

INSTITUT DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR  
SECTION DE PÉDOLOGIE

---

NOTICES  
SUR LES  
CARTES PÉDOLOGIQUES DE RECONNAISSANCE  
AU 1/200.000<sup>e</sup>

---

Feuille n° 64

Ambovombe

par

J. HERVIEU

---

PUBLICATIONS  
DE  
L'INSTITUT DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
TANANARIVE-TSIMBAZAZA

---

1958

## SOMMAIRE

INTRODUCTION . . . . .	1
GÉNÉRALITÉS SUR LA ZONE CARTOGRAPHIÉE . . . . .	2
FACTEURS DE LA PÉDOGÈNESE :	
Le climat . . . . .	3
Les roches-mères . . . . .	8
La végétation . . . . .	10
L'homme . . . . .	10
MORPHOGENÈSE ET PÉDOGENÈSE :	
La morphologie . . . . .	11
Les processus d'érosion . . . . .	13
Les processus évolutifs . . . . .	13
LES SOLS . . . . .	16
Classification . . . . .	16
Description et caractérisation des principaux types de sols . . . . .	20
1° Sols évolués à matériau originel en place :	
Sols ferrugineux tropicaux . . . . .	20
Sols de décalcification rubéfiés . . . . .	22
Sols calcimorphes . . . . .	25
2° Sols évolués à matériau originel allochtone :	
Transport fluviatile ou ruissellement diffus . . . . .	26
Transport éolien . . . . .	29
Origine complexe . . . . .	31
3° Sols peu ou pas évolués :	
Néogène continental . . . . .	33
Quaternaire continental . . . . .	35
Sols d'apport . . . . .	35
Matériaux dunaires . . . . .	38
Sols d'érosion ou squelettiques . . . . .	39
CONCLUSION . . . . .	41
MÉTHODES ANALYTIQUES . . . . .	44
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	45
RÉSULTATS ANALYTIQUES REPRÉSENTATIFS DES DIFFÉRENTS TYPES DE SOLS . . . . .	47

## INTRODUCTION

Les documents concernant la reconnaissance et l'exploration de l'Androy, avant et après la pacification par LYAUTEY (18)\*, ne manquent pas. R. DECARY en donne une longue liste dans son Essai de Monographie publié en 1930 (10). On trouvera dans cet ouvrage, et celui plus ancien de DEFOORT (12), l'essentiel des connaissances acquises sur ce pays jusqu'à cette date.

Depuis, de nombreux travaux et notes ont été publiés. Dans un domaine qui touche de près notre sujet, nous citerons le lever de la Carte Géologique au 1/200.000<sup>e</sup> par H. BESAIRIE (7). Les recherches hydrogéologiques du Sud, commencées à une grande échelle par H. BESAIRIE et R. PAVLOVSKY (6) sont poursuivies actuellement par le Service Géologique.

Tout récemment, J. ARCHAMBAULT (1), pour le compte de l'Inspection générale de l'Élevage, faisait une mise au point sur la géologie du Sud et les possibilités d'alimentation en eau.

Dans le domaine pédologique, une prospection au 1/200.000<sup>e</sup> réalisée par G. CLAISSE et J. RIQUIER, en 1946-48, intéressa l'Androy mandraréen (27). En 1955, la Basse Vallée du Mandrare proprement dite était l'objet d'une prospection pédologique au 1/50.000<sup>e</sup> réalisée par J. RIQUIER, R. RATA-SILAHY et nous-même, pour le compte de l'I.R.C.T. et du Syndicat des producteurs de sisal (15).

Les données climatiques utilisées pour ce travail sont celles fournies par le Service Météorologique de Madagascar. La plus grande partie des levés a été réalisée sur fond topographique tiré des cartes au 1/100.000<sup>e</sup> récemment éditées par le Service Géographique de Madagascar. Pour les zones encore non couvertes, nous avons utilisé la carte géologique au 1/200.000<sup>e</sup> et les cartes T.P.F.R. au 1/80.000<sup>e</sup>.

La couverture photographique aérienne du Service géographique a été consultée pour l'ensemble de la zone cartographiée.

L'Inspection générale de l'agriculture nous a aimablement communiqué le rapport annuel 1955 du Chef de la Circonscription agricole de Fort-Dauphin.

---

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

L'analyse des échantillons a été faite au Laboratoire de Pédologie de l'I.R.S.M. sous la direction de Mme Ruf.

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 zone cartographiée correspond à peu près à la partie centrale et à la partie orientale de la région géographique de l'Androy, telle que l'a définie R. DECARY [(10), vol. 1, p. 1 et 2]. Elle est limitée, au Sud par la ligne de rivage allant de Faux-Cap à l'embouchure du Mandrare vers l'Est, au Nord par la ligne d'ordonnée 176 (carroyage Lambert) passant près de Ranomainty, à l'Est et à l'Ouest par les abscisses 292 et 400, soit une surface d'environ 10.000 km<sup>2</sup>.

Administrativement la feuille appartient aux Districts d'Ambovombe et d'Amboasary-Sud.

On peut distinguer, au Nord-Ouest, une zone de terrains métamorphiques qui descend vers le Sud jusqu'à Tsihombe, et au Nord-Est la partie méridionale du massif volcanique de l'Androy. Ces terrains se prolongent vers le Sud par un plateau sédimentaire qui se termine par une région côtière dite « zone des dunes » (sens large).

La plaine alluviale du Mandrare forme une entité particulière.

L'altitude, qui peut atteindre 400 à 600 m sur les sommets de la partie septentrionale de la feuille, décroît lentement du Nord vers le Sud et de l'Est vers l'Ouest de 300 à 400 m environ. La zone littorale à topographie de détail assez variée, présente une ligne de hauteurs plus ou moins parallèle à la côte, qui culmine vers l'Est à l'Andranogoa (371 m). En bordure de mer, existe une dénivellation plus ou moins brutale de 80 à 100 m, formant vers l'Est une sorte de falaise. La côte est rectiligne, inhospitalière.

Le réseau hydrographique comprend deux cours d'eau importants : le Mandrare à l'Est et le Manambovo à l'Ouest. La partie centrale de la feuille, au Sud d'Antanimora, possède un drainage endoréique.

L'activité humaine est concentrée dans les grandes vallées et d'une façon générale au voisinage des points d'eau des terrains sédimentaires.

## LES FACTEURS DE LA PÉDOGENÈSE

## LE CLIMAT

La pluviométrie diminue à mesure qu'on se rapproche de la mer et qu'on se dirige vers l'Ouest (barrière climatique de la chaîne anosyenne). Les précipitations varient entre 400 et 600 mm.

## Précipitations annuelles (P)

Ambovombe . . . . .	606 mm
Antanimora . . . . .	560
Behara . . . . .	547
Tsihombe . . . . .	488
Faux-Cap . . . . .	386

Comme le note J. RAVET [(25), p.135], « cette région est caractérisée par une grande irrégularité dans les précipitations, des périodes sèches importantes pouvant être observées non seulement pendant la saison fraîche, mais aussi pendant la saison chaude ». Les chutes de pluie sont également très irrégulières d'une année sur l'autre : à ce sujet le diagramme en dents de scie des cyclones et pluies cycloniques de 1931 à 1953 que donne J. ARCHAMBAULT [(1) p. 9] est significatif.

La température moyenne annuelle oscille aux alentours de 23° C avec un minimum en juin (19°) et un maximum mal défini, de nov. à févr. (28°). Pour Tsihombe en saison chaude (janv.) l'amplitude de la variation diurne va de 3°5 à 15°6, en saison fraîche (août) de 4°5 à 22°5.

L'indice d'aridité de DE MARTONNE est pour l'Extrême-Sud inférieur à 10, d'après P. DUVERGÉ (14). Le climat de la région considérée a donc des tendances subdésertiques (climat sénégalien) en moins chaud et en moins sec, à cause de la proximité de la mer et des vents dominants du Sud-Est.

La notion d'évapotranspiration est intéressante à préciser pour la pédologie et l'agriculture en général. Les courbes pluie-évapotranspiration ont été établies, à l'aide de la formule empirique de THORNTHWAITE, pour les principales stations météorologiques de Madagascar par J. RIQUIER (26). Ces courbes permettent de calculer graphiquement : le surplus d'eau (ruissellement et drainage), le déficit en eau durant la saison sèche, l'évapotranspiration réelle, le nombre de mois secs au cours d'une année moyenne. Nous reproduisons ci-contre ces courbes pour les stations qui nous intéressent (fig. 1 et 2) ( $I_m$  est un indice d'humidité).

On voit facilement sur ces courbes que, l'évapotranspiration potentielle est élevée, le drainage et le ruissellement sont nuls, la réserve en eau du sol ne peut se constituer que pendant

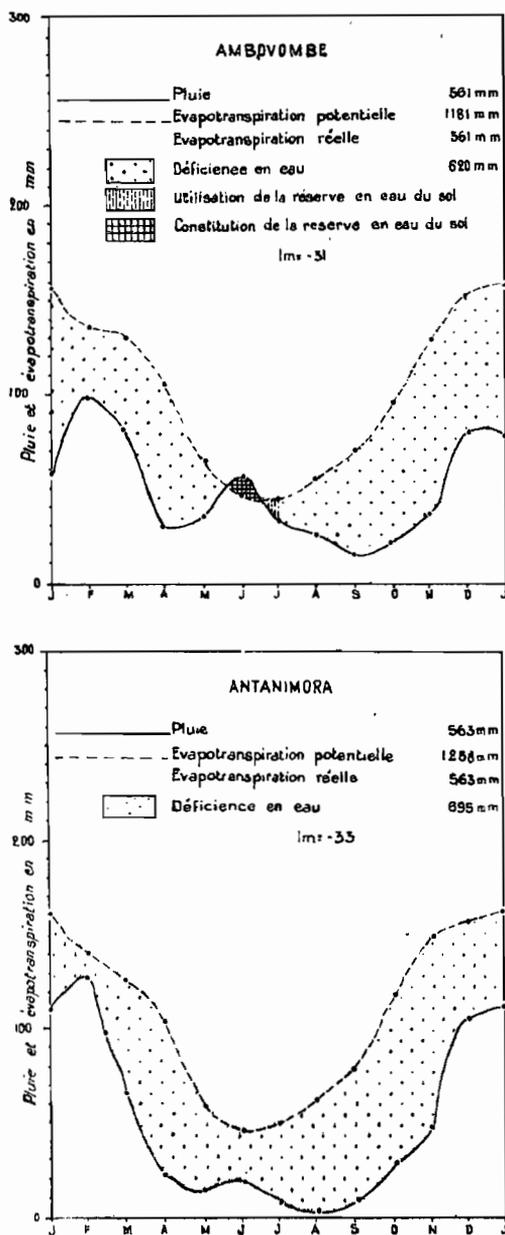


FIG. 1. — Graphiques : pluies et évaporation.

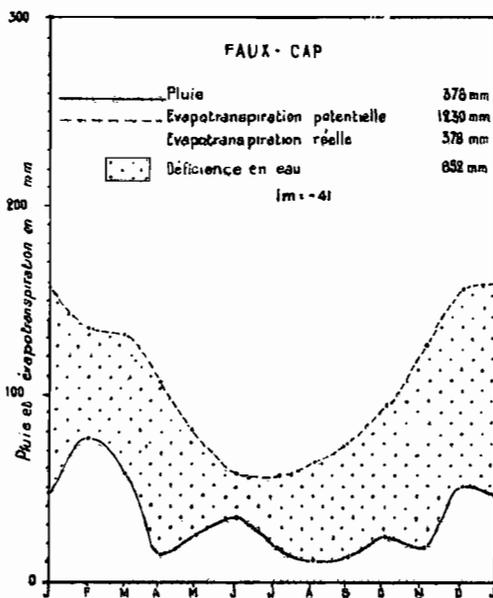
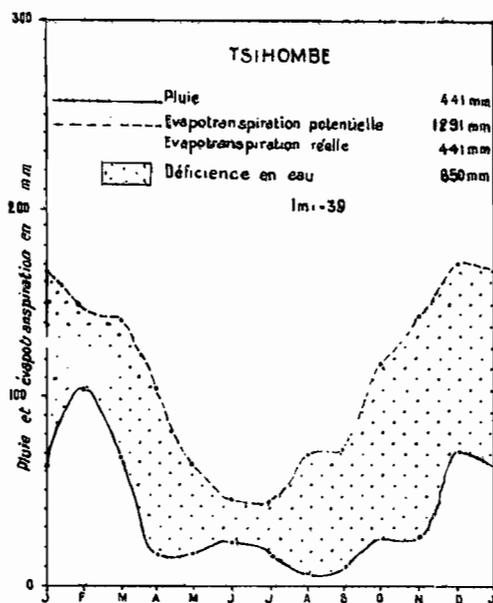


FIG. 2. — Graphiques : pluies et évaporation.

un très court laps de temps ou pas du tout, et la déficience en eau est le plus souvent permanente, tout au long de l'année.

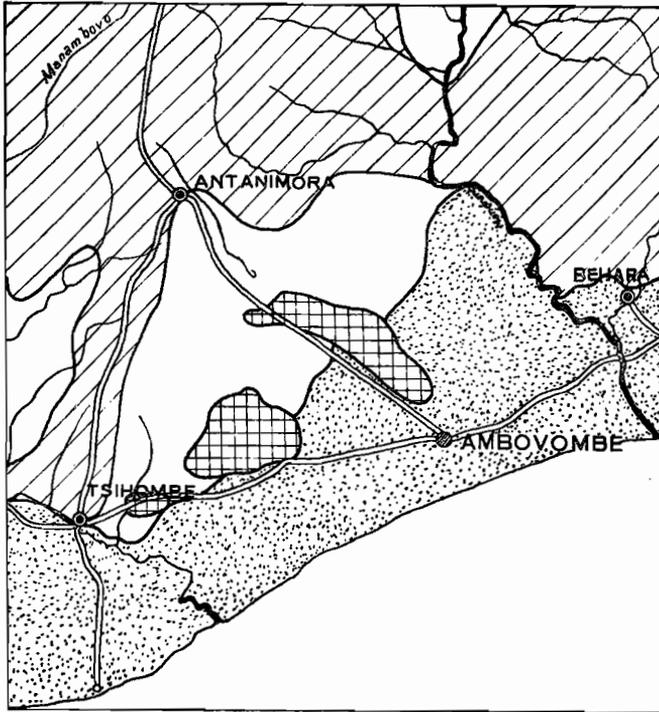
En pratique, comme le souligne J. ARCHAMBAULT [(1), p. 8], si en pays aride l'évapotranspiration potentielle est très élevée, elle ne joue en fait que pendant une durée très limitée et ne trouve pas à s'exercer faute d'imbibition régulière du sol. D'après le même auteur, l'alimentation directe des nappes (par infiltrations *in situ* de l'eau des pluies) n'est pas réalisée si la quantité de pluies est inférieure à environ 400 mm par an, et en pays aride l'épandage, sur terrain perméable, des eaux de ruissellement, est seul susceptible d'alimenter les nappes souterraines.

