâtre, sablo-limoneux à sableux, structure peu nette. Micacé, très peu plastique, enracinement faible. (BR 65)

On peut observer un type d'alluvions très récentes (bourrelet alluvial) le long de l'Iaroka, au Sud de Vohibohazo, sous cannes jeunes.

- 0 à 80 cm : Horizon homogène beige, très micacé, sablo-limoneux à sableux, à tendance particulière, friable, enracinement faible. (TA 211)

Ces sols sont également acides et plus filtrants que les précédents. La teneur en matière organique dans l'horizon de surface, selon l'ancienneté de mise en culture et la permanence du couvert végétal peut varier de 1 à 6,5 p. 100. La capacité d'échange est moyenne à forte mais ces sols sont fréquemment assez désaturés. Les réserves minérales sont médiocres ou très faibles.

3° *Les alluvions type « baiboa »*. — On trouve ces alluvions sur le flanc Est de la vallée du Mangoro, en particulier au Nord d'Amboasary. Elles constituent une partie des sols des vallées transversales secondaires et sont le résultat de l'attaque des zones de départ par l'érosion en *lavaka*. Très peu évolués, ces sols sont recouverts périodiquement aux fortes pluies ou cyclones par une nouvelle couche alluviale. Une partie a été aménagée en rizières (régions d'Andranomadio et d'Andaingo) : les profils présentent dans ce cas des traces d'hydromorphie.

Sur la route d'Amboasary à Andaingo, près de Besarikely-Sud, dans une petite plaine rizicole, après la moisson, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 40 cm : Horizon brun rosé à brun jaunâtre, argilo-limoneux, à structure polyédrique, moyennement plastique ; très micacé, peu perméable, enracinement faible. (MO 171)
- (Horizon de recouvrement à la suite du dernier cyclone.)
- 40 à 100 cm : Horizon jaunâtre, sableux à sablo-limoneux, à tendance particulière. Très micacé, peu cohérent, avec quelques taches rouilles peu nettes. Enracinement moyen. (MO 172)
- 100 à 130 cm : Horizon beige avec petites taches rouilles peu nombreuses. Sablo-argileux, massif, assez cohérent, plasticité moyenne, enracinement faible. (MO 173)

Ces sols, du fait de leur position topographique, sont facilement aménageables en rizières et la population Bezanozano pratique volon-

tiers la riziculture irriguée. Malheureusement les rendements sont faibles car ces sols peu évolués ont de faibles teneurs en matière organique (taux inférieur à l. p. 100) et une faible capacité d'échange.

Les éléments échangeables et les éléments totaux varient localement, mais sont le plus souvent en faibles proportions.

Sols humifères sur sables :

On trouve ces sols dans la zone littorale en association avec des podzols humiques, sur les sables quartzitiques de l'Est de Brickaville et sur les sables de même nature qui ont recouvert une grande partie des sédiments continentaux et subsistent actuellement sur le sommet des collines et plateaux. Ces sols se forment sous pseudo-steppe, *savoka* arbustive très dégradée (*Anjavidy* et *Rangotra*) ou forêt littorale, en zones bien drainées toute l'année.

Seul se différencie dans le profil un horizon de surface en général peu épais (15 à 30 centimètres), au-dessus du sable plus ou moins blanchi. Il n'y a pas d'horizon d'accumulation humique en profondeur mais seulement quelques migrations locales sur le trajet de racines. Sous brousse éricoïde à *Philippia* (*anjavidy*) cet horizon superficiel a les caractères d'un humus brut. Dans tous les cas, la matière organique reste distincte du squelette quartzique. Sa teneur peut atteindre 18 à 20 p. 100 sous *Philippia* ; elle est peu humifiée et le rapport C/N est en général élevé. Le pH est acide.

Les sols sur terrains sédimentaires continentaux :

Ces sols développés à partir de matériaux plus ou moins gréseux sont à tendance subsquelettique et sont très fortement érodés. Sur les sommets se conserve un horizon humifère plus ou moins bien différencié. D'autre part la diversité dans la couleur et la texture de ces matériaux influe sur les profils qui sont difficilement généralisables.

Certains de ces matériaux sont fortement altérés (rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ inférieur à 2). En général le pH est fortement acide (4,5 à 5) et la texture est grossière avec des proportions importantes de sable grossier, en particulier dans l'horizon de surface. Dans les zones érodées s'accumulent en surface des concrétions alumineuses ou ferrugineuses dont nous avons déjà parlé.

Sous *Savoka* à ravenales et *Rangotra* la matière organique en surface peut atteindre des valeurs assez élevées mais en général sa teneur reste faible. Le matériau originel étant le plus souvent chimiquement très pauvre, il en est de même pour le sol. La végétation y a été très dégradée par les feux.

MÉTHODES ANALYTIQUES

L'analyse granulométrique a été faite par densimétrie après dispersion à la soude.

L'humidité équivalente a été mesurée après centrifugation d'échantillons humectés par capillarité pendant vingt-quatre heures (vingt minutes à 3.500 tours/mn.)

Le taux de matière organique a été calculé à partir de la teneur en carbone, cet élément ayant été dosé par attaque au mélange sulfochromique et colorimétrie.

L'humus a été extrait par une solution de soude N/20 et les acides humiques obtenus par précipitation à l'acide sulfurique. L'azote total a été dosé par la méthode Kjeldahl.

Les bases échangeables ont été dosées sur le percolat du sol par une solution d'acétate d'ammonium normale et neutre, le calcium par précipitation à l'oxalate d'ammonium, le magnésium par précipitation de phosphate ammoniaco-magnésien, le potassium par spectrophotométrie de flamme.

La capacité d'échange a été titrée après saturation du sol par une solution de chlorure de sodium à 10 p. 100 additionnée de 4 cc d'acide chlorhydrique pur par litre.