Du point de vue pédo-climatique, nous croyons pouvoir distinguer trois zones (fig. 3) :

1° *La partie septentrionale de la feuille*, où la pluviométrie est supérieure à 600 mm avec des sols peu épais à tendance squelettique. Dans cette zone le ruissellement est évidemment important à cause de la pente (terrains métamorphiques et volcaniques), mais le sol peu épais, réussit à s'imbiber complètement pendant certaines périodes de l'année, d'où une certaine attaque de la roche-mère (entraînement des bases, individualisation des hydroxydes de fer).

2° *La bordure du socle* (nappes d'épandage), surface imperméable où les eaux de pluie ruissellent s'ajoutant aux eaux de ruissellement en provenance des massifs septentrionaux. Comme nous l'avons constaté nous-mêmes après une pluie violente, les sols de cette surface ne s'imbibent que très superficiellement ; ils évoluent très lentement bien que souvent développés à partir d'un matériau originel allochtone déjà plus ou moins évolué. Le drainage interne du sol et par suite la percolation en profondeur ne se font qu'en certains points privilégiés : couloirs sableux, cuvettes, dépressions fermées (sols à saturation temporaire).

3° *La zone sédimentaire littorale* au sens large, y compris les plateaux situés à l'Est et au Nord d'Ambovombe, est constituée par des terrains perméables où l'infiltration des eaux se fait *in situ* et le ruissellement y est peu important ou nul. Si l'alimentation directe des nappes n'y est pas réalisée (ou seulement occasionnellement lors de cyclones) il semble que les pluies soient suffisantes pour provoquer une imbibition notable des horizons supérieurs du sol. Comme nous l'avons constaté en mars 1956, les sols de la région côtière conservent une certaine humidité à faible profondeur pendant longtemps, même après plusieurs mois de sécheresse consécutifs. Cette zone est d'ailleurs très cultivée par les Antandroy et, lorsque les récoltes grillent sur pied (comme cela s'est produit au début de l'année 1956), c'est plus sous l'action d'un vent



**LEGENDE**

Zone septentrionale  
Ruissellement important  
Imbibition du sol temporaire et totale



Zones principales de concentration  
des eaux de ruissellement  
Érosion en profondeur



Nappes d'épandage  
Ruissellement important  
Imbibition du sol temporaire et superficielle



Zone côtière (Sens large)  
Imbibition du sol temporaire et quasi-totale  
Ruissellement nul ou faible



FIG. 3. — Schéma de répartition des zones pédoclimatiques.

chaud desséchant que par disparition complète des réserves en eau du sol. Dans ces conditions une évolution pédologique peut avoir lieu, au moins lentement.

Notons cependant que l'ensemble de la région considérée a seulement des tendances subdésertiques et que les conclusions auxquelles nous faisons allusion précédemment ne lui sont pas entièrement applicables.

De nombreux auteurs s'intéressant au climat de l'Androy, ont signalé l'abondance des condensations atmosphériques dans cette région tout particulièrement dans la zone littorale (cf. en particulier R. DECARY [(10), T. I, p. 123] et MOUREAUX (19)] et le tableau des femmes Antandroy récoltant les gouttelettes de rosée comme eau de boisson est devenu classique (quoique fort rare).

J. ARCHAMBAULT considère que ces condensations ont une action rigoureusement négligeable sur l'alimentation des nappes. On peut être d'accord avec la plupart des auteurs pour reconnaître qu'elles ont très probablement une importance biologique et jouent un rôle dans l'alimentation en eau des végétaux. Mais, la consommation en eau des plantes des pays secs est en général peu élevée et en ce qui concerne les plantes de culture (maïs, manioc, patate, etc...) il n'existe pas à notre connaissance de résultats expérimentaux permettant de trancher la question.

On peut se demander également si ces condensations ont un rôle dans l'évolution pédologique. En liaison avec l'amplitude diurne des températures, elles ont certainement une action sur la désagrégation mécanique des roches métamorphiques qui sont en général à grain grossier. Sur les matériaux calcaires, on peut penser que ces mêmes condensations jouent un rôle dans les phénomènes de dissolution superficiels, contribuant à la formation de minces croûtes zonaires.

### LES ROCHES-MÈRES

J. ARCHAMBAULT a donné de la région un aperçu géologique qui constitue une synthèse des travaux antérieurs et éclaire en même temps d'un jour nouveau certains problèmes posés depuis longtemps [(1), p. 11]. Nous résumerons ici l'essentiel de ses conclusions.

Le socle ancien qui constitue le Nord de la carte, a été recouvert vers le Sud de sédiments en quasi-totalité d'origine continentale. L'éocène marin que l'on trouve en allant vers l'Ouest, n'affleure pas ici. On peut distinguer comme principales unités stratigraphiques : le substratum précambrien, le massif volcanique de l'Androy, le néogène continental, le quaternaire continental, les formations superficielles.

Le socle précambrien, raboté par l'érosion, forme un glacis

en pente douce s'ennoyant sous les terrains sédimentaires. Il est constitué en grande partie par des roches gneissiques et se caractérise par une richesse exceptionnelle en formations basiques (calcaires métamorphiques, gabbros, paragneiss calciques et magnésiens, roches vertes diverses : pyroxénites et amphibolites). Ces dernières donnent par altération la « carapace calcaire » sur laquelle nous reviendrons. Elles expliquent la minéralisation élevée des eaux qui y circulent et la richesse en calcaire des séries continentales.

Le massif volcanique de l'Androy est rattaché par H. BE-SAIRE au Sénonien (7). Il comprend à la base une épaisse série basaltique surmontée d'une série supérieure rhyolitique. Aucun appareil éruptif n'est visible. Ces roches sont en général résistantes à l'altération surtout sous ce climat. Les affleurements en « dykes » sont fréquents.

Le Néogène continental est visible sur la rive gauche du Mandrare et en de nombreux points du plateau d'Ambovombe (nous avons noté de nombreux affleurements non signalés jusqu'ici, en particulier sur la rive droite du Mandrare). Il se caractérise par l'hétérogénéité des dépôts (argiles, sables argileux, grès siliceux, grès calcaires, grès ferrugineux, conglomérats à ciment calcaire ou ferrugineux). Il constitue par conséquent lorsqu'il affleure un matériau originel souvent complexe dont certains aspects ont pu être à tort considérés comme des formations pédologiques récentes (croûtes calcaires ou ferrugineuses).

Le Quaternaire continental forme en gros le substratum de la zone côtière. Il est essentiellement constitué par des sables siliceux cimentés par une proportion notable de calcaire (grès calcaires ou calcaires gréseux). A des niveaux divers affleurent des bancs de calcaires fins, blancs, compacts (calcaires à « Ranovato »).

Les géologues distinguent habituellement dans les formations superficielles : les sables roux, les sables blancs, les alluvions et les dunes. Ce sont là des appellations commodes mais non satisfaisantes du point de vue pédologique, même si ces formations, ne correspondent pas toujours du fait de leur épaisseur ou de leur étendue, voire même de leur aspect morphologique, à l'idée qu'on se fait habituellement d'un sol.

Dès le début de nos projections dans le Sud, il nous a paru intéressant de chercher à préciser l'origine du matériau originel de ces formations. Une étude sur la granulométrie et la morphoscopie des formations dites « sables roux », sables blancs, quaternaire continental, dunes, est actuellement en cours.

L'influence de la topographie dans la répartition et l'évolution des sols sera étudiée au chapitre III avec les processus de morphogenèse et de pédogenèse.

## LA VÉGÉTATION

### a) LE COUVERT NATUREL

En parlant de la flore de l'Androy, DEFOORT posait la question suivante [(12), p. 150] : « Puisque toutes ces plantes vivent, de quoi vivent-elles ? ». Cette flore en effet présente une adaptation xérophytique marquée ; cependant, il est rare que l'enracinement soit important et profond et les sols squelettiques peuvent supporter un couvert naturel très dense. Cette flore xérophytique fait d'ailleurs place à une savane arborée dans le Nord de la zone cartographiée. Cette savane à *Hypparhenia* est très dégradée et soumise aux feux de brousse.

Dans la végétation xérophytique de l'Androy on peut distinguer avec R. DECARY (10) : le bush xérophytique à euphorbes arborescentes des terrains calcaires, la forêt sèche à *Alluandia* et *Adamsonia* sur les terrains cristallins et les formations sableuses superficielles, la forêt d'alluvions à types tropophytes (*Tamarindus* et *Dalbergia*), la végétation des dunes (sens large) à mimosées et euphorbes épineuses.

Exceptée la forêt sur alluvions, ces types de végétation fournissent au sol peu de matière organique et constituent une médiocre protection contre l'érosion, surtout sur les formations calcaires.

Les anciens sols cultivés sont le plus souvent recouverts d'une prairie à *Cynodon*, quand l'érosion éolienne n'est pas trop active.

### b) LES CULTURES

Les autochtones cultivent surtout de petites terrasses alluviales le long du Manambovo et du Mandrare, et la zone côtière. Les principales cultures vivrières sont le maïs, le sorgho, le manioc, un peu d'arachide de bouche, l'antaque (*Dolichos lablab*). Le ricin est en diminution. A signaler quelques rizières au Sud de Behara, le long de la Mananara, et sur la route d'Imanombo au Nord d'Antanimora.

La culture industrielle du sisal est pratiquée par les Européens dans la Basse Vallée du Mandrare et les superficies plantées atteignent plus de 10.000 ha fin 1955.

## L'HOMME

Si l'action de l'homme sur la végétation (défrichements, feux de brousse, élevage extensif) est importante, il modifie cependant peu l'évolution générale du sol. Il favorise surtout l'érosion en nappe ou éolienne et s'oppose ainsi au développement d'un horizon humifère de surface bien marqué. Cepen-

dant étant donné le peu de matière organique fournie au sol par cette végétation, exception faite pour la forêt d'alluvions, et l'importance prépondérante des précipitations sur le facteur sol pour la culture, il semble qu'il ne faille pas exagérer son rôle dévastateur. Dans la zone dunaire en particulier, qui est la plus cultivée, l'autochtone pratique souvent une jachère périodique (prairie à *Cynodon*) qui apporte un peu de matière organique à l'horizon de culture. Le système des feux de brousse sur la zone à savane septentrionale est évidemment criticable, car la sécheresse y est encore plus longue que sur les hauts plateaux et les pluies plus brutales.

L'action de l'homme est certainement plus sensible dans la zone de culture européenne, c'est-à-dire la Basse Vallée du Mandrare. Un défrichement massif, des méthodes de culture intensive, amènent des perturbations dans le milieu naturel avec des conséquences plus ou moins immédiates, favorables ou non, mais qu'il est bon de prévoir (cf. à ce sujet l'Étude des séries pédologiques de la Basse Vallée du Mandrare) (15).

## MORPHOGENÈSE ET PÉDOGENÈSE

### LA MORPHOLOGIE

Le socle métamorphique de la partie septentrionale de la carte a été fortement aplani. Sur cette surface ne subsistent que quelques « inselbergen » ou amas rocheux constitués par des gneiss très quartzitiques ou des filons de granit. Le massif volcanique de l'Androy a été également très érodé et est dominé par quelques pitons ou tables rhyolitiques.

L'axe des plissements du massif ancien, bien visible jusque dans la région de Tsihombe, est en général SSW-NNE et conditionne l'orientation de la plus grande partie du réseau hydrographique. Le bas-cours du Manambovo fait exception : dans la région de Tsihombe, cette rivière coule selon une direction NW-SE perpendiculaire à l'axe des plis. Cette direction est sans doute postérieure aux recouvrements sédimentaires tertiaires et quaternaires que la rivière recoupe par une vallée profonde à l'image du Mandrare.

Les grands axes de drainage et les bordures du massif ancien sont constitués par des plaines de remblaiement ou nappes d'épandage sableuses (cf. schéma des zones pédo-climatiques) qui prolongent les glacis rocheux des reliefs résiduels. A l'exemple des deux cours d'eau principaux, les affluents du Haut-Manambovo et du Haut-Mandrare ont surcreusé profondément leur lit dans ces nappes d'épandages. La partie centrale de la feuille possède un drainage de type endoréique. Les eaux de ruissellement, à cours bien indivi-

dualisés en bordure du massif ancien, convergent ensuite d'une manière diffuse vers la dépression fermée d'Ampamolora-Ambvombe d'une part, les cuvettes de sables blancs de la région d'Ambondro et les petites dépressions d'Imongy et d'Ihody d'autre part. Nous considérons la dépression d'Ampamolora comme une surface néogène épargnée par les recouvrements quaternaires (16)\*. Quant aux cuvettes de sables blancs, l'hypothèse d'ARCHAMBAULT, à savoir des effondrements dus à la dissolution de couches calcaires profondes, paraît la plus satisfaisante pour expliquer leur origine.

Les sables roux sur quaternaire continental présentent une surface mollement ondulée où il est difficile, dans l'état actuel des recherches, de reconnaître les indices d'anciennes dunes. Il nous est difficile de dire si ce quaternaire est essentiellement d'origine éolienne, et si une morphologie dunaire ancienne a disparu à la suite de la décalcification et de la rubéfaction de ce matériau calcaire, ces phénomènes s'étant peut-être produits sous un climat à précipitations plus importantes et plus régulières que dans le climat actuel. Cette surface rubéfiée du quaternaire continental semble se prolonger vers le Sud sous les sables dunaires : en effet dans les dunes anciennes, on observe fréquemment dans le fond des cuvettes interdunaires, des surfaces de sables roux totalement dépourvus de calcaires sur lesquelles le sable beige calcaire vient en recouvrement. Il est curieux de constater que dans les plateaux de sables roux sur quaternaire continental et la région d'Ambondro les mares et dépressions à sables jaunes ou sables blancs sont fréquemment plus ou moins alignées selon une direction ESE-WNW qui est précisément celle des alignements dunaires de la zone côtière et des vents dominants. Sur la rive gauche du Bas-Manambovo et la rive droite du Bas-Mandrare, les affleurements de quaternaire continental (grès calcaires) sont fortement ravinés et présentent quelques vallées sèches.

La morphologie dunaire est surtout bien visible dans la bande de sables plus ou moins rubéfiés à l'Ouest d'Ambvombe : il s'agit de petites dunes paraboliques fixées dont le revers Nord-Ouest apparaît en plus clair sur la photo aérienne. Cette morphologie est moins apparente à l'Est d'Ambvombe et disparaît plus ou moins dans les dunes anciennes calcaires où la topographie est plus confuse à cause d'affleurements de grès et croûtes calcaires. Dans cette zone on observe parfois des dunes en traînées selon une direction ESE-WNW. Cet aspect se généralise dans les dunes actuelles de la zone littorale.

---

(\*) Cette surface serait contemporaine des affleurements néogènes de la rive gauche du Bas Mandrare (pseudo-terrasse au SE d'Amboasary).

### LES PROCESSUS D'ÉROSION

Étant donné le caractère de sécheresse accentué du climat, les phénomènes de désagrégation mécanique l'emportent sur les phénomènes d'altération chimique sur les reliefs de la zone septentrionale et la texture des produits d'érosion est à prédominance sableuse. Le dépôt d'alluvions fines ne se fait que dans les bas cours du Mandrare et du Manambovo où d'ailleurs les alluvions sableuses sont encore dominantes.

Les hauts cours et les affluents secondaires alluvionnent peu et, comme nous l'avons dit, sont plutôt dans une phase de creusement.

Par contre, dans toute la zone métamorphique et volcanique d'une part, les nappes d'épandage de la zone centrale d'autre part, le ruissellement en nappe est important, favorisé par la discontinuité du couvert végétal et les faibles teneurs en matière organique des horizons de surface. Ce ruissellement est plus faible et plus concentré dans les sables roux sur quaternaire continental, pratiquement nul dans la zone dunaire.

C'est dans cette dernière zone que l'action éolienne se fait surtout sentir à la fois sur la végétation (port vexillaire des tamariniers) et sur les sols (remaniements superficiels).

### LES PROCESSUS ÉVOLUTIFS

#### 1<sup>o</sup> LE PHÉNOMÈNE DE RUBÉFACTION

La rubéfaction, phénomène le plus évident, atteint une intensité variable sur le terrain : la teinte du sol peut varier du jaune beige clair au rouge foncé vif avec de nombreuses nuances intermédiaires. Sont causes de ces variations : la plus ou moins grande proportion d'éléments fins, la quantité de fer individualisé et le mode de dépôt des oxydes et hydroxydes de fer à la surface des grains de quartz (pellicule uniforme transparente ou dépôts d'anfractuosités). La rubéfaction varie également selon la nature du matériau originel et paraît plus intense lorsque ce matériau est calcaire (en particulier sur grès du quaternaire continental). Elle varie également selon la topographie et le drainage, les sols jaunes ou les sols lessivés en fer se trouvant dans les pentes, les cuvettes ou les couloirs de ruissellement.

Lorsqu'elle a été seule en jeu, l'individualisation du fer a pu avoir lieu ou commencer avant le dépôt du matériau originel : c'est vraisemblablement le cas pour les sables roux de la bordure du socle ancien, dont les matériaux proviennent en grande partie de l'érosion de sols ferrugineux tropicaux en place, à tendance squelettique. Elle a pu être empêchée ou disparaître à la suite de phénomènes d'hydromorphie ; c'est le cas pour les sables blancs de cuvette, tels qu'on en

trouve dans la région d'Ambondro, et dont la granulométrie est analogue à celle des formations rubéfiées environnantes.

## 2° LE PHÉNOMÈNE DE DÉCALCIFICATION ET LA QUESTION DES CROUTES CALCAIRES

L'individualisation du fer peut dans certains cas avoir été précédée par un phénomène de décalcification ou s'être faite parallèlement à celui-ci par l'intermédiaire de complexes ferri ou ferro-siliciques. Cependant il semble que ces deux processus ne soient pas obligatoirement liés ni dans l'espace ni dans le temps.

S'il y a eu décalcification, on devra donc trouver dans les cas les plus favorables, à la base des horizons rubéfiés, le résultat du lessivage du calcaire : horizon enrichi en calcaire, concrétions, croûte. Le seul fait qu'un sable roux repose sur un matériau calcaire n'implique pas obligatoirement qu'il s'agit du matériau originel de ce sable roux. Comme nous le verrons, les cas d'horizons enrichis en calcaire ou de concrétions ont été rarement observés dans la zone cartographiée, mais cela tient avant tout à la difficulté à observer des profils profonds. Par ailleurs, il est certain que dans les régions d'Ambovombé et de Tsihombé (zone dunaire et plateau du quaternaire continental) des formations sableuses plus ou moins rubéfiées reposent fréquemment sur une croûte calcaire. Celle-ci affleure en maints endroits. Étant donné la faible étendue et la discontinuité des affleurements, les altitudes variées auxquelles on les trouve, leur position fréquente subhorizontale recoupant la topographie, à la suite de J. RQUIER (27) et de J. ARCHAMBAULT (1), nous émettrons des doutes sur l'origine pédologique récente de cette croûte. Dans la basse Menarandra, MOUREAUX, RQUIER et SÉGALEN (20) ont envisagé le cas d'un recouvrement éolien d'une croûte fossile en cours de dislocation, la rubéfaction du matériel sableux étant postérieure au dépôt. L'hypothèse d'une formation lacustre en cuvettes au sein d'une morphologie dunaire aujourd'hui plus ou moins disparue peut être également retenue.

Cependant une autre hypothèse nous paraît être applicable dans un grand nombre de cas et conciliable avec les phénomènes décrits précédemment. La croûte apparente en affleurement proviendrait de l'altération superficielle d'un banc plus dur, enrichi en calcaire par une nappe phréatique ou un processus de lessivage. Ce type d'altération est bien visible dans les grès calcaires récents de la région côtière et a été décrit par A. LACROIX (17). Le processus consiste essentiellement en une dissolution superficielle par les eaux météoriques et formation d'un mince dépôt qui s'enrichit par évaporation. Cet encroûtement d'un matériau calcaire peut se produire à la suite d'une dénudation du niveau enrichi en calcaire

ou même à une certaine profondeur sous des matériaux sableux perméables. La croûte a alors l'aspect suivant : la partie superficielle est constituée sur quelques centimètres par du calcaire très fin, blanc ou crème et présente une zonation concentrique plus ou moins marquée. La partie sous-jacente est constituée par un grès siliceux à ciment calcaire fortement durci, le durcissement allant en diminuant avec la profondeur.

Il est donc raisonnable de penser que la décalcification de certains sables roux a favorisé dans certains cas la formation d'une croûte par enrichissement en calcaire d'un niveau profond (nous avons observé très nettement ce phénomène sur des profils de dunes anciennes rubéfiées de la région de Tuléar), mais que ce n'est pas là le seul phénomène en jeu, la complexité des facteurs étant souvent la règle.

Au Nord de Behara, on trouve sur de vastes surfaces une croûte calcaire dont l'origine est différente : elle se présente sous la forme d'un matériau fin, blanc, homogène, poreux. Cette formation a été appelée par les géologues « carapace calcaire » à cause de son uniformité et de son étendue. Elle résulte d'un simple processus d'évaporation à la surface de roches altérées riches en calcium, en l'occurrence des roches métamorphiques basiques ou des basaltes. Cette croûte passe souvent à des conglomérats calcaires avec débris de roches plus ou moins altérés ou galets fluviatiles, mais comme l'a déjà signalé J. RIQUIER (27) le principal processus en jeu reste l'évaporation d'eaux riches en calcaire.

### 3° LE PHÉNOMÈNE DE LESSIVAGE

Le plus souvent, il ne paraît pas jouer ni pour l'argile ni pour les composés du fer. Sauf cas exceptionnels, les sols ont des teneurs en sels solubles normales. En ce qui concerne les éléments échangeables, on observe assez souvent des teneurs plus élevées dans l'horizon de surface, mais ce fait n'est pas général et ne suppose pas obligatoirement une remontée des solutions du sol. Il est probable que l'entraînement des éléments vers le haut ou vers le bas se fait peu à cause de la faible quantité des pluies et surtout de leur irrégularité. On peut être amené à se demander dans quelle mesure le climat actuel, tout du moins dans les trois quarts de la carte, est décalcifiant et rubéfiant. Si des climats plus humides ont existé au Quaternaire nous pensons qu'il faut en chercher la preuve en premier lieu dans des témoins pédologiques possibles et cela dans tout l'Extrême-Sud.

### 4° LES PHÉNOMÈNES D'HYDROMORPHIE

Ils sont peu fréquents et peu nets. Parfois il semble que l'on se trouve en présence d'un stade final dans lequel

des phénomènes d'hydromorphie ont peut-être joué mais ne sont plus visibles : c'est le cas de certains sols jaunes, qui ne sont pas moins riches en fer que leurs homologues rubéfiés mais où le fer s'est individualisé sous une forme différente. Très rarement nous avons observé des concrétions ferrugineuses.

Un autre cas est constitué par des sols à engorgement temporaire et cette hydromorphie occasionnelle se manifeste par un certain lessivage de l'argile et du fer (sols gris lessivés), ou par des taches rouilles et formation d'un horizon durci en profondeur (sables blancs). Dans les sols gris le lessivage est d'ailleurs le plus souvent latéral surtout pour le fer, sans marques d'accumulation.

## LES SOLS

### LA CLASSIFICATION

Nous avons cru devoir distinguer dans les sols évolués, les sols à matériau originel en place et les sols à matériau originel allochtone. Disons tout de suite que cette distinction est assez subjective puisqu'elle s'appuie seulement sur des données morphologiques et l'analyse sommaire de la fraction sableuse de quelques échantillons. Cependant nous espérons pour les feuilles voisines la confirmer par des critères plus précis. Mais dès maintenant cette subdivision nous semble utile, car si les processus d'évolution ne diffèrent guère dans les deux cas, ils ne se sont pas forcément produits dans le même temps ou le même ordre. De plus l'origine du matériau influe sur la texture du sol, sa position topographique actuelle, le régime de l'eau dans le sol (cf. zones pédoclimatiques).

Lorsque l'individualisation du fer est le seul phénomène apparent et que le matériau originel n'est pas calcaire, les sols peuvent être classés dans le sous-ordre des sols ferrugineux tropicaux, tel que l'a défini G. AUBERT (2) et où l'individualisation du fer est une caractéristique essentielle. Cependant les autres caractères, à savoir une moindre altération des éléments de la roche-mère et une moins rapide décomposition de la matière organique que dans les sols latéritiques, sont peu évidents à cause de la texture et de la nature des matériaux, et des faibles taux de matière organique provenant d'une végétation particulière.

P. SÉGALEN a décrit dans le Nord-Ouest de Madagascar des sols ferrugineux tropicaux sur calcaire (29) mais qui diffèrent des sols du Sud par une texture beaucoup plus fine. A notre connaissance, on n'a pas trouvé dans les sols ferrugineux du Sud des phénomènes nets de lessivage de l'argile et du fer. Le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y est en général

voisin de 2, parfois inférieur, ce qui est assez surprenant, le matériau originel provenant lui-même vraisemblablement de zones où la latérisation n'a pas lieu, compte tenu des données climatiques.

La décalcification (dans le sens de lessivage du calcaire dans les horizons supérieurs du sol) est fréquente dans le sous-ordre des sols calcimorphes. C'est pour cette raison que certains sols rouges décalcariés ont été classés sols intrazonaux par Cl. MOUREAUX et J. RIQUIER (21), bien que considérés comme très proches du terme zonal sable roux. Des sables roux à concrétions calcaires en profondeur ont été signalés par les mêmes auteurs dans la région de Manja-Mahabo (21). Dans le Bas-Mangoky, P. SÉGALEN et Cl. MOUREAUX (22) considèrent que les matériaux de certains sables roux proviennent de l'altération de roches calcaires avec remaniements ultérieurs. Ici encore il serait intéressant de préciser l'origine et les remaniements possibles du matériau originel. Nous avons observé des enrichissements relatifs en calcaire dans la partie supérieure du matériau originel, ou des concrétions dues au lessivage, dans les dunes anciennes (lac Anony, lac Ihody), et à la base de sols ferrugineux sur quaternaire continental à l'Ouest d'Amboasary. Cependant ce ne sont là que des observations isolées.

Nous avons déjà parlé de la question des croûtes calcaires. D'après G. AUBERT (2) les sols à croûte calcaire ne peuvent être classés dans le sous-ordre calcimorphe, que lorsque leur origine n'est pas due, ou très secondairement seulement, à des phénomènes d'hydromorphie. Par ailleurs comme le souligne le même auteur (3), il semble qu'aucun processus ne soit tout à fait général. Pour ces raisons, et comme nous l'avons signalé, à cause de la difficulté à observer des coupes profondes et étant donnée la manière dont se présentent les affleurements de croûte, nous n'avons pas classé les sols rouges sableux sur grès calcaire dans les sols à croûte calcaire. Nous avons seulement signalé les principaux affleurements de cette croûte en l'opposant à la « carapace calcaire » de la zone métamorphique. Dans le Sud, les sols ferrugineux provenant d'un matériau calcaire ne peuvent être classés dans le sous-ordre calcimorphe car l'élément calcaire n'y joue plus aucun rôle, même en admettant que le matériel rubéfié est toujours en place. On ne trouve dans ces sols aucun phénomène de lessivage net et ici un rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  très nettement inférieur à 2 est souvent la règle. Enfin la teinte est souvent plus vive et plus homogène que dans les types développés à partir de matériaux non calcaires. Les valeurs basses du rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  pourraient servir à justifier l'hypothèse de l'existence d'un climat ancien plus humide que l'actuel.

Les caractères précédents éloignant ces sols du sous-ordre des sols ferrugineux tropicaux, nous avons pensé devoir

indiquer leur origine, intéressante du point de vue génétique et nous en avons fait un groupe particulier, celui des sols de décalcification rubéfiés.