Les éléments totaux ont été dosés après attaque à l'acide nitrique concentré, le dosage du phosphore ayant été fait par la méthode de Lorentz.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ a été calculé d'après les résultats de l'attaque du sol au mélange triacide. L'analyse totale des pseudo-concrétions a été faite par fusion alcaline.

RESULTATS ANALYTIQUES REPRESENTATIFS DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS

Podzol humique sur sables alluviaux fluviatiles

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
MO 31	5,7	7,6	7,6	28,1	47,5	8,8
MO 32	5,6	1,8	4,6	46,0	45,1	1,5
MO 33	5,1	2,2	4,1	44,5	46,7	31,0
MO 34	5,5	5,2	6,4	52,7	34,8	12,0
MO 35	5,4	17,6	6,8	39,0	35,3	20,0
MO 36	5,3	—	—	—	—	26,5

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					
							CaO	MgO	K ₂ O	T	S	V p. 100
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
MO 31	36,1	12,0	6,6	21,0	0,73	28,7	1,15	0,60	0,10	7,4	1,85	25,0
MO 32	23,3	2,6	1,6	13,6	0,12	11,3	1,35	0,70	0,03	2,0	2,08	100,0
MO 33	68,8	38,5	36,5	40,0	1,90	21,0	1,20	0,50	0,11	31,0	1,81	5,8
MO 34	33,0	8,5	3,2	19,2	0,65	29,5	0,45	0,75	0,15	31,4	1,35	4,2
MO 35	6,5	2,2	0,8	3,8	0,15	—	1,65	0,45	0,06	4,0	2,16	54,0
MO 36	2,9	0,6	0,6	1,6	0,15	—						

NUMÉRO échantillon	ÉLÉMENTS TOTAUX		
	CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
MO 31	1,6	0,40	0,95
MO 32	1,7	0,35	1,60
MO 33	1,0	0,40	2,0
MO 34	1,2	0,35	1,1
MO 35	1,55	0,35	2,0

Sol rouge ferrallitique de la zone forestière

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
MO 231	5,2	15,6	8,0	18,4	57,0	21,5
MO 232	5,2	19,6	8,0	21,7	49,5	18,0
MO 233	5,4	17,6	18,8	18,1	44,5	23,0
MO 234	5,2	21,4	32,3	34,7	10,3	35,5

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carboné p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				S	V p. 100
							CaO	MgO	K ₂ O	T		
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
MO 231	52,2	22,0	6,2	30,4	3,45	8,8	0,90	0,90	0,29	14,0	2,09	14,9
MO 232	36,1	18,5	4,0	21,0	1,71	12,2	0,85	0,61	0,20	14,8	1,66	11,2
MO 233	14,4	5,1	1,7	8,4	1,0	8,4	1,0	0,44	0,17	6,5	1,61	24,7
MO 234	5,0	-	-	-	-	-	0,55	0,18	0,10	6,3	0,83	13,1

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
MO 231	12,8	73,1	3,0	5,2	4,7	0,02	1,07	1,8	0,3	2,1
MO 232	12,9	70,4	4,5	6,8	3,7	0,03	2,04	1,4	0,3	2,9
MO 233	9,7	58,5	5,2	10,0	14,4	0,05	0,61	0,9	0,2	1,6
MO 234	18,0	11,7	8,5	36,0	21,8	0,20	0,66	1,0	0,4	5,2

Analyse totale des pseudo-concrétions

PERTE au feu p. 100	SiO ₂ p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100
20,6	6,9	35,9	34,3	0,08

Sol jaune rouge ferrallitique de la zone forestière

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
MO 91	5,4	25,9	15,8			
MO 92	5,5	34,4	10,1	17,4	39,0	27,5
MO 93	5,0	36,9	33,3	27,8	26,5	28,0
MO 94	5,9	20,4	26,7	20,1	8,2	43,0
				25,0	27,0	34,5

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T	S	V p. 100
							CaO	Mg O	K ₂ O			
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
MO 91	44,7	9,5	2,0	26,0	2,62	9,9	1,30	1,10	0,45	10,9	2,85	26,1
MO 92	14,4	4,2	0,6	8,4	0,95	8,8	0,85	0,70	0,22	5,3	1,77	33,3
MO 93	2,0	0,9	0,5	1,2	0,21	5,7	0,45	1,15	0,19	16,0	1,79	11,1
MO 94	—	—	—	—	—	—	1,05	0,48	0,50	—	—	—

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
MO 91	15,3	54,3	9,0	7,2	26,4	0,2	1,1	1,7	0,4	1,75
MO 92	12,9	51,6	14,8	8,0	23,2	0,3	2,0	2,1	0,5	1,5
MO 93	13,9	0,6	24,5	28,8	22,7	1,7	1,48	1,5	0,4	2,4
MO 94	15,1	18,9	18,8	22,8	22,7	1,8	1,41	—	—	—

Analyse totale des pseudo-concrétions

PERTE au feu p. 100	SiO ₂ p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100
15,9	19,2	29,1	35,7	0,1

Sol rouge ferrallitique de savoka

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	GRAVIERS p. 100	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
TA 81	4,9	2,6	38,1	19,2	28,7	10,8	31,9
TA 82	4,8	—	40,9	20,4	26,4	11,3	30,8
TA 83	4,7	—	34,1	22,1	31,7	11,8	41,0
TA 84	4,8	—	30,1	23,7	34,2	11,1	42,4
TA 85	4,8	—	—	—	—	—	—

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					
							CaO	MgO	K ₂ O	T	S	V p. 100
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
TA 81	30,2	7,5	2,5	17,6	1,95	9,0	1,6	1,2	0,2	20,4	3,10	15,1
TA 82	12,3	2,5	0,4	7,2	—	—	1,7	1,3	0,1	6,0	3,03	50,5
TA 83	3,6	0,6	0,3	2,1	—	—	1,8	0,9	0,1	8,1	2,93	35,3
TA 84	—	—	—	—	—	—	1,3	0,7	0,1	6,4	2,25	35,1