La comparaison entre sols rouges de décalcification du Sud de Madagascar et sols rouges méditerranéens a été faite par Cl. MOUREAUX et P. SÉGALEN dans leur étude des sols du Bas-Mangoky (22), et ces auteurs ont conclu à d'importantes divergences. Dans la région d'Ambovombe également, même si l'on admet que la valeur basse du rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  est le résultat de l'action d'un climat ancien, les différences avec les sols rouges méditerranéens dans les caractères physico-chimiques demeurent importantes.

Il existe des intermédiaires entre les sols de décalcification rubéfiés et les dunes anciennes ; le lessivage du calcaire y est apparent (horizon enrichi ou concrétions) mais ce lessivage est partiel, la surface du sol étant encore calcaire, la rubéfaction des horizons supérieurs a cependant commencé. Si ce type de sol avait occupé des surfaces cartographiables, nous l'aurions classé dans les sols peu évolués et non dans les sols calcimorphes, compte tenu de l'évolution générale des sols de cette région.

Nous avons vu dans les processus évolutifs l'extension réduite des phénomènes d'hydromorphie et c'est avec les restrictions invoquées que nous avons distingué des sols hydromorphes.

Les sols peu ou pas évolués occupent une grande partie de la zone cartographiée. Dans les alluvions fluviales récentes, nous n'avons distingué que deux types : en fait les variations sont beaucoup plus importantes si l'on se place à une plus grande échelle. On se reportera pour leur étude détaillée au travail sur les « Séries pédologiques de la Basse Vallée du Mandrare » (15) accompagnant la carte pédologique au 1/50.000<sup>e</sup> de cette zone. De même pour les colluvions.

La distinction entre dunes anciennes et dunes actuelles est assez grossière, mais dans la zone considérée, l'individualisation de systèmes dunaires, datés relativement, paraît délicate et nécessiterait un travail à plus grande échelle.

Enfin dans certaines zones les notions d'association de sols et de complexe ont dues être utilisées afin d'avoir une représentation cartographique aussi proche que possible de la réalité. On entend par association un groupe de sols différant principalement par leur drainage naturel et associés géographiquement sur un matériau originel relativement uniforme. Nous avons groupé sous le terme de complexe des séries et des types de sols qui, pour des raisons d'échelle n'ont pu être indiqués séparément sur la carte et ont été représentés par une même couleur (la répartition de ces sols n'est pas liée à une loi topographique particulière).

## CLASSIFICATION

## I. — SOLS ÉVOLUÉS A MATÉRIAU ORIGINEL EN PLAGE

- Sols ferrugineux tropicaux* (à tendance squelettique) :
- 1 — Sur séries métamorphiques acides  
 2 — Sur Néogène continental (grès ferrugineux)
- Sols de décalcification rubéfiés* :
- 3 — Sols rouges sableux sur grès calcaires  
 4 — Sols jaunes sableux intermédiaires
- Sols calcimorphes* :
- 5 — Sols rendzinoïdes sur séries métamorphiques calco-alcalines.

## II. — SOLS ÉVOLUÉS A MATÉRIAU ORIGINEL ALLOCHTONE

- A. — Transport fluvial ou ruissellement diffus :
- Sols ferrugineux tropicaux* :
- 6 — Sols rouges  
 7 — Sols jaunes
- Associations
- Sols hydromorphes* :
- 8 — Sols gris lessivés 6-7 et 8  
 9 — Taches ou dépressions salées
- B. — Transport éolien :
- Sols de décalcification rubéfiés* :
- 10 — Sables dunaires décalcifiés et plus ou moins rubéfiés.
- C. — Origine complexe :
- Sols hydromorphes* :
- 11 — Sables blancs 4 et 11

## III. — SOLS PEU OU PAS ÉVOLUÉS

- A. — Néogène continental :
- 12 — Marnes  
 13 — Argiles
- B. — Quaternaire continental :
- 14 — Sables saumons
- C. — Sols d'apport :
- Alluvions fluviales récentes* :
- 15 — Alluvions calcaires  
 16 — Alluvions non calcaires
- Colluvions* :
- 17 — Colluvions sablo-argileuses  
 18 — Colluvions sableuses

D. — Matériaux dunaires :		
19	— Dunes anciennes	
20	— Dunes actuelles	
E. — Sols d'érosion ou squelettiques :		Complexes
21	— Gneiss	21 et 5
22	— Rhyolite	22 et 23
23	— Basalte	14-18-23 et 24
24	— Grès calcaire	17-18 et 24
25	— Carapace calcaire	21 et 25
26	— Affleurements de croûte calcaire	2-21 et 25

*DESCRIPTION ET CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES  
DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS*

I. — SOLS ÉVOLUÉS A MATÉRIAU ORIGINEL EN PLACE

(ayant seulement subi des remaniements superficiels).

A. — **Sols ferrugineux tropicaux**

1° *Sols ferrugineux tropicaux sur roches métamorphiques.*

Ces sols se trouvent surtout dans la partie Nord-Ouest de la carte. Ils se forment aux dépens des matériaux d'altération des gneiss et des leptynites (groupes d'Ampanihy et d'Ampanrandava). Les sols profonds occupent rarement des surfaces importantes et passent fréquemment à des sols squelettiques. Soumis à une érosion en nappe et en ravineaux souvent très forte, ils sont en grande partie à l'origine des matériaux des nappes d'épandage que l'on trouve plus au Sud.

Au Nord d'Antanimora, près de Maintihabo, en zone plane, sous savane arborée peu dense à *Hypparhenia*, le profil est le suivant :

0 à 20 cm : Horizon brunâtre (10YR-5/1) (\*), un peu humifère, sableux fin avec de petits grains de quartz anguleux. La structure est faiblement nuciforme, secondairement particulaire. Les racines de plantes herbacées sont assez abondantes.

---

(\*) Dans la définition des couleurs le groupe de chiffres et lettres correspond au « Munsell Color Chart », couleurs sèches déterminées au laboratoire.

20 à 100 cm : Horizon rouge vif à rouge orangé (7,5 YR-4/4), sablo-graveleux à sablo-argileux, riche en petit quartz clastiques. La structure est faiblement nuciforme, mais l'ensemble demeure friable et a une porosité ordinaire élevée. L'enracinement est faible ou nul.

1 m et plus : Gneiss très quartzique à inclusions ferrugineuses.

Ces sols ont une teneur en sable importante avec toujours 20 à 30 % de sable grossier. L'argile peut varier dans d'assez larges proportions mais est presque toujours en proportion notable. On observe parfois des teneurs en sable plus élevées dans l'horizon de surface : les apports sableux dus au ruissellement, facilement décelables, en sont la cause.

Le pH est neutre dans tout le profil avec parfois une légère tendance à l'acidité en surface. Les teneurs en matière organique dans l'horizon supérieur sont rarement élevées : 1 à 2 % en moyenne. C'est une matière organique mal humifiée à C/N voisin de 15 (minéralisation rapide sans stades humiques intermédiaires).

L'altération de ces sols est peu poussée : le phénomène essentiel est la rubéfaction. La pluviométrie est trop faible et répartie sur un trop court laps de temps pour qu'il y ait entraînement des éléments, en particulier de l'argile. En ce qui concerne les éléments échangeables, il y aurait remontée des solutions : les teneurs toujours appréciables, sont fréquemment plus élevées dans l'horizon de surface, mais ce n'est pas général.

Du fait de la texture, la capacité d'échange demeure faible, et le pourcentage de saturation relativement élevé.

Les réserves minérales sont bonnes. Le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  est nettement supérieur à 2.

Vocation : Du fait d'un couvert végétal dégradé par les feux périodiques, ces sols superficiels sont, comme nous l'avons déjà dit, soumis à une érosion en nappe, et parfois en ravins, intense.

Ils n'ont par conséquent qu'une valeur pastorale médiocre. Le reboisement en est délicat du fait de leur tendance fréquente à la forme squelettique.

## 2° Sols ferrugineux tropicaux sur néogène continental.

Ces sols couvrent quelques surfaces tabulaires sur la rive droite du Mandrare, à l'Est d'Amboasary et au Nord de Behara. Là, le néogène affleure fréquemment et se présente sous l'aspect de conglomérats ou de grès ferrugineux dont l'altération a donné des sols sableux rubéfiés plus ou moins épais, sans qu'intervienne un processus de décalcification. On trouve d'ailleurs des affleurements de grès ferrugineux

en de nombreux autres points de la carte, mais sur une très faible étendue.

Ces sols, de profondeur inégale, ont également des caractères physico-chimiques assez variables d'un point à un autre. Dans un but de simplification, nous avons pensé pouvoir les grouper sous les caractéristiques de la série Fandiova définie dans le Bas-Mandrare (15), caractéristiques que nous rappelons ci-dessous.

A 4 km au Nord de Behara, sur la route de Tranomaro, en zone plane, sous bush à *Alluaudia* assez dense, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 60 cm : L'ensemble du profil est rouge brique à rouge jaune (5 YR-4/8 à 5 YR-5/6). La surface est légèrement durcie. L'ensemble est sableux ; la structure est particulière fine à tendance poudreuse. L'enracinement est moyen dans les 20 premiers cm.
- 60 cm et plus : Grès ferrugineux très dur, rouge foncé (grains de quartz anguleux, de taille variable, réunis par un ciment d'oxydes de fer).

Il n'est pas rare de trouver sur les surfaces couvertes par ces sols des affleurements de croûtes ou conglomérats calcaires, de grès calcareo-ferrugineux et de croûtes siliceuses également néogènes. Nous avons donc là un matériau originel très complexe, mais les grès ferrugineux dominent de beaucoup.

Ces sols peuvent prétendre à l'appellation de « sables roux » au même titre que les sols de décalcification rubéfiés. En fait, ils s'en distinguent, en dehors de leur origine, par plusieurs caractères.

Leur pH est également neutre ou à tendance alcaline en profondeur. Mais ils contiennent des proportions notablement plus élevées d'éléments fins (20 à 30 %), et moins de sable grossier, ce qui leur confère une texture plus fine et une apparence poudreuse.

L'hétérogénéité des profils se marque fréquemment par une tendance à la phase caillouteuse.

Leur richesse en matière organique peut atteindre 2 % sous couvert naturel non dégradé.

Ces sols sont bien pourvus en CaO et en MgO échangeables, pauvres en K<sub>2</sub>O, avec une capacité d'échange faible. Ils ont de bonnes réserves minérales.

Une partie de ces sols est plantée en sisal, mais ils demeurent souvent hétérogènes : en topographie souvent irrégulière, ils sont facilement dispersables et sensibles à l'érosion, surtout quand le grès est à faible profondeur.

Le rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est en général nettement supérieur à 2.

### B. — Sols de décalcification rubéfiés

On peut distinguer dans ce groupe deux types : les sols rouges formés sur grès calcaires quaternaires d'une part, les sols jaunes intermédiaires d'autre part. La rubéfaction est beaucoup plus poussée et généralisée dans le premier type que dans le second. Dans l'un et l'autre, on constate une homogénéité texturale remarquable du fait de l'origine très probablement éolienne du matériau originel.

#### 1° Sols rouges sableux sur grès calcaires.

Ces sols couvrent des surfaces importantes au Sud de Tsihombe d'une part, à l'Est et à l'Ouest d'Ambovombe d'autre part. Les zones qu'ils couvrent, présentent une morphologie plane ou faiblement ondulée. La végétation naturelle est un bush xérophytique à *Alluaudia* plus ou moins dégradé. Les cultures autochtones y sont nombreuses mais épisodiques. Dans ce dernier cas il se produit un remaniement de surface appréciable sous l'action du vent.

La roche-mère est constituée par des grès calcaires friables où le calcaire est habituellement en faible proportion par rapport au sable siliceux (15 à 20 %). Ce sable est à répartition dimensionnelle étroite, très bien trié (médiane comprise entre 0,2 et 0,3 mm). Même lorsque la partie supérieure du matériau originel n'est pas transformée en croûte la transition avec le sol rubéfié est brutale. La profondeur de sable rubéfié dépasse en général 1,50 m à 2 m.

Sur la route d'Amboasary, près du camp T.P. n° 14, on peut observer la coupe suivante :

- 0 à 25 cm : Horizon rouge brunâtre à rouge foncé vif (5 YR-4/4), peu humifère, sableux grossier, peu cohérent, à structure particulière. Enracinement moyen, porosité élevée.
- 0 m 25 à 1 m 20 : Horizon rouge vif à rouge orangé (5 YR-5/6) homogène, sableux, particulière, sans cohésion à l'état sec.
- 1 m 20 à plus : Grès calcaire friable, blanc, très riche en sable siliceux. La partie supérieure de ce matériau est un peu plus compacte, légèrement durcie.

L'examen au binoculaire de la fraction sableuse montre que chaque grain de quartz est recouvert d'une fine pellicule rouille en général transparente (comme le montre l'analyse du fer libre, le fer est contenu au moins pour 30 % dans la fraction granulométrique de dimensions inférieures à 50  $\mu$ ).

Le pH de ces sols est neutre ou à tendance alcaline surtout en profondeur.

La texture est en général très grossière (70 à 80 % de sables). Le taux d'argile voisine en moyenne 7 à 10 % ; il

peut descendre jusqu'à 5 % et atteint très exceptionnellement 15 %. Le limon y est en quantités un peu plus faibles que l'argile.

Il n'est donc pas étonnant que ces sols aient une capacité de rétention pour l'eau extrêmement faible, et se comportent en général comme un milieu très perméable (le ruissellement en surface y est peu important et lorsqu'il existe est concentré et de courte durée).

La teneur en matière organique dans l'horizon de surface dépasse rarement 1 % sous végétation naturelle et atteint des valeurs très basses dans les anciennes zones cultivées. Le complexe absorbant est en général convenablement, sinon bien pourvu en chaux et en magnésie, mais pauvre en potasse. La capacité d'échange extrêmement basse est une conséquence de la texture et de la pauvreté en matière organique de ces sols.

Leurs réserves minérales sont en général médiocres sauf en chaux et en acide phosphorique. Le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  est très souvent inférieur à 2.

Vocation : Sous couvert naturel, lorsque celui-ci n'est pas trop dégradé, ces sols sont stables et gardent longtemps après les pluies un faible taux d'humidité malgré leur grande perméabilité.

On ne peut envisager leur mise en culture qu'au cours des années humides, car les possibilités d'irrigation sont nulles actuellement.

L'emploi de brise-vents est indispensable.

### 2° Sols jaunes sableux intermédiaires.

Ces sols représentent un stade de rubéfaction moins avancé que le type précédent. Ils forment transition entre les sols rouges sableux sur grès calcaires et les sols de dépression ou de cuvettes, formant souvent un mince liseré non cartographiable. Les surfaces les plus importantes se trouvent sur le plateau au Sud de Tsihombe, au Nord d'Ambondro, et sur les bordures de la dépression d'Ampamolora.

Sur l'ancienne route d'Ambovombe à Antanimora, au SW d'Ampamolora, on peut observer le profil suivant, en pente très faible, sous végétation arbustive très clairsemée :

- 0 à 25 cm : Horizon brun jaunâtre (10 YR-6/1), très peu humifère, à enracinement faible. Sableux grossier, à structure particulière, sans cohésion.
- 25 à 90 cm : Horizon jaunâtre (10 YR-6/2), sableux grossier, particulière, sans cohésion.
- 90 cm et plus : Croûte calcaire.

On peut, comme l'a fait J. RIQUIER (27), attribuer cette couleur jaune à une nappe phréatique moins profonde du fait de la situation topographique de ces sols, à un micro-

climat plus humide. La végétation naturelle est très dégradée et il est difficile d'y trouver des différences significatives avec les sols voisins. Cependant nous n'avons jamais observé de phénomènes nets d'hydromorphie. En certains endroits, ces sols sont très recherchés pour la culture par les autochtones qui les appellent « tany may ».

Ces sols ont les mêmes caractéristiques physico-chimiques que les sols rouges, plutôt plus sableux. Ils sont cependant également riches en fer et ont aussi un rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  souvent très inférieur à 2.

### C. — Sols calcimorphes

#### *Sols rendzinoïdes sur roches métamorphiques calco-alkalines.*

Ces sols se trouvent dans toute la zone métamorphique Nord-Ouest de la carte et correspondent à l'altération de « roches vertes » (essentiellement amphibolites et pyroxénites) qui affleurent en lits ou en pointements de surface restreinte. Contrairement à ce qu'on observe dans la partie Nord-Est de la carte, la carapace calcaire est ici très rare et il se développe sur ces affleurements basiques des sols calcaires humifères à allure de rendzines sèches. Ces sols sont particulièrement fréquents au Nord de Tsihombe où ils forment un complexe avec des sols squelettiques sur gneiss. Dans cette même zone nous pouvons dire que ces roches basiques altérées formant un matériau tendre, leurs filons sont préférentiellement empruntés par le réseau hydrographique. Il n'est pas de lit de rivière à sec qui n'en comporte quelques affleurements. Parfois ces matériaux calcaires remaniés constituent de petits dépôts alluviaux au sein des alluvions rubéfiées.

A 2 km à l'Est de Tsihombe, sous bush à Euphorbes, en pente faible, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 25 cm : Horizon brunâtre à brun jaunâtre (7,5 YR-4/2), moyennement humifère, à structure grumeleuse, sablo-limoneux, avec quelques graviers calcaires. Porosité élevée, enracinement important.
- 25 à 35 cm : Horizon intermédiaire, brun jaunâtre (10 YR-5/4), encore un peu humifère, à structure nuciforme secondairement particulière. Sablo-limoneux à sablo-argileux, légèrement effervescent. Encore poreux, enracinement important, rares graviers calcaires.
- 35 cm et plus : Horizon beige (10 YR-6/4), peu structuré, sablo-argileux légèrement durci, très calcaire. La proportion des graviers calcaires augmente avec la profondeur. Vers 80 cm pyroxénite altérée.

Ces sols humifères en surface ont tendance à devenir compacts et imperméables en saison des pluies. Ils sont riches en éléments échangeables et en éléments totaux. Leur maté-

riau originel a des teneurs particulièrement élevées en sels solubles et en sodium échangeable. Pour cette raison, ces sols pourraient être classés dans les sols à alcalis. Ces caractères les rapprochent beaucoup de la série C.A.I.M. définie dans le Bas-Mandrare et dans une certaine mesure des marnes de la dépression d'Ampamolora.

Le phénomène d'altération des pyroxénites est bien visible dans les anciens trous d'exploitation de mica et les tas de stériles assez anciens. En place on peut voir les veines quartzitiques intactes et les veines calciques complètement altérées lorsque le pendage est oblique par rapport à la surface du sol.

Ce type de sol a surtout ici un intérêt documentaire par sa genèse et son mode de répartition.

## II. — SOLS ÉVOLUÉS À MATÉRIAU ORIGINEL ALLOCHTONE

### A. — TRANSPORT FLUVIATILE OU RUISSELLEMENT DIFFUS

#### **Sols ferrugineux tropicaux**

##### *1° Les sols rouges.*

Ces sols occupent de très vastes étendues au voisinage des massifs anciens. Ils dominent presque exclusivement au Sud-Ouest de Jafaro et à l'Est de Tsihombe. Ils occupent également des surfaces étroites mais non négligeables le long des principaux cours d'eau de la zone des sols ferrugineux tropicaux sur roches métamorphiques, ainsi que quelques zones dispersées (Marosoritsa, Vohitsova, Ranomainty). Enfin en association avec des sols ferrugineux jaunes et des sols gris lessivés, ils constituent une grande partie de la plaine d'épandage qui part d'Antanimora et étend ses ramifications vers le Sud-Est, ainsi que le couloir d'érosion de Fenoarivo.

Ces sols par l'importance de leur fraction sableuse, leur couleur, l'épaisseur du matériel rubéfié ont droit également à l'appellation de « sables roux ». Ils pourraient d'ailleurs aussi bien s'appeler carapace sableuse puisqu'ils se développent à partir de matériaux de recouvrement (nappes d'épandage). Cette origine leur confère un certain nombre de caractères communs qui permettent de les différencier des autres formations dites « sables roux » et développées sur quaternaire continental.

A l'Est de Ranomainty, sur la rive gauche du Mandrare, en zone plane, à bush très clairsemé, le sol étant nu et couvert d'un mince dépôt de sable grossier de ruissellement, avec de nombreuses termitières, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 20 cm : Horizon rouge brunâtre (7,5 YR-5/2), très peu humifère, à enracinement faible. Sableux, à sablo-limoneux, légèrement nuciforme, peu cohérent, à tendance particulière.
- 20 à 50 cm : Horizon rouge foncé à rouge orangé vif (5 YR-4/4), sablo-argileux. Légèrement cohérent à l'état humide, particulière à l'état sec.
- 50 à 70 cm : Horizon analogue au précédent, mais avec un squelette quartzique plus important, à tendance sablo-graveleuse (grains de quartz irréguliers et anguleux).
- 70 cm et plus : Roche dure, conglomérat calcaréo-ferrugineux avec galets de roches volcaniques pris dans la masse.

Fréquemment le sol est beaucoup plus profond, en particulier lorsqu'il s'agit de dépôts fluviatiles, dont on peut observer des coupes profondes dans le lit, généralement encaissé, des rivières principales comme l'Antanimora, l'Ilanany, le Haut-Manambovo, le Haut-Ikonda.

La végétation qui recouvre ces sols (Bush à *Alluaudia*) est en général plus dégradée que celle recouvrant les sols rouges sableux de décalcification, à cause de l'importance du ruissellement en nappe et d'un tassement important des horizons de surface.

Le pH de ces sols voisine en général la neutralité. Bien rubéfiés, avec des teneurs en fer aussi élevées que dans les sols de décalcification, ils se distinguent de ces derniers, mise à part l'origine du matériau originel, par une proportion d'éléments fins notable, quoique certains types soient également très sableux. En moyenne les horizons profonds contiennent 30 % d'éléments fins. Cette teneur en éléments fins semble d'ailleurs augmenter du Sud vers le Nord à mesure qu'on se rapproche de la zone métamorphique. Leur capacité de rétention pour l'eau est moyenne mais ils sont relativement imperméables. Des teneurs plus élevées en argile dans les horizons profonds ne sont pas dues au lessivage mais à des apports superficiels de sable ruisselé. Ils sont la plupart du temps pauvres en matière organique (taux inférieurs à 1 %). Ils sont assez bien pourvus en CaO et MgO échangeables, pauvres en K<sub>2</sub>O. Leurs réserves minérales sont le plus souvent médiocres.

Enfin le rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est souvent voisin de 2 mais parfois inférieur comme dans les sols de décalcification. Les variations de ce rapport sont gênantes pour classer ces sols dans le groupe des sols ferrugineux tropicaux dont ils ont cependant d'autres caractères.

## 2° Les sols jaunes.

Mise à part une surface assez importante où ils prédominent entre Ambondro et Tsihombe, ces sols sont le plus souvent en association avec le type précédent. Dans presque tous les

cas ils correspondent vraisemblablement à des couloirs ou surfaces de ruissellement diffus.

Bien que l'individualisation des composés du fer s'y soit faite sous une forme différente, les teneurs en cet élément semblent aussi élevées que dans les sols rouges. De même que pour ces derniers, la teneur en éléments fins augmente du Sud vers le Nord et peut atteindre jusqu'à 40 %.

Les caractères d'hydromorphie sont cependant extrêmement faibles et la saturation temporaire de certains de ces sols se marquerait par une légère tendance à l'acidité du pH qui normalement est plutôt alcalin et par un certain durcissement des horizons profonds. Des concrétions ont été observées dans deux cas seulement.

A 6 km au Sud-Est d'Antanimora, en zone plane, sous bush dégradé et prairie clairsemée, on observe le profil suivant :

en surface : Sable grossier de ruissellement un peu rubéfié.

0 à 10 cm : Horizon jaune brunâtre (10 YR-5/3), sableux particulaire avec peu de racines, friable et peu agrégé.

10 cm et plus : Horizon jaunâtre (10 YR-5/6), sableux avec quelques agrégats nuciformes, secondairement particulière. A partir de 30 cm l'ensemble devient plus durci, sablo-argileux.

A 3 km à l'Est d'Antanimora, en pente très faible, sous prairie claire arborée et non loin d'une mare à sec, on observe le profil suivant :

0 à 20 cm : Horizon brun jaunâtre (10 YR-5/3), sablo-limoneux, structure faiblement grumeleuse, à tendance particulière. Enracinement moyen, assez friable.

20 à 40 cm : Horizon jaunâtre (7,5 YR-5/4), sablo-argileux, à structure massive, assez durci, avec des petites concrétions noires ferrugineuses peu abondantes.

Le taux de matière organique dépasse rarement 1 % dans l'horizon de surface et ces sols ont à peu près les mêmes caractères chimiques que les sols rouges.

### **Sols hydromorphes**

#### *Les sols gris de ruissellement.*

Ces sols constituent, aux abords des massifs rhyolitiques de l'Angavo et du Vohipotsy et en association avec les deux types précédents, des zones soumises à un ruissellement épisodique mais très important. Ces zones sont fréquemment marquées par des ravinements ou des concentrations de mares et sont saturées d'eau lors de chaque pluie importante. Contrairement aux types précédents l'ensemble du profil est décoloré, appauvri en fer. Ces sols sont souvent peu

profonds et reposent fréquemment sur les grès ferrugineux du Néogène continental.

Au Sud-Ouest de l'Angavo, en pente faible, sous bush très dégradé, on observe le profil suivant :

- 0 à 10 cm : Horizon grisâtre clair (10 YR-6/2), légèrement humifère, sableux à tendance particulière.
- 10 cm et plus : Horizon jaunâtre à beige grisâtre (10 YR-6/3), sableux assez grossier, structure peu nette, fortement durci.

Au Sud de Sakave, dans une zone plane mal drainée à prairie clairsemée, non loin d'une zone de mares en eau, le profil est le suivant :

- 0 à 15 cm : Horizon gris clair à noirâtre (10 YR-4/1), sans structure, sableux grossier, à tendance particulière. Enracinement très faible.
- 15 cm et plus : Horizon grisâtre (10 YR-5/1), sableux grossier argileux, très durci, imperméable.

Bien qu'en apparence colmatés, ces sols ont toujours de fortes teneurs en éléments sableux. Le pH est assez variable, souvent neutre. Pour les caractéristiques physico-chimiques ils demeurent comparables aux sols ferrugineux tropicaux rouges et jaunes.

Au pied des massifs rhyolitiques ces sols sont encombrés de nombreux affleurements rhyolitiques et ont une tendance squelettique.

## B. — TRANSPORT ÉOLIEN

### **Sables dunaires décalcifiés et plus ou moins rubéfiés**

Ces sols forment une bande de transition entre les dunes anciennes proprement dites et les surfaces aplanies situées plus au Nord. Les limites en sont assez indécises mais la topographie plus accidentée et la morphologie dunaire que celle-ci présente, bien visible sur photos aériennes, permettent de les distinguer. Il s'agit de dunes paraboliques plus ou moins fixées, à convexité sous le vent, à direction ESE-WNW.

En grande partie cultivés, au moins épisodiquement, ces sols subissent encore actuellement un remaniement éolien de surface, d'où la difficulté à observer un profil en place. Bien qu'agissant sur un matériau en mouvement, les processus pédogénétiques sont les mêmes que dans les sols rouges sableux sur grès calcaires, et dans certains cas, on trouve en profondeur le matériau sableux calcaire originel (dune ancienne). L'épaisseur de sable décalcifié est souvent importante (1 à 3 m). Quant à la rubéfaction, elle est d'une intensité très variable et la couleur peut varier de rouge

orangé au jaune beige pâle, avec cependant une fréquence plus grande dans le jaune.

Près d'Erakoky, au SE d'Ambovombe, vers 130 m d'altitude, au sommet d'une ancienne dune, sous friche, après culture de maïs et d'antique, on peut observer le profil suivant :

- 0 à 20 cm : Horizon sans cohésion, brun jaunâtre (10 YR-4/3), un peu humifère, sableux grossier, à structure particulaire.
- 20 cm et plus : Horizon homogène, jaunâtre (10 YR-5/3), sableux grossier, particulaire, sans cohésion (à 50 cm un *Helix* fossile) creusé jusqu'à 1 m 50.

Le pH de ces sols est faiblement alcalin : 7,5 à 8,5. Leur composition physique se rapproche de celle des sols de décalcification avec une plus forte proportion d'éléments grossiers (fréquemment 50 à 60 % de sable grossier). La capacité de rétention pour l'eau est également très basse. En général pauvres en matières organiques, ils ont des teneurs moyennes en CaO et MgO échangeables, faibles en K<sub>2</sub>O.