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
TA 81	17,4	22,9	9,8	23,2	26,7	0,2	0,62	1,0	0,4	2,3
TA 82	15,5	20,7	9,5	28,0	25,9	0,2	0,58	0,7	0,3	1,0
TA 83	16,6	5,8	18,6	34,4	24,0	0,2	1,31	0,9	0,4	1,9
TA 84	14,2	7,0	23,6	25,6	29,2	0,2	1,37	1,0	0,5	0,7
TA 85	19,0	9,3	6,0	30,8	34,2	0,2	0,29	—	—	—

Analyse totale des pseudo-concrétions

PERTE au feu p. 100	SiO ₂ p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100
20,9	11,1	33,6	34,1	0,2

Sol jaune-rouge ferrallitique de savoka

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	GRAVIERS p. 100	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grosier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
MO 291	5,9	26,0	31,5	22,0	29,5	12,9	33,5
MO 292	5,0	26,2	25,0	29,5	15,8	28,5	31,0
MO 293	4,8	1,2	35,8	27,9	23,0	9,9	35,0
MO 294	4,9	4,6	12,4	22,0	27,7	37,0	25,0

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T	S	V p. 100
							CaO	MgO	K ₂ O			
Milliéquivalents pour 100 grammes												
MO 291	61,9	16,0	3,8	36,0	2,37	15,1	1,25	2,05	0,50	14,5	3,80	26,2
MO 292	12,3	2,7	0,5	7,2	0,42	17,1	1,10	1,15	0,17	6,4	2,42	37,5
MO 293	3,2	0,7	—	—	—	—	0,80	1,0	0,11	6,0	1,91	31,8
MO 294	1,2	0,4	—	—	—	—	1,70	0,75	0,11	3,0	2,56	85,3

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
MO 291	20,4	31,8	8,5	19,2	17,7	0,7	0,81	2,4	0,6	2,8
MO 292	15,3	23,1	11,3	21,6	27,2	1,1	0,70	3,3	0,3	2,1
MO 293	13,8	31,0	14,5	17,6	21,8	0,3	1,20	2,0	0,3	1,8
MO 294	9,3	41,2	22,3	8,8	17,9	—	2,11	2,0	0,3	1,8

Sol jaune ferrallitique de savoka

54

HUMIDITÉ échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
TA 171.....	5,1	15,9	10,6	40,0	32,2	21,8
TA 172.....	5,0	30,9	7,3	22,9	37,3	18,7
TA 173.....	4,9	33,6	6,5	20,2	38,7	56,1

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				T	S	V p. 100
							CaO	Mg O	K ₂ O	Na ₂ O			
							Milliéquivalents pour 100 grammes						
TA 171.....	23,3	8,2	2,4	13,6	1,4	9,3	0,85	0,78	0,15	0,15	9,7	1,93	19,8
TA 172.....	7,5	2,2	0,5	4,4	1,0	4,4	0,90	1,14	0,15	0,12	6,0	2,31	38,5
TA 173.....	4,0	1,2	0,3	2,3	—	—	1,0	0,23	0,12	0,08	5,1	1,43	28,0

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅
								p. 1000	p. 1000	p. 1000
TA 171.....	10,0	62,8	7,3	3,6	16,0	0,02	0,77	1,1	0,2	1,6
TA 172.....	7,3	65,2	5,7	4,4	16,3	0,03	0,59	1,0	0,3	0,4
TA 173.....	3,4	61,4	9,3	4,8	15,8	0,01	1,00	1,0	0,2	0,4

J. HERVIEU

Sol ferrallitique de prairie jaune à pseudo-concrétions

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
MO 101	5,6	17,4	12,2	28,9	39,9	20,5
MO 102	5,9	13,6	5,1	39,3	41,5	15,5
MO 103	5,5	32,6	9,2	31,1	25,9	21,5

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T	S	V p. 100
							CaO	Mg O	K ₂ O			
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
MO 101	41,2	14,5	6,6	24,0	1,5	16,0	3,05	1,25	0,19	7,8	4,49	57,5
MO 102	12,3	3,4	0,7	7,2	0,3	23,2	0,75	1,30	0,10	2,5	2,15	86,0
MO 103	5,3	1,2	0,6	3,1	0,2	-	0,55	1,0	0,10	2,5	1,65	66,0

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
MO 101	11,2	75,4	5,2	6,8	0,7	0,3	1,19	1,0	0,2	1,8
MO 102	10,4	66,0	4,2	9,6	8,8	0,7	0,87	0,7	0,2	1,6
MO 103	14,0	50,7	14,5	13,6	6,2	0,6	3,95	0,9	0,4	1,5

Analyse totale des pseudo-concrétions

PERTE au feu p. 100	SiO ₂ p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100
9,9	23,9	47,1	18,3	0,02

Sol ferrallitique de prairie jaune-rouge à pseudo-concrétions

56

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
TA 181.....	5.3	23.4	10.7	25.0	39.5	13.0
TA 182.....	5.2	22.4	14.9	31.7	30.4	14.1
TA 183.....	5.1	16.3	9.4	36.8	36.5	15.9
TA 184.....	5.3	28.7	18.5	25.1	34.2	22.3

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				S	V p. 100
							CaO	MgO	K ₂ O	T		
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
TA 181.....	21.3	8.0	2.4	12.4	1.6	7.7	1.1	0.28	0.13	7.5	1.51	21.1
TA 182.....	16.5	4.5	1.2	9.6	1.2	7.2	0.9	0.37	0.13	11.15	1.40	12.5
TA 183.....	13.0	2.9	0.4	7.6	1.7	4.4	0.85	0.31	0.16	4.3	1.32	30.6
TA 184.....	4.3	1.4	0.5	-	-	-	1.15	0.33	0.16	7.85	1.64	20.8

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
TA 181.....	16.9	38.4	1.5	14.4	27.8	0.2	0.08	0.9	0.3	1.3
TA 182.....	12.3	43.7	2.5	16.4	24.2	0.2	0.17	0.8	0.3	1.1
TA 183.....	14.9	32.1	8.0	21.6	22.6	0.2	0.60	1.2	0.3	1.8
TA 184.....	13.6	35.7	5.2	20.4	24.0	0.1	0.40	0.9	0.6	2.2

Analyse totale des pseudo-concrétions

	PERTE au feu p. 100	SiO ₂ p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	Fe libre p. 100
TA 182.....	22.1	20.6	14.4	42.6	0.1	5.7
TA 183.....	16.0	26.4	23.2	33.9	0.2	8.0

J. HENRIEU

Sols ferrallitiques sur alluvions anciennes

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
MO 51	5,4	23,6	24,1	43,2	6,6	40,5
MO 52	5,4	14,4	11,3	68,8	3,7	31,5
MO 21	5,9	35,3	14,1	33,1	16,0	29,0
MO 22	6,0	13,7	12,0	56,3	15,9	29,5

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T	S	V p. 100
							CaO	MgO	K ₂ O			
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
MO 51	34,4	11,2	3,6	20,0	2,0	10,0	1,25	0,70	0,18	17,6	2,13	12,1
MO 52	22,0	4,7	0,9	12,8	0,6	—	1,0	0,30	0,14	12,4	1,44	11,6
MO 21	55,0	13,4	4,2	32,0	2,2	14,5	3,1	0,90	0,16	12,3	4,16	33,8
MO 22	14,4	2,5	1,2	8,4	0,5	—	1,3	0,65	0,10	5,3	2,05	38,6

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
MO 51	19,8	12,8	18,8	18,8	27,6	1,1	1,16	1,7	0,6	2,1
MO 52	18,4	10,8	15,9	20,0	31,8	1,1	0,85	1,4	0,4	1,3
MO 21	15,3	45,9	11,3	5,6	18,6	0,3	1,03	1,3	0,3	2,0
MO 22	14,4	47,1	15,9	6,4	16,1	0,4	1,68	1,8	0,3	1,6

Sols ferrallitiques sur alluvions anciennes (suite)

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
MO 71	5,8	12,8	7,6	27,7	48,7	18,5
MO 72	5,4	17,9	8,6	25,8	46,2	10,5
MO 211	5,1	26,7	17,0	30,8	22,7	23,5
MO 212	5,4	45,4	9,0	23,6	19,9	20,5
MO 213	5,4	57,8	14,0	17,7	9,0	33,5

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T	S	V p. 100
							CaO	Mg O	K ₂ O			
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
MO 71	51,0	14,0	2,0	30,0	1,47	20,4	1,25	0,85	0,18	11,4	2,28	20,0
MO 72	11,3	4,4	0,7	6,6	0,26	—	1,0	0,80	0,13	11,8	1,93	16,3
MO 211	55,0	25,0	6,0	32,0	4,7	6,7	0,8	0,39	0,17	16,5	1,36	7,8
MO 212	13,7	2,7	0,5	8,0	0,8	9,6	0,85	0,52	0,13	19,5	1,47	7,5
MO 213	3,1	1,0	0,6	1,8	0,4	—	0,65	0,55	0,14	21,5	1,34	6,2

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	RÉSIDU p. 100	SiO ₂ combinée p. 100	Fe ₂ O ₃ p. 100	Al ₂ O ₃ p. 100	TiO ₂ p. 100	SiO ₂ Al ₂ O ₃	ÉLÉMENTS TOTAUX		
								CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
MO 71	10,0	72,1	5,0	4,0	7,5	—	1,12	1,0	0,2	1,8
MO 72	7,8	71,1	7,3	2,4	11,0	0,1	1,12	0,7	0,2	1,8
MO 211	18,0	48,6	10,0	6,4	15,3	0,7	1,11	1,4	0,3	1,7
MO 212	11,7	51,6	12,8	6,8	15,8	1,0	1,37	1,4	0,4	2,2
MO 213	13,6	56,9	9,0	6,4	12,4	0,7	1,26	1,4	0,2	2,2

Sols de marais

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
BR 16.....	5,2	23,7	29,5	31,5	7,1	26,0
BR 17.....	5,4	—	—	—	—	45,9
BR 18.....	5,4	42,7	17,6	21,7	8,7	35,1
MO 241.....	5,8	41,7	18,0	34,9	4,0	85,5
MO 242.....	5,0	59,7	20,4	14,6	3,7	51,0

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T
							CaO	MgO	K ₂ O	
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
BR 16.....	116,9	9,6	6,1	68,0	13,6	5,0	0,65	0,45	0,50	55,3
BR 17.....	116,9	9,4	6,7	68,0	11,6	5,8	0,45	0,35	0,40	47,8
BR 18.....	206,4	12,1	7,7	120,0	8,7	13,8	0,25	0,24	0,07	34,4
MO 241.....	228,7	153,0	13,2	133,0	12,1	10,9	0,25	1,52	1,37	28,1
MO 242.....	27,5	6,6	1,8	16,0	—	—	1,1	1,40	0,42	17,8

NUMÉRO échantillon	PERTE au feu p. 100	ÉLÉMENTS TOTAUX		
		CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
BR 16.....	39,2	1,45	0,35	2,45
BR 17.....	39,6	2,25	0,80	2,60
BR 18.....	45,0	1,80	0,90	1,75
MO 214.....	1,45	0,76	3,04
MO 242.....	2,10	0,64	1,6