Les éléments totaux, sauf la chaux, sont en quantités médiocres. Le rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est fréquemment très inférieur à 2.

Il existe des intermédiaires entre ce type de sol et les dunes anciennes calcaires : il s'agit de sables encore calcaires en surface mais où le lessivage du calcaire est déjà avancé et la rubéfaction très faible. Ce genre de profil en place est d'ailleurs rare : un exemple peut être observé au SE du lac Ihody, en zone plane, sous bush arbustif peu dense (profil 591) :

- 0 à 30 cm : Horizon brun jaunâtre (5 YR-5/3), un peu humifère, à enracinement assez important, sableux, à structure particulaire, peu cohérent, faiblement effervescent.
- 30 à 50 cm : Horizon intermédiaire jaunâtre (7,5 YR-6/4), sableux particulaire, nettement effervescent avec de petites concrétions calcaires friables, de forme irrégulière.
- 50 cm et plus : Sable calcaire jaune blanchâtre à blanc jaune (7,5 YR-7/4), légèrement consolidé, secondairement particulaire et assez friable.

Le lessivage du calcaire est très net et le pH est nettement alcalin dans tout le profil. L'ensemble des caractères physico-chimiques demeure analogue au type précédent.

Ces sols sont très cultivés par les autochtones et fournissent des rendements corrects en année normalement humide. Nous avons parlé de l'action possible des condensations occultes sur les récoltes dans cette zone et de l'action néfaste des vents desséchants. L'emploi de brise-vents devrait sortir du stade expérimental : il est indispensable dans toute la bande côtière où par ailleurs, comme le signale le Service de l'Agriculture, la population fait preuve de certaines qua-

lités dans le domaine agricole. L'emploi de plantes de couverture et d'engrais verts devrait être tenté en rotation avec les cultures traditionnelles à la fois pour lutter contre le remaniement éolien de surface et surtout accroître le taux de matière organique dans ces sols dont la capacité de rétention est très faible.

### C. — ORIGINE COMPLEXE

#### Sols hydromorphes

##### *Les sables blancs.*

Ce type de formation couvre une surface importante dans la région d'Ambondro et vers le Nord des étendues plus réduites au voisinage de Marenny et de Laparoy. Il correspond essentiellement à ce qu'on pourrait appeler avec DEFOORT (12) la zone des mares, quoique les mares en question ne soient pas spécifiques aux formations dites sables blancs, mais elles y sont beaucoup plus nombreuses qu'ailleurs. Comme l'a si justement souligné J. ARCHAMBAULT (1), ces sables blancs, appelés parfois aquifères, ne sont pas forcément en relation avec une nappe superficielle. Ces mares, alimentées uniquement par les eaux de ruissellement superficielles, représentent une forme de drainage endoréique. Elles sont pour la plupart temporaires et s'assèchent complètement lors des longues périodes de sécheresse (nous en avons vu de nombreux exemples en mars-avril 1956). La perméabilité des formations que nous appelons nappes d'épandage semble toute relative, si l'on considère, d'une part la dispersion du réseau de drainage et l'importance des surfaces couvertes par ce réseau sur ces formations, d'autre part l'intensité souvent très élevée des averses qui diminue beaucoup le pourcentage d'infiltration. Au contraire, dans les sables blancs, l'infiltration atteint certainement les valeurs les plus élevées et contribue ainsi à l'alimentation des nappes superficielles.

L'explication donnée par J. ARCHAMBAULT (1) pour la formation des cuvettes de sables blancs est intéressante (effondrements par dissolution de couches sédimentaires calcaires en profondeur).

Cependant comme l'ont signalé H. BESAIRIE et R. PAVLOWSKY (6), puis J. AUROUZE (4), il existe, au moins dans certains cas, sous les sables blancs une couche argileuse. Malgré la faible profondeur de nos sondages nous avons nous-même trouvé, en particulier au N d'Ambondro, un horizon durci, enrichi en fer et en argile, imperméable, qu'on peut considérer comme un niveau colmaté, mais non comme une couche argileuse.

Ainsi au Nord d'Ambondro, sur la piste de Ianakafy,

on peut observer dans une cuvette de sables blancs, les deux profils suivants :

En bordure de cuvette, à 100 m du centre environ, en pente faible, sous culture de maïs (471) :

- 0 à 15 cm : Horizon gris clair (10 YR-6/0), très peu humifère, sableux grossier, particulaire, à enracinement faible, très perméable.
- 15 à 60 cm : Horizon gris blanchâtre à blanc sale (10 YR-5/2), sableux grossier, particulaire, sans cohésion.
- 60 à 75 cm : Le sable devient légèrement humide, est un peu durci et présente quelques taches jaune rouille clair, petites et diffuses (10 YR-6/2).
- 75 cm et plus : Horizon très durci, difficile à creuser (sorte d'aliôs).

Au centre de la cuvette, non loin d'une mare à sec, sous culture de patate, le profil est le suivant (481) :

- 0 à 20 cm : Horizon gris clair (2,5 YR-6/0), sableux grossier, à structure particulaire. Enracinement moyen, porosité élevée.
- 20 à 80 cm : Horizon gris clair (7,5 YR-5/0), avec taches jaunâtres diffuses et peu abondantes. Légèrement durci, secondairement particulaire. Sableux grossier.
- 80 cm et plus : Horizon jaune rouille (10 YR-5/4), avec taches noirâtres, très durci. Sablo-argileux, à cassure mate. Structure à tendance polyédrique. Compact et imperméable.

Parfois l'épaisseur de sable blanc est importante et on n'atteint pas à la tarière l'horizon colmaté. Dans d'autres cas, en particulier sur les emplacements de mares à sec, l'horizon sablo-argileux, imperméable, apparaît sous 20 à 30 cm de sable délavé.

Le pH de ces sols voisine en moyenne 7,5 ou marque une légère tendance à l'alcalinité en profondeur.

La somme des éléments fins est toujours inférieure à 10 % excepté dans l'horizon colmaté qui dose en moyenne 30 à 40 % d'argile.

La capacité de rétention pour l'eau est insignifiante. Mis à part le cas très rare où ces sables sont recouverts d'un bush (profil n° 391), l'horizon supérieur est très pauvre en matière organique. Le complexe absorbant est pauvre en général et les réserves minérales sont médiocres sauf en acide phosphorique. Les teneurs en sels solubles atteignent dans quelques cas 1 %.

Vocation : malgré leur pauvreté et leur texture très grossière, ces sols constituent des zones de cultures permanentes pour l'autochtone. Cela tient au fait, que grâce à leur situation topographique ils restent très longtemps humides après les pluies.

Les mêmes améliorations culturales que pour le type précédent sont à envisager.

### III. — SOLS PEU OU PAS ÉVOLUÉS

#### A. — Néogène continental

Il s'agit essentiellement des sols constituant la dépression d'Ampamolora proprement dite et son prolongement Nord-Ouest. Nous avons étudié par ailleurs cette dépression du point de vue morphologie et hydrologie de surface en apportant des arguments pédologiques (16). Nous nous limiterons donc ici à ses caractères pédologiques.

##### 1° *Les marnes.*

Elles affleurent particulièrement bien au Sud du cordon sableux d'Ampalomora et sont caractérisées par des affaissements en cuvettes pseudo-circulaires et des trous d'effondrements s'apparentant au relief « gilgai » décrit par les pédologues australiens. Au Nord-Ouest, les affleurements sont plus discontinus, les teneurs en sables augmentent et la teneur en calcaire diminue.

Le profil est très peu différencié, gris blanchâtre (5 Y-7/2) seulement un peu grisâtre dans les premiers cm de surface (5 Y-6/3). La végétation est constituée par de petits arbustes ou une prairie à *Cynodon* et l'enracinement est moyen.

L'ensemble est grossièrement grumeleux à nuciforme, très friable, secondairement particulaire. La masse est calcaire et contient de nombreux graviers calcaires. On observe des fentes de dessiccation de 1 à plusieurs cm de large, pas toujours visibles en surface et qui vont souvent en s'élargissant en profondeur jusque vers 60 cm à 1 m.

Le pH est alcalin et les teneurs en calcaire en moyenne de 15 %. La texture est argilo-sableuse, la capacité de rétention assez élevée, la capacité de gonflement atteint 80 à 100 % avec l'eau distillée. Bien que peu apparente, il existe un peu de matière organique en surface (débris végétaux) entraînée parfois en profondeur lors des effondrements.

Ces sols sont riches en éléments échangeables et en éléments totaux. Les teneurs en sodium échangeable sont, dans les échantillons analysés, normales ainsi que les teneurs en sels solubles.

Ces sols, surtout par leurs caractères physico-chimiques, se rapprocheraient de la série C.A.I.M. définie dans le Bas-Mandrare (15).

Leurs caractères physiques et surtout leur relief les rendent difficilement utilisables.

##### 2° *Les argiles.*

Les sols argileux de la dépression d'Ampamolora forment le fond de la cuvette au Nord-Ouest d'Ambovombe. Ils constituent également une petite surface au Nord-Est d'Ampamolora, mais dans cette zone leur texture est plus grossière.

On y observe des phénomènes d'effondrement plus rares que dans la zone calcaire, mais pas d'affaissements en cuvettes.

A 2 km au Nord d'Ambovombe, près de la piste d'Ifofotaka, en zone plane, sous une végétation de petits arbustes épineux on observe le profil suivant :

- Un peu de sable gris blanc de ruissellement en surface.
- 0 à 25 cm : Horizon gris jaune à grisâtre (2,5 Y-4/2) ; sableux à sablo-limoneux, légèrement nuciforme à tendance polyédrique, secondairement particulière. Légèrement humifère, enracinement moyen.
- 25 cm et plus : Horizon beige (2,5 Y-5/2), argileux, à structure polyédrique, très bien structuré, légèrement durci. Enracinement quasi-nul, porosité faible.  
Pas de calcaire dans tout le profil. Creusé jusqu'à 1 m.

A 3 km au Nord-Est d'Ampamolora, sous une végétation réduite à quelques arbustes, toujours en zone plane, le profil est le suivant :

- 0 à 15 cm : Horizon gris brun (10 YR-6/1), sablo-argileux, un peu humifère, avec quelques agrégats polyédriques très durcis, le reste de la masse étant secondairement particulière. Quelques racines, non calcaire.
- 15 cm et plus : Horizon gris clair (2,5 YR-6/2), sablo-argileux avec quelques agrégats durcis et des traces de calcaire (graviers apportés par le ruissellement).

Le pH de ces sols est nettement alcalin. Dépourvus en général de calcaire, la plus grande partie présente de très fortes teneurs en argile (60 %) et de fortes teneurs en sodium échangeable dans les horizons profonds. Les teneurs en sels solubles paraissent normales. Ils sont riches à très riches en éléments échangeables et leurs réserves minérales sont bonnes. La matière organique peu apparente y atteint parfois des teneurs très notables (profil 101).

Ces sols, de texture souvent très argileuse, sont pratiquement inutilisables en climat sec. Lors des pluies cycloniques exceptionnelles (deux fois dans les trente dernières années) cette zone imperméable et la zone marneuse du Sud d'Ampamolora se transforment en lac temporaire.

## B. — Quaternaire continental

### *Les sables saumons.*

Il s'agit de sables calcaires peu rubéfiés, plus ou moins colluvionnés, fréquents sur la rive droite du Mandrare (retombée du Plateau Quaternaire) particulièrement à l'Est d'Ambosary.

Ces sables correspondent à la série Imantsatsika définie

dans l'étude du Bas-Mandrare (15) et dont nous rappelons ici les caractéristiques.

En pente moyenne, sous bush à *Alluaudia*, on observe le profil suivant :

0 à 15 cm : Horizon de surface légèrement humifère, brunâtre (10 YR-5/2), sableux grossier particulaire, enracinement faible. Calcaire.

15 cm et plus : Horizon rouge clair, saumon (7,5 YR-5/4) sableux grossier, particulaire, sans cohésion.

La teneur en calcaire dépasse rarement 10 % et le pH est alcalin dans l'ensemble du profil. La texture est toujours très sableuse. La teneur en matière organique est en général peu élevée avec un rapport C/N bas. Ces sols ont une faible capacité de rétention pour l'eau et un complexe absorbant moyennement pourvu, riche en CaO, pauvre en K<sub>2</sub>O.

Le sisal se plaît assez bien dans ce type de sol, à condition de conserver un taux de matière organique en surface supérieur à 1 % et de planter selon les courbes de niveau dans les pentes supérieures à 0.5 %.

### C. — Sols d'apport

La quasi-totalité de ces sols d'apport a été étudiée en détail dans les « Séries pédologiques de la Basse Vallée du Mandrare » (15). Nous renvoyons une fois de plus à cette notice et nous nous bornerons ici à rappeler les caractéristiques générales de ces sols.

#### 1° *Alluvions fluviales récentes.*

Schématiquement on peut distinguer les alluvions calcaires d'une part, les alluvions non calcaires d'autre part, différence due essentiellement à la nature pétrographique du bassin versant de la rivière et à la durée de transport du matériel alluvial.

a) *Les alluvions calcaires.* — On en trouve dans la vallée de la Basse Mananara et au débouché de l'Hotrokotroky, rivières affluentes du Mandrare et traversant des zones calcaires ou à produits d'altération calcaires. D'autre part, l'étroite plaine alluviale du Bas-Manambovo est occupée par des alluvions fréquemment calcaires, cette rivière drainant un bassin où les zones métamorphiques calco-alcalines sont importantes.

Nous pouvons grouper ces sols sous les caractéristiques de la série Befaitsy décrite dans le Bas-Mandrare (15). La teneur en calcaire dépasse rarement 10 %, la texture est en général sablo-limoneuse à sablo-argileuse. Le pH est nettement alcalin. Ces sols ont une capacité de rétention

pour l'eau assez élevée, et sont parmi les plus riches en matière organique dans la zone cartographiée. Les teneurs en azote sont excellentes et la matière organique est peu humifiée d'où un rapport C/N un peu faible. Les teneurs en éléments échangeables sont en général élevées, normales en sodium, et les réserves minérales sont bonnes.