Sols marécageux. Sol tacheté

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
TA 51.....	4,1	38,2	43,3	21,3	5,4	70,1
TA 52.....	4,8	43,1	29,0	23,1	3,4	54,5
BR 71.....	5,1	22,0	31,2	28,4	14,1	81,9
BR 72.....	5,6	23,7	34,8	29,6	6,2	56,4
BR 73.....	5,2	33,7	30,4	28,9	5,3	46,8
BR 74.....	5,0	44,2	33,7	15,3	5,0	46,0

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T
							CaO	MgO	K ₂ O	
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
TA 51.....	80,4	25,0	7,0	46,8	5,9	7,9	1,1	1,35	0,21	23,8
TA 52.....	35,7	5,0	2,0	20,8	2,6	8,0	2,1	—	—	24,8
BR 71.....	71,5	13,6	3,2	41,6	3,52	11,7	1,90	0,45	0,009	22,1
BR 72.....	17,2	4,6	1,6	10,0	1,18	8,7	1,35	0,30	0,001	15,4
BR 73.....	14,4	4,8	2,8	8,6	1,8	4,6	0,75	0,30	0,001	19,7
BR 74.....	7,4	2,0	0,4	4,3	—	—	0,60	0,20	0,05	35,8

NUMÉRO échantillon	ÉLÉMENTS TOTAUX		
	CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
TA 51.....	0,8	0,7	2,2
TA 52.....	1,1	0,7	1,6
BR 71.....	3,3	2,4	2,3
BR 72.....	2,9	1,9	1,1
BR 73.....	3,7	1,3	1,4
BR 74.....	—	—	—

Alluvions fluviales récentes

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
BR 37.....	5,8	26,4	30,6	36,6	4,9	60,0
BR 38.....	5,9	29,3	34,3	29,1	5,3	44,5
BR 64.....	5,2	21,2	11,6	55,0	7,0	32,0
BR 65.....	5,0	15,2	12,4	53,9	15,8	26,6

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T	S	V p. 100
							CaO	MgO	K ₂ O			
BR 37.....	53,3	17,6	3,0	31,0	3,9	7,9	-	-	-	-	-	-
BR 38.....	30,9	5,0	1,6	18,0	1,9	9,5	0,60	0,40	0,15	42,1	4,43	10,5
BR 64.....	66,0	13,5	1,7	38,4	2,3	16,6	0,67	0,22	0,12	21,4	3,62	16,9
BR 65.....	29,9	5,2	2,6	17,4	1,0	16,1	0,51	0,11	0,03	16,7	2,41	14,4

NUMÉRO échantillon	ÉLÉMENTS TOTAUX		
	CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
BR 37.....			
BR 38.....	3,6	0,5	1,9
BR 64.....	2,0	0,2	1,2
BR 65.....	3,1	1,2	1,6
	3,1	1,2	1,3

Alluvions fluviales récentes (suite)

NUMÉRO échantillon	RÉACTION pH	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE GROSSIER p. 100	HUMIDITÉ équivalente
TA 211	5.1	8,2	19,9	62,2	7,4	51,0
MO 171	5.2	31,9	49,3	9,3	7,9	31,0
MO 172	5.5	14,4	19,3	30,0	35,2	52,5
MO 173	5.6	24,4	18,8	25,3	30,6	

NUMÉRO échantillon	Matière organique totale p. 1000	HUMUS total p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	Carbone p. 1000	AZOTE total p. 1000	Rapport C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			T	S	V p. 100
							CaO	MgO	K ₂ O			
							Milliéquivalents pour 100 grammes					
TA 211	17.2	5.8	2.4	10.0			4.5	1.8	0.17	11.8	6.47	54.6
MO 171	8.6	3.1	0.6	5.0	0.4	12.5	1.1	1.2	0.2	6.4	2.5	39.8
MO 172	4.4	2.7	0.8	2.6	0.6	-	2.9	1.4	0.1	5.0	4.4	90.2
MO 173	6.9	2.8	0.6	3.6	0.95	-	1.2	3.0	0.2	13.5	4.4	33.4

NUMÉRO échantillon	ÉLÉMENTS TOTAUX		
	CaO p. 1000	K ₂ O p. 1000	P ₂ O ₅ p. 1000
TA 211	2.1	2.4	1.7
MO 171	1.1	0.9	2.1
MO 172	1.1	1.3	1.5
MO 173	1.3	0.7	1.9

CONCLUSIONS

LES CULTURES ET LES SOLS

Exception faite pour le manioc et la canne, la mise en valeur agricole est conditionnée par le caractère familial de l'exploitation, le régime de la petite propriété, et la faible étendue des zones cultivables, surtout dans la zone orientale.

Le riz. — La consommation de ce produit est toujours nettement supérieure à la production. Malgré l'absence de grandes surfaces facilement aménagées, la riziculture est à favoriser car elle ne peut que faire diminuer les *tavy*. Bien des petits bas-fonds sont encore incultes en zone forestière : il s'agit de sols de marais souvent riches en matière végétale et profonds, dans lesquels la culture favorisera l'évolution de la matière organique. Une vallée aménagée facilite la pénétration et par conséquent la surveillance forestière, permet la formation de petites collectivités humaines, ce qui est préférable au cultivateur isolé en matière de conservation des sols.

Les bas-fonds étroits de la zone des basses collines et de la zone côtière ne sont pas à recommander pour la riziculture : l'argile des bas-fonds est en général pauvre en matière organique et en éléments fertilisants, difficilement améliorable. Dans le cas de colmatage par des sables grossiers quartzitiques les rendements seront dérisoires. Les bas-fonds de ces régions pourraient par contre utilement servir à la reconstitution de raphières abusivement exploitées ces dernières années.

De plus vastes surfaces encore incultes sont encore utilisables pour la riziculture au prix de travaux d'hydraulique assez importants (drainage essentiellement). Citons en premier lieu les sols de marais de la plaine de Fierenana, à l'Est d'Amboasary, dont une faible partie est aménagée, et qui pourrait devenir le principal centre rizicole du pays *bezanozano* si les communications étaient meilleures.

Des sols de marais non aménagés existent également dans la vallée actuelle du Mangoro, d'une fertilité naturelle certainement très supérieure à celle des sols alluviaux du type *baiboa* qu'on trouve à proximité dans la région d'Andaingo, où la matière organique fait presque totalement défaut.

Cependant ces sols de marais n'atteindront les qualités de compacité nécessaires à de bons rendements qu'après deux ou trois ans, une fois les matières végétales tassées. Dans tous les cas le brûlage de la matière organique est à éviter, à cause des pertes importantes d'éléments qu'il entraîne.

Les sols marécageux et les sols tachetés des bas cours de l'Ivondro et du Rianila ne sont aménagés qu'en partie bien que présentant en

moyenne une texture favorable au riz et des teneurs notables en matière organique. L'un des principaux obstacles à leur mise en culture est la fréquence des inondations difficilement contrôlables.

Le café. — Principale production commercialisée de la région, disséminée dans toutes les zones d'activité humaine, elle fait presque de chaque Betsimisaraka un producteur agricole. Ceci explique en partie la lenteur de l'amélioration dans cette culture : à cela s'ajoutent la vieillesse des plantations (16 p. 100 seulement des caféiers de la province de Tamatave ont moins de six ans), le défaut d'entretien (absence de taille de formation, emploi abusif des tailles de rajeunissement), l'absence fréquente de fumure et la création de nouvelles plantations sans souci des pratiques de conservation du sol. Il résulte de ces faits une certaine stagnation dans la qualité moyenne des cafés exportés.

Le caféier exige un sol profond, meuble et perméable ; ces conditions sont réalisées sur la plupart des alluvions fluviales récentes de la zone cartographiée, en particulier pour les alluvions à tendance sableuse. Dans certains cas les sols jaunes ferrallitiques lessivés et les sables jaunes pourront également convenir.

Pour l'ensemble des sols ferrallitiques et en dehors des zones forestières, on choisira de préférence les sols jaune-rouge et les sols jaunes de *savoka*, les sols rouges et les sols à pseudo-concrétions étant beaucoup plus hétérogènes du point de vue physique.

Malgré la pauvreté généralisée en éléments minéraux de ces sols on doit prôner en premier lieu, auprès du producteur autochtone, l'emploi d'une fumure organique, de préférence aux engrais minéraux. L'enfouissage de fumier ou compost se fera de préférence par mise en fosse individuelle circulaire ou semi-circulaire.

Sur alluvions, la couverture végétale naturelle herbacée est souvent dense, associée plus ou moins à des cultures (au moins dans les jeunes plantations) et les risques d'érosion sont minimes tandis que l'horizon humifère est en général bien marqué.

Malgré certains échecs enregistrés en pays tropicaux dans l'emploi des plantes de couverture et en particulier de légumineuses sous caféiers (8), l'utilisation d'un couvert dense semble indispensable dans le cas de sols de *savoka* récemment défrichés. Dans ce cas la plante ne trouve pas toujours des conditions physiques aussi favorables que sur alluvions, l'horizon humifère est fragile parce que peu riche en matière organique humifiée et de structure instable, et les dangers d'érosion sont grands du fait que la pente est rarement nulle.

En pays de *savoka* il est préférable de planter sur des pentes inférieures à 10 p. 100, en bandes de quatre rangées de pieds, parallèles aux courbes de niveau et séparées elles-mêmes par des bandes non défrichées d'au moins 10 mètres de large. Sur les bandes plantées, le débroussaillage sera sommaire, les débris végétaux de

petite taille laissés sur place et non brûlés. Seule sera dénudée une zone circulaire de 50 centimètres de diamètre autour du jeune plant où l'on pourra pratiquer la fumure en fosse.

Comme plante de couverture peu ou non volubile on peut conseiller le Vohem (*Vigna sinensis*), qui couvre rapidement le sol mais dure peu longtemps, et surtout *Indigofera endecaphylla* (5) utilisée aux Indes néerlandaises et dont la multiplication par boutures est facile.

Du point de vue réaction du sol, les types précédents conviennent bien au caféier puisque nettement acides. Dans les cas où une fumure minérale est possible, on évitera cependant les sels ammoniacaux et les engrais qui en contiennent, en se rappelant que pour former et mûrir ses fruits cette plante a besoin surtout de potasse et d'azote (8).

La canne à sucre. — Elle occupe une partie importante des basses plaines de l'Ivondro et du Rianila. Dans ces alluvions profondes et meubles la canne a en général un bon développement végétatif et les plantations n'étant pas brûlées lors de la récolte, le taux de matière organique atteint couramment 5 à 6 p. 100 dans l'horizon de surface.

Ce taux diminue sur les bourrelets alluviaux les plus récents. Les rendements sont plus faibles lorsque la zone est trop humide et lorsqu'on se rapproche des bords de plaine où l'épaisseur des alluvions est moins grande. Il semble que les facteurs édaphiques soient difficilement améliorables étant donné l'irrégularité et l'étroitesse des zones de cultures et qu'il faille surtout, pour augmenter la production, diriger les efforts sur le choix des variétés, le matériel de plantation étant assez hétérogène (moins depuis l'introduction de variétés résistantes à la maladie de Fidji).

Le manioc. — La culture indigène du manioc est extrêmement dispersée et se fait le plus souvent sans aucune rotation, au voisinage immédiat des habitations.

Concurremment avec les autres plantes vivrières : maïs, patate, taros, haricots, etc., elle occupe de plus vastes surfaces dans la vallée du Mangoro. La culture intensive du manioc est pratiquée par les Européens dans cette même région sur les alluvions anciennes.

Bien que chimiquement pauvres, les alluvions sablo-argileuses de la série Marovoay conviennent le mieux parce que profondes et perméables au moins dans l'horizon de culture. Dans la série Maromaninana l'hétérogénéité du profil est plus fréquente et des couches de sable grossier constituent de véritables horizons stériles pour le système racinaire.