Ces alluvions sont encore peu défrichées ou seulement cultivées localement par les autochtones, lors des décrues. Avec un labour profond après défrichement ces sols offrent d'aussi grandes possibilités que les meilleures alluvions du Mandrare actuellement plantées en sisal.

b) *Les alluvions non calcaires.* — La prospection au 1/50.000<sup>e</sup> de la Basse Vallée du Mandrare a mis en relief leur variété, surtout texturale. Rappelons la classification adoptée :

Alluvions les plus anciennes :

— sablo-limoneuses (Série Anarafaly)

— argilo-sableuses salées (Série Berenty)

» » non salées (Série Andranonampela).

Alluvions récentes :

— argilo-sableuses (Série Behabobo)

— sablo-limoneuses (Série Tsileha)

— sableuses (Série Berano).

Alluvions actuelles :

— (Série Besara).

Signalons en outre dans la zone cartographiée quelques langues alluviales dans la haute vallée du Mandrare au Sud de Ranomainty, qui s'apparentent à la série Tsileha, et une petite plaine alluviale près de Manave, au débouché de la rivière Antanimora, dont les sols peuvent être rattachés à la même série.

Enfin dans le cours de nombreuses rivières on trouve des bandes alluviales sableuses à rapprocher de la série Berano.

Mises à part les variations texturales, très importantes du point de vue alimentation en eau des plantes, on peut dire que d'une manière générale ces sols ont un pH neutre ou légèrement alcalin, et on y trouve parfois de faibles quantités de calcaire. Ils sont souvent riches en matière organique et en azote mais le rapport C/N demeure plutôt bas. Bien pourvus en éléments échangeables, ils contiennent peu d'acide phosphorique assimilable. Les réserves minérales sont bonnes ou excellentes. Les sels solubles sont en quantités normales, sauf dans la série Berenty.

Nous avons défini en détail les qualités de ces sols en fonction de la culture du sisal. La plupart de ces alluvions peuvent également convenir à la culture cotonnière, si la lutte contre les parasites de cette culture était résolue, ou à des cultures maraîchères avec bien entendu irrigation en saison sèche.

## 2° *Les sols colluviaux.*

Ces sols sont pour la plupart très peu évolués, souvent en pente assez forte et plus ou moins érodés. On les trouve en particulier sur les pentes et les bas de pente de la vallée du Mandrare, et également sur le flanc droit de la basse vallée du Manambovo.

Tous ces sols colluviaux sont plus ou moins calcaires. Ils sont formés à partir de matériaux néogènes et surtout quaternaires continentaux.

a) *Les colluvions sablo-argileuses.* — Elles se trouvent à la base des formations néogènes sur la rive gauche du Bas-Mandrare. Sur la carte au 1/50.000<sup>e</sup> elles ont été séparées en deux séries : Mokabe et Amboasary. Au Nord d'Amboasary nous les avons réunies avec des colluvions sableuses et des affleurements de grès calcaires sous forme de complexe.

b) *Les colluvions sableuses.* — Elles proviennent essentiellement de l'érosion des grès calcaires quaternaires et sont constituées par des sables quartziques avec au maximum 20 à 30 % de calcaire, souvent moins. Le pH est alcalin, la texture grossière, les teneurs en matière organique assez bonnes en surface lorsque le bush xérophytique à euphorbes est intact. Défrichés, ces sols sont rapidement ravinés, malgré la faible pluviométrie.

On les trouve surtout au Nord-Ouest de Behara, sur toute la rive droite du Bas-Mandrare, en complexe avec des affleurements de grès ferrugineux ou calcaires et des « sables roux » divers, enfin sur la rive droite du Bas-Manambovo (érosion des grès calcaires quaternaires), c'est-à-dire en liaison avec une topographie assez accidentée.

Il semble que le type le plus général de ces colluvions sableuses puisse être assimilé au profil-type de la série Erombazy, définie dans le Bas-Mandrare.

## D. — **Matériaux dunaires**

### 1° *Dunes anciennes.*

Elles constituent une bande côtière qui atteint son maximum de largeur à l'Est du Bas-Manambovo. On y trouve de très nombreux affleurements de grès calcaires à croûtes anciennes dont nous avons déjà discuté l'origine au chapitre III.

Nous avons dit que des dunes anciennes paraissent venir en recouvrement sur une surface de sables rubéfiés, surface que l'on retrouve au fond de cuvettes interdunaires et dont nous avons signalé les principales zones d'affleurements.

Cette zone de dunes anciennes est comme celle des sables décalcifiés plus ou moins rubéfiés, très cultivée, malgré

le manque de points d'eau ou la faible potabilité des puits en bordure de mer. L'humidité atmosphérique y atteint par contre les valeurs les plus élevées.

La couleur du sol est brunâtre en surface (10 YR-5/2) et devient rapidement brun jaune clair en profondeur (10 YR-6/4).

La texture est évidemment sableuse, souvent très grossière. Ces sols ultra-légers, où la plantation est facile, conviennent bien aux dispositions naturelles du cultivateur tandroy.

La teneur en calcaire est très variable et les horizons de surface sont souvent un peu décalcifiés. A ce sujet rappelons qu'on peut observer des intermédiaires avec les sols décalcifiés et plus ou moins rubéfiés (cf. précédemment).

L'érosion éolienne sévit surtout en cultures peu couvrantes telles que manioc, maïs, sorgho ; elle est beaucoup moindre sous légumineuses et patate, presque nulle sous jachère à *Cynodon*.

L'ancienneté de la mise en culture dans cette zone, et la rotation avec retour périodique à la jachère font que le taux de matière organique dans l'horizon de surface voisine souvent 1 %, mais le rapport C/N est le plus souvent bas. Ces sols sont plutôt pauvres en éléments échangeables sauf en CaO. La capacité d'échange est très faible, les réserves minérales médiocres, sauf en chaux.

On peut donc grouper ces sols sous les caractéristiques de la série Ambasy définie dans le Bas-Mandrare et relative aux dunes anciennes.

L'emploi de brise-vents et l'étude de rotations culturales avec engrais verts sont également à envisager pour cette zone.

## 2° Dunes actuelles.

Elles forment en général une bande très étroite en contrebas des formations plus anciennes. Elles ne prennent une extension notable qu'aux embouchures du Mandrare et du Manambovo, et à l'Ouest de Faux-Cap. Les dunes anciennes, surtout dans la zone littorale, sont parfois érodées et on observe la formation locale de dunes actives.

## E. — Sols d'érosion ou squelettiques

Ils occupent la moitié environ de la zone cartographiée et sont la résultante d'actions topographiques et climatiques s'exerçant sur des roches métamorphiques et volcaniques, la topographie jouant grâce au rôle de châteaux d'eau des reliefs résiduels, le climat par la prépondérance des agents d'altération mécanique sur les agents chimiques.

### 1° Les sols squelettiques sur gneiss.

Lorsque les gneiss ne constituent pas des massifs résiduels élevés comme au Nord-Ouest d'Antanimora, ils donnent naissance à des sols qu'on pourrait classer sub-squelettiques, peu profonds, souvent caillouteux, mais portant, contrairement aux roches volcaniques, un bush à *Alluaudia* qui peut être dense. La présence presque constante de paragneiss calciques et magnésiens explique des pH voisins de la neutralité. Ces sols peuvent être groupés sous les caractéristiques de la série Ampasindava définie dans le Bas-Mandrare.

Ils sont à laisser en forêt sèche.

### 2° Les sols squelettiques sur rhyolite.

La rhyolite s'altère en plaques ou en dalles. Ces zones sont couvertes par une végétation arbustive ou graminée très sporadique. Dans les fonds de vallées le sol est un peu plus épais, plus ou moins colluvionné. Ces sols sont brun rouge à brun jaunâtre (10 YR-3/3), sableux à sablo-limoneux, peu structurés, très superficiels.

Le profil analysé RE 101 est un exemple de matériaux rhyolitiques colluvionnés en bas de pente.

### 3° Les sols squelettiques sur basalte.

A l'exemple des précédents ces sols occupent de vastes surfaces dénudées qui ont le plus souvent l'aspect de champs de cailloux avec seulement une ébauche de sol. Le matériau est plus fin que sur les surfaces rhyolitiques et parfois calcaire surtout dans la zone d'altération proprement dite. Dans les bas-fonds, par colluvionnement et ruissellement, il se forme de petites surfaces de sols noirs légèrement calcaires en surface, la teneur en calcaire augmentant en profondeur. Ces sols, d'étendue toujours très restreinte, se caractérisent par leur horizon de surface noir à structure grumeleuse et humus calcique.

Un exemple est constitué par le profil S 691 à 20 km à l'Est d'Antanimora, sur la piste d'Ifotaka, avant Ankilibobo. En zone plane déprimée, avec mares à sec, sous prairie à *Cynodon* et quelques arbustes, on observe le profil suivant :

- 0 à 15 cm : Horizon noirâtre (10 YR-4/3), argilo-sableux à limono-argileux, grumeleux, à tendance polyédrique, humifère. Porosité tubulaire élevée, enracinement important.
- 15 à 50 cm : Horizon brun rouge (5 YR-5/2), argilo-sableux, structure polyédrique peu développée, effervescent. Légèrement durci, enracinement faible.
- 50 cm et plus : Basalte altéré sur 10 cm, puis roche dure.

La saturation occasionnelle de ces sols et la présence de calcaire favorise une certaine accumulation de matière organique et une bonne aggrégation.

Sur ces sols particuliers on observe fréquemment des fentes de dessiccation en saison sèche et parfois des effondrements du type « gilgai ». Ils sont à rapprocher des terres brunes basaltiques de H. BESAIKIE (7) et des alluvions basaltiques de la zone intermédiaire située entre l'Androy et la région de Tsvivory, étudiées par J. RIQUIER (27).

Les sols squelettiques sur rhyolite et basalte du massif volcanique de l'Androy ont été étudiés par P. SÉGALEN dans sa thèse sur les sols volcaniques (30).

#### 4° *Les sols squelettiques sur grès calcaires.*

Il s'agit essentiellement des grès du quaternaire continental. Ils affleurent sur la rive droite du Bas-Mandrare et sur la rive gauche du Bas Manambovo. Quelques affleurements plus réduits se trouvent dans la zone des dunes anciennes, en particulier au Sud d'Anjiro. Ces affleurements sont en général fortement ravinés avec un bush à épineux clairsemé. Ils correspondent aux dénivellations les plus importantes de la zone sédimentaire. La surface du matériau est fréquemment colluvionnée, avec toujours une proportion notable de calcaire et un taux de matière organique très variable.

#### 5° *La carapace calcaire.*

Nous avons déjà parlé de son origine. Elle couvre une grande partie des formations métamorphiques calciques, au Nord de Behara. Il y a transformation de la roche en place, mais fréquemment les matériaux d'altération ont été repris par ruissellement et se sont accumulés dans les thalwegs sous forme de conglomérats à galets gneissiques où se trouvent des gisements secondaires de Thorianite. Par altération cette carapace calcaire donne parfois des sols squelettiques caillouteux, avec formation locale d'une couche sableuse assez humifère sous bush à épineux et surtout euphorbes. A ce sujet on se reportera aux caractéristiques de la série Ampehibato définie dans le Bas-Mandrare.

#### 6° *Affleurements de croûtes calcaires.*

Il s'agit d'affleurements situés dans la zone sédimentaire et nous ne reviendrons pas sur les origines possibles de ces croûtes. Seuls les affleurements les plus importants ont été signalés sur la carte.

On les trouve essentiellement dans les grès calcaires, dans les surfaces de sols rouges de décalcification et dans les dunes anciennes. Enfin, il existe peut-être des croûtes plus anciennes interstratifiées dans les formations néogènes (rive droite du Mandrارة au Nord de la route Ambovombe-Amboasary, Nord immédiat de Behara).

## CONCLUSION

Il semble bien, sans faire preuve pour cela de pessimisme, que peu de choses aient changé dans les cultures et les méthodes culturales du peuple Antandroy depuis l'étude détaillée qu'en a faite R. DECARY en 1930 dans son livre sur l'Androy.

On ne peut minimiser les efforts conjugués des services administratifs et techniques mais trop souvent les travaux réalisés n'ont pu sortir du stade expérimental. Cela tient avant tout au fait que le développement agricole et pastoral de ces régions est lié à deux problèmes particulièrement longs et difficiles à résoudre, le problème de l'eau d'une part, le problème humain d'autre part.

Les rendements culturaux, souvent la totalité de la récolte, sont sous la dépendance étroite des conditions climatiques (durée de la saison des pluies, hauteur totale des précipitations, vents desséchants). Encore récemment deux années sèches consécutives (1955-1956) ont provoqué une disette et il a été nécessaire d'importer des vivres pour nourrir les populations. L'alimentation en eau des hommes et du bétail pose également des problèmes en année sèche et les études hydrologiques sont en plein développement.

Nous sommes par ailleurs en présence de systèmes d'agriculture traditionnels souvent très primitifs et d'un élevage extensif.

Le paysan autochtone est encore attaché à ses traditions ancestrales et l'éducation rurale ne peut faire de progrès sensibles en Androy que si elle débute à l'âge scolaire.

C'est en ayant présentes à l'esprit ces deux difficultés fondamentales, que le pédologue pourra traiter de l'influence du facteur sol dans l'économie agricole de ce pays et conseiller des méthodes et systèmes culturaux qui permettent le maintien d'une certaine fertilité.

Nous donnons ci-dessous, à titre indicatif, quelques superficies et rendements concernant les principales cultures dans les districts d'Ambovombe et d'Amboasary-Sud, pour l'année 1955, année déficitaire du point de vue pluies.

	Superficies cultivées (en hectares)		Production (en tonnes)	
	<i>Ambvombe</i>	<i>Amboasary</i>	<i>Ambvombe</i>	<i>Amboasary</i>
Maïs .....	3.800	1.375	2.910	1.100
Manioc .....	4.000	3.150	9.000	9.000
Patates .....	10.000	3.500	11.000	4.000
Voanemba .....	4.600	450	3.500	360
Antaka .....	3.150	400	1.970	250
Arachides .....	125	100	70	50
Sorgho .....	4.100	500	2.250	300
Pois du Cap.....	14	10	2,3	1,5
Saonjo .....	50	200	600	2.400
Ricin .....			700	
Haricots .....	150	1.800	75	900
Riz .....	300	4.000	260	2.800
Sisal .....		10.000		8.200

Rappelons que ces chiffres concernent une production presque exclusivement autochtone, et que la région de Tsivory, qui ne figure pas dans la zone cartographiée, intervient pour beaucoup dans les quantités de riz produites. La culture du sisal est par contre exclusivement européenne.