Le problème essentiel est la conservation d'un horizon de culture suffisamment riche en humus pour permettre l'action des fumures minérales éventuelles et empêcher l'érosion en nappe locale.

Dans ce but, trois pratiques sont réalisées dans les exploitations du Mangoro : incorporation des bois au sol, emploi d'engrais verts (en particulier *Vigna sinensis*, et surtout *Crotalaria uniflora*) utilisation du fumier de ferme. G. COURS (9) conseille l'emploi des engrais phosphatés, en particulier des phosphates naturels.

Dans tous les cas, la pauvreté intrinsèque de ces sols exige un retour à la jachère assez long entre deux cultures sur une même parcelle, au minimum trois ans. Un sous-solage sera souvent préférable, dans ce cas, à un labour profond.

Culture fruitières. — Le district de Moramanga exporte surtout des bananes vers Tananarive, ainsi que des oranges, des avocats, des bibasses. Dans la région côtière, bananes, agrumes, letchi, mangues satisfont la consommation locale.

Tous les rapports des services intéressés signalent la bonne venue de tous les fruitiers sur les alluvions récentes, en particulier dans le district de Brickaville.

Mises à part les difficultés de commercialisation qui pourraient être résolues par la formule coopérative, la recherche des variétés adaptées au climat et aux sols en est restée au stade expérimental.

Pour le bananier en particulier, on recherchera, pour les nouvelles plantations, les alluvions récentes à tendance sableuse ou du type *baiboa*. Les sols ferrallitiques, même homogènes, sont à éviter parce qu'en général à porosité faible. Cependant les bas de pente constitués par des sols jaunes sur alluvions anciennes ou des sables jaunes, suffisamment humides, peuvent convenir à cette culture.

LA CONSERVATION DES SOLS ET LE PROBLÈME FORESTIER

Bien des choses ont été dites et écrites sur ces problèmes. On pouvait lire récemment dans un article du *Bulletin de Madagascar* « la conservation des sols est une question d'autorité » (14).

Cela suffira à montrer la complexité de la question dès l'instant où sont étroitement associés les problèmes techniques, économiques et humains.

C'est dans cet esprit que nous énumérons ci-dessous les principaux problèmes techniques, dont la plupart sont étudiés activement par les services intéressés.

La vocation des sols ferrallitiques du versant Est, du fait de la topographie, est éminemment forestière. En conséquence, la délimitation du domaine forestier, entreprise par le Service des eaux et forêts, est indispensable pour établir une législation interdisant les *tavy* dans ce domaine. Le seul examen de la carte forestière des districts cartographiés suffit à montrer combien ce domaine est déjà morcelé.

A notre avis, les *tavy* devraient être tolérés en pays de *savoka* à condition d'exiger entre deux brûlis sur une même parcelle un temps suffisamment long : six ans au minimum, et ceci seulement dans les *savoka* du versant Betsimisaraka proprement dit, à l'exclusion des flancs de la vallée du Mangoro où le climat n'est pas aussi humide. Ces mesures seraient prises conjointement aux regroupements de populations en villages organisés préconisés par le Service des eaux et forêts (14).

Nous avons déjà parlé de l'aménagement rizicole de tous les bas-fonds qui compléterait les mesures précédentes et a été maintes fois conseillé par le Bureau de conservation des sols (31).

Le Service de l'agriculture (15) déconseille la création de pâturages artificiels sur les *tanety*. Un programme d'équipement demandant l'aménagement des pâturages sur les collines à ravenales et sur les anciens *tavy* (35) risque fort d'aboutir à un échec. Le seul moyen économique et conservateur de sol pour obtenir des pâturages extensifs est l'interdiction des feux dans la zone des basses collines et la vallée du Mangoro avant que ces régions n'atteignent le stade d'érosion en *lavaka* tel qu'on peut l'observer à l'Est d'Amboasary et Andaingo, et auquel cas la conservation des sols devient une utopie dans l'état de la conjoncture économique actuelle.

Nous pensons qu'il existe un *statu quo* en matière de couvert végétal et que les limites des grands groupes de végétation actuels : forêt, *savoka*, pseudo-steppe doivent être conservées dans toute la mesure du possible. En effet, les possibilités de régénération de la forêt dense sont pratiquement inconnues ; la *savoka* semble se régénérer assez rapidement si le climat est suffisamment humide et s'il s'agit de surfaces limitées ; la pseudo-steppe constitue un couvert dense, améliorable, si elle n'est pas brûlée.

Il se trouve par ailleurs que les zones à forêt dense sont le plus souvent très accidentées, alors que la prairie occupe surtout des reliefs adoucis, la *savoka* s'étendant souvent sur des reliefs intermédiaires. Les mesures de conservation devront donc viser essentiellement au maintien intégral de zones forestières délimitées d'une façon simple et naturelle, à la surveillance, la réglementation et la pratique des défrichements en pays de *savoka*, à l'interdiction des feux, liée à des pratiques conservatrices, dans les zones à pseudo-steppe. Exception faite pour certaines cultures arbustives comme le café, le girofle ou les agrumes, aucune culture ne devrait être tolérée en dehors des vallées proprement dites.

Si l'on songe que, pour l'ensemble de la province de Tamatave, les superficies utilisées pour l'agriculture ne représentent que 5 p. 100 de l'ensemble (soit 400.000 hectares), dans une région où la densité de population est relativement élevée, le gaspillage des terres de cultures ne peut être permis et la propagande doit porter sur les méthodes de culture intensive.

BIBLIOGRAPHIE

1. AUBERT (G.), 1954. — Les Sols latéritiques, Actes et Comptes Rendus du 5^e Congrès International de la Science du Sol, Léopoldville, vol. 1, p. 103-118.
2. AUBREVILLE (A.), 1955. — La typologie topographique forestière. — *Rev. Bois et Forêts des Tropiques*, n° 41, mai-juin 1955.
3. BÉGUÉ (L.), 1955. — Principaux aspects du problème forestier à Madagascar. — *Rev. Bois et Forêts des Tropiques*, n° 42, juillet-août 1955.
4. BESAIRIE (H.), 1956. — Le socle cristallin de Madagascar. — *Notes de Géologie malgache, Documentation du Bureau géologique*, n° 126, Tananarive.
5. BOSSER (J.), 1956. — Considérations sur les plantes de couverture, engrais verts, plantes fourragères, en pays tropicaux et plus particulièrement à Madagascar. — *Publications de l'I.R.S.M.*
6. BRENON (P.), 1949. — Etude géologique de la feuille lac Alaotra. — *Travaux du Bureau géologique*, n° 8, Tananarive.
7. IDEM, 1952. — Contribution à l'étude pétrographique et géologique des terrains cristallins de Madagascar dans les régions de l'Antsihanaka, de l'Antanosimboangy, et dans les bassins de la Bemarivo et de la Fanambana. — *Thèse Nancy*.
8. COSTE (R.), 1955. — Les caféiers et les cafés dans le monde. — T. I, Paris. Editions Larose.
9. COURS (G.), 1951. — Le manioc à Madagascar. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, B, t. III.
10. ERHART (H.), 1926. — L'influence de l'origine géologique et des facteurs extérieurs sur la formation et la valeur culturale des terre latéritiques de l'Est de Madagascar. — Librairie Larose, Paris.
11. IDEM, 1935. — Traité de Pédologie. — Strasbourg, t. I et II.
12. HUMBERT (H.), 1927. — Principaux aspects de la végétation à Madagascar. — *Mém. Acad. mal.*, V, Tananarive.
13. IDEM, 1949. — La dégradation des sols à Madagascar. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. I.
14. KIENER (A.), 1957. — Esquisse forestière de la province de Tamatave. — *Bull. Madagascar*, juin, n° 133.
15. KUEHN (M.), 1957. — Production fourragère et alimentation des bovins sur la côte Est. — *Bull. Madagascar*, juillet, n° 134.
16. LACROIX (A.), 1923. — Minéralogie de Madagascar. — Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, t. III, p. 92-136.
17. LAPLAINE (L.), 1949. — Etude géologique des feuilles Moramanga-Brickaville. — *Travaux du Bureau géologique*, n° 14, Tananarive.
18. LAUTEL (R.), 1951. — Etude géologique des feuilles Ambatondrazaka-Ambodilazana-Tamatave. — *Travaux du Bureau géologique*, n° 22, Tananarive.
19. LENEUF (N.) et OCHS (R.), 1956. — Les sols podzoliques de la Basse Côte-d'Ivoire. — *Rapports du 6^e Congrès International de la Science du sol*, Paris, vol. E, p. 529.
20. MAILLARD (Capitaine), 1898. — Le Pays Bezanozano ou Cercle de Moramanga. — *Notes, Reconnaissances et Explorations*, décembre, Imprimerie officielle de Tananarive.
21. MICHEL (Lieutenant), 1897. — Excursion dans la province d'Andevoranto. — *Notes, Reconnaissances et Explorations*, août, Imprimerie officielle de Tananarive.

22. NOEL (M.), 1897. — Le pays Bezanozano. — *Notes, Reconnaissances et Explorations*, juillet, Imprimerie officielle de Tananarive.
23. PERRIER DE LA BATHIE (H.), 1913. — Les dépressions lacustres du Mangoro, de l'Alaotra, de l'Ankaizina et les mouvements récents du versant est et du nord de l'Ile. — *Bull. Acad. malg.*, XII, p. 227.
24. IDEM, 1921. — La végétation malgache. — Paris, édit. Challamel, *Ann. Musée colon. Marseille*.
25. RIQUIER (J.), 1951. — Les sols du périmètre forestier d'Ambila-Lemaitso. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. III.
26. IDEM, 1953. — Etude d'un sol de *tavy* et d'un sol de forêt primaire à Périnet. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. V.
27. IDEM, 1951. — Les sols de la concession « Les Mimosas ». — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. III.
28. IDEM, 1951. — Essai de classification des sols latéritiques de Madagascar selon la topographie. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. III.
29. IDEM, 1954. — Etude sur les « lavaka ». — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. VI.
30. ROCHE (P.), 1955. — Analyses de sols provenant de la concession de la Grande Ile à Périnet. — *Rapport annuel 1955 de la station agronomique du lac Alaotra*, annexe I.
31. SABOUREAU (P.), 1956. — Conservation des sols. — *Bull. Madagascar*, octobre, n° 125.
32. SEGALEN (P.), 1951. — Etude des sols du périmètre forestier d'Ampamahe-rana. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. III, fasc. 1.
33. TERCINIER (G.), 1951. — Notice sur la carte pédologique de l'Ankaizina. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, t. III.
34. TRICART (J.), 1956. — Dégradation du milieu naturel et problèmes d'aménagement au Fouta-Djalon (Guinée). — *Rev. Géograph. alpine*.
35. ANONYME, 1957. — Bilans provinciaux : Tamatave. — *Bull. Madagascar*, janvier, n° 128.

PUBLICATIONS DE L'INSTITUT
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
TANANARIVE, TSIMBAZAZA

SECTION DE PEDOLOGIE

Notices parues

Notices sur les cartes d'utilisation des sols

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* (2 feuilles) (44 p., 1 dépliant).
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 Mananantana* (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., 1 fig.).
12. VIEILLEFON J. — *Feuille de la Menaharaka*.

Notices sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200.000°

HERVIEU J. — *Feuille n° 64. Ambovombe.*

HERVIEU J. — *Feuille n° 63. Ampanihy-Beloha.*