D'après les statistiques du Service de l'Élevage on comptait, récemment, environ 257.000 bovins dans le district d'Ambvombe et 154.000 dans celui d'Amboasary-Sud.

Il est à peine nécessaire de souligner l'inexistence de l'association agriculture-élevage et les difficultés à alimenter un pareil troupeau dans un pays à pluviométrie aussi irrégulière.

L'Administration et les Services techniques comptent beaucoup, et à juste raison, sur l'action des groupements de collectivités pour accélérer l'évolution du paysannat autochtone et améliorer le système agro-pastoral du Sud. Un récent article du *Bulletin économique de Madagascar* retrace l'action du Service des Eaux et Forêts de la province de Tuléar dans ce domaine (24). Nous ne pouvons que souscrire pleinement aux conclusions de cet article et recommander pour les reboisements économiques et les plantations en haies brise-vent, les espèces conseillées ou distribuées par le Service des Eaux et Forêts. On trouvera également dans l'ouvrage récent de J. BOSSER (8) une documentation très importante sur les plantes de couverture, engrais verts et plantes fourragères susceptibles de s'intégrer avec les plantes vivrières dans un système cultural, augmentant ainsi la teneur en matière organique de l'horizon de surface et par conséquent sa capacité de rétention pour l'eau et évitant de laisser le sol nu sur une trop longue période.

Nous croyons que les périmètres de culture peuvent être recherchés dans les catégories de sols suivantes : les sols de décalcification rubéfiés, les sols ferrugineux tropicaux et les sols hydromorphes à matériau originel allochtone, les alluvions, les matériaux dunaires anciens. Le seul point important, mais essentiel, est la conservation ou la régéné-

ration d'un horizon humifère (un taux de matière organique de 1 à 2 % dans l'horizon de surface doit être considéré comme un minimum). Si l'on pratique une culture épuisante seulement tous les trois ans sur une même parcelle, il semble que le complexe absorbant de ces sols soit suffisamment pourvu, d'autant plus que le pH est le plus souvent neutre ou alcalin et le lessivage insignifiant. Laisser le sol à nu le moins longtemps possible est un principe qui doit présider au choix de tout assolement.

Dans son article déjà cité (26), J. POUPON insiste à juste raison sur l'intérêt qu'il y a à ne pas éparpiller les terres de culture et en particulier les terres consacrées à l'arachide. En conséquence le choix des périmètres de culture devra, d'après le même auteur obéir aux critères suivants : en dehors de toute formation forestière, sur des terres susceptibles de convenir aux cultures projetées, à proximité des agglomérations et des voies d'évacuation. Disons cependant que pour des raisons de géographie humaine évidentes, ces critères s'appliqueront le plus souvent à des terres épuisées (exception faite pour les zones à proximité immédiate des habitations) sur lesquelles les familles et clans vivent depuis très longtemps. Ce sont les médiocres rendements de ces sols qui poussent les habitants à défricher des zones où le couvert naturel forestier est la source d'une certaine fertilité de faible durée.

Il résulte de ces faits que, le plus souvent, la mise en valeur d'un périmètre de culture devra débiter par une mise en défens et une culture couvrante et améliorante, si peu rentable qu'elle soit dans l'immédiat. Nous pensons qu'il faut accorder la priorité aux cultures vivrières nécessaires à l'autoconsommation familiale sur les cultures spéculatives (ces considérations ne s'appliquent qu'à la zone cartographiée à l'exclusion de la culture européenne du sisal dans la Basse vallée de Mandrare). L'arachide en particulier a suffisamment fait ses preuves dans les territoires africains pour que sa culture soit pratiquée avec beaucoup de prudence sur des sols à texture souvent très sableuse.

On évitera également la création de parcelles trop grandes tant pour des raisons psychologiques que pour une lutte efficace contre l'érosion éolienne et on s'arrangera pour que la plus grande dimension de chaque parcelle soit perpendiculaire à la direction des vents dominants.

Nous terminerons en disant qu'en aucun cas le caractère aléatoire des rendements culturaux dû aux irrégularités climatiques ne permet de négliger le facteur sol et que le potentiel de fertilité de ce dernier, si faible soit-il, doit être maintenu au détriment de spéculations parfois intéressantes mais combien temporaires. Cette conclusion rejoint d'ailleurs celle formulée, à propos de la culture du sisal, dans la notice sur la carte pédologique au 1/50.000<sup>e</sup> du Bas-Mandrare.

## 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 24 heures (20 minutes à 3.500 tours/m).

Le dosage des sels solubles a été fait par mesure de la conductibilité des extraits de sols. Les chlorures ont été dosés volumétriquement par le nitrate d'argent, les sulfates par précipitation à l'aide d'une solution de chlorure de baryum à 10 %.

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 Kjeldhal.

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 ammoniacomagnésien, le potassium et le sodium par spectrophotométrie de flamme.

L'acide phosphorique assimilable a été dosé selon la méthode Truog, c'est-à-dire après extraction à l'acide sulfurique 0,002N.

Le dosage du phosphore total a été fait selon la méthode de Lorentz après attaque nitrique.

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

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. Les éléments totaux ont été dosés après attaque à l'acide nitrique concentré.

Le fer libre a été dosé par colorimétrie après attaque à l'hydrosulfite selon la méthode de Deb.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ARCHAMBAULT (J.), 1956. — Données pour l'équipement d'hydraulique pastorale de l'Extrême-Sud de Madagascar, Inspection générale de l'élevage et des industries animales de Madagascar (Burgéap).
2. AUBERT (G.), 1954. — La classification des sols utilisée dans les territoires tropicaux de l'Union Française, C. R. 2<sup>e</sup> Conférence Interafricaine des Sols. — Léopoldville, p. 705-708, document n° 51.
3. AUBERT (G.). — Cours de pédologie professé à l'O.R.S.T.O.M. — Inédit.
4. AUROUZE (J.), 1956. — Note sur l'Hydrogéologie du Sud de Madagascar. — Documentation du Bureau géologique, n° 126, p. 129, Tananarive.
5. BESAIRIE (H.), 1955. — Hydrogéologie du Sud de Madagascar. — Documentation du Bureau géologique, n° 104, Tananarive.
6. BESAIRIE (H.) et PAVLOVSKY (R.), 1950. — Carte hydrogéologique du Sud de Madagascar. — Travaux du Bureau géologique, n° 16, Tananarive.
7. BESAIRIE (H.), 1948. — Notice explicative de la carte géologique de reconnaissance au 1/200.000<sup>e</sup>, feuilles Bekily, Tsivory, Esira, Manantenina, Tsihombe, Ambovombe, Behara, Fort-Dauphin. — Imprimerie nationale, Paris.
8. BOSSER (J.), 1956. — Considérations sur les plantes de couverture, engrais verts, plantes fourragères en pays tropicaux, et plus particulièrement à Madagascar. — *Public. I.R.S.M.*, Tananarive.
9. DECARY (R.), 1920-1921. — Monographie du district de Tsihombe. — *Bull. écon. Madag.*, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> trimestre 1920, p. 71-92 ; 1<sup>er</sup> trim. 1921, p. 5-38 ; 2<sup>e</sup> trim. 1921, p. 41-73.
10. DECARY (R.), 1930. — L'Androy. Essai de Monographie régionale. — Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris.
11. DECARY (R.), 1931. — Notes géologiques sur l'Extrême-Sud de Madagascar. — *Bull. Acad. Malgache*, XIV, p. 41-54.
12. DEFOORT (E.), 1913. — L'Androy. Essai de monographie. — *Bull. écon. Madag.*, p. 126-246.
13. DELBOS (L.) et NOIZET (G.), 1955. — Étude géologique des schistes cristallins de l'Androy mandraréen. — Travaux du Bureau géologique, n° 65, Tananarive.
14. DUVERGÉ (P.), 1949. — L'indice d'aridité à Madagascar. — *Public. Serv. Météorol. Madag.*, n° 18, Tananarive.

15. HERVIEU (J.) et RIQUIER (J.). — Les séries pédologiques de la basse vallée du Mandrare. Notice explicative de la carte pédologique au 1/50.000<sup>e</sup>. — *Public. I.R.S.M.*
16. HERVIEU (J.), 1957. — Note sur la dépression d'Ampamoloro-Ambovombe. — *Nat. Malgache.*
17. LACROIX (A.), 1923. — Minéralogie de Madagascar. — Paris, III, p. 83, p. 140, p. 148, p. 216.
18. LYAUTÉY (Colonel), 1900-1902. — Dans le Sud de Madagascar. — Paris.
19. MOUREAUX (Cl.), 1949. — Aspect particulier du milieu pédologique et biologique dans la région d'Ambovombe. — *Mém. Inst. sci. Madag., D, I, 2.*
20. MOUREAUX (Cl.), RIQUIER (J.) et SÉGALEN (P.), 1952. — Étude pédologique de la basse vallée de la Menarandra. — *Mém. Inst. sci. Madag., D, IV, I.*
21. MOUREAUX (Cl.) et RIQUIER (J.), 1953. — Notice de la carte pédologique Manja-Mahabo. — *Mém. Inst. sci. Madag., D, V.*
22. MOUREAUX (Cl.) et SÉGALEN (P.), 1950. — Notice de la carte pédologique du Bas-Mangoky. — *Mém. Inst. sci. Madag., D, II, 1.*
23. PAVLOVSKY (R.), 1950. — Recherches hydrogéologiques dans l'Extrême-Sud de Madagascar. — Travaux du Bureau géologique, n° 10, Tananarive.
21. POUPON (J.), 1957. — L'action du Service des Eaux et Forêts de Tuléar. — *Bull. Madag.,* janv. 1957, n° 128, p. 71.
25. RAVET (J.), 1950. — Les pluies à Madagascar. — *Public. Serv. Météorol. Madag.,* n° 20, Tananarive.
26. RIQUIER (J.). — Note sur l'évapotranspiration. Essai d'application de la formule de Thornthwaite. — *Inédit.*
27. RIQUIER (J.), 1951. — Notice sur la carte pédologique au 1/200.000<sup>e</sup> de la basse vallée du Mandrare. — *Mém. Inst. sci. Madag., D, III, 1, p. 43-86.*
28. SAINT-OURS (J. DE), 1954. — Étude hydrogéologique de la région Ambaliandro-Antanimora. — Rapport annuel du Service géologique de Madagascar, p. 139.
29. SÉGALEN (P.), 1956. — Sur quelques sols dérivés de calcaire dans la région de Majunga. — Communications du sixième Congrès International de la Science du Sol, V, 92, Paris.
30. SÉGALEN (P.), 1957. — Étude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. — Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris. *Mém. Inst. sci. Madag., D, VIII.*

I. — SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SUR ROCHES MÉTAMORPHIQUES

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 671	0-10 cm	6,9	20	16	37,2	24,8	26,5
S 672	10-20 cm	7,4	29,3	20,4	26,3	22,9	20,0
S 791	0-20 cm	6,2	14,6	24,1	29,8	31,2	11,0
S 792	20-50 cm	6,6	29,7	10,2	28,9	30,5	11,6

N° échant.	Mat. org. tot. %	Humus tot. %	Acides hum. %	Carbone %	Azote total %	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
S 671	29,9	12,0	2	17,4	1,25	13,9	10,6	4,4	0,4	0,03	22,6	15,4	58,14
S 672	9,6	5,0	2,4	5,6	0,88	6,36	6,5	3,3	0,5	0,026	18,7	10,3	55,08
S 791	8,0	3,8	1,6	5,2	0,44	18,8	2,6	1,1	0,3	0,004	7,4	4,0	54,05
S 792	3,6	2,0	0,8	2,1	0,34	6,1	3,2	1,2	0,4	0,010	6,85	11,8	70,0

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
S 671	6,25	60,1	16,0	6,4	11,2	2,4	3,65	—	2,10	1,0
S 672	5,40	61,1	15,2	6,8	10,2	2,5	6,0	—	3,0	1,05
S 791							2,6	—	1,16	1,70
S 792							2,35	—	1,0	1,40

2. — SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SUR NÉOGÈNE CONTINENTAL

48

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
FD 1	0-20 cm	7,4	18,6	13,6	36,3	32,8	18,0
FD 2	20-40 cm	7,9	13,6	10,4	31,5	37,9	13,8
FD 3	40-60 cm	8,2	10,8	14,1	42,8	31,8	14,5

N° échant.	Mst. org. tot. %	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone %	Azote total %	Rap. C/N	Humus MO %	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
								CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V %
FD 1	20,1	9,1	4,5	11,7	0,96	12,06	45,2	13,6	3,4	0,19	0,017	26,0	16,7	64,2
FD 2	7,4	—	—	4,5	0,94	4,78	—	8,5	2,2	0,27	0,018	20,3	11,0	54,1
FD 3	3,8	—	—	2,2	0,51	4,31	—	7,2	2,0	0,2	0,004	22,7	9,8	43,1

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	ÉLÉMENTS TOTAUX			
				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
FD 1	—	—	—	—	—	—	—
FD 2	71,8	—	—	—	—	—	—
FD 3	73,7	—	—	—	—	—	—

J. HERVIEU

### 3. — SOLS ROUGES SABLEUX SUR GRÈS CALCAIRES

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>3</sub> Ca %	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 11	0-20 cm	7,9	—	9,2	10,0	36,8	48,2	6,2
S 12	20-60 cm	8,0	—	13,6	7,2	36,2	41,5	8,9
S 51	0-20 cm	7,6	—	12,8	7,2	51,2	27,1	10,0
S 52	+ 20 cm	7,5	—	17,4	8,2	43,0	29,5	10,9
S 141	0-10 cm	7,7	traces	6,8	8,0	47,3	36,8	7,4
S 142	10-30 cm	7,7	traces	7,2	6,7	48,5	36,9	5,9

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	Humus MO %	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
								CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim. %	T	S	V
S 11	4,0	3,0	1,8	2,35	0,45	5,2	2,8	7,2	0,2	—	0,035	5,15	10,2	19,8
S 12	3,78	1,4	0,7	2,20	0,29	7,6	2,1	6,4	0,1	—	0,016	4,6	8,6	18,6
S 51	27,5	6,5	5,0	16,0	0,65	24,6	3,7	8,7	0,1	—	0,092	7,85	12,4	15,8
S 52	10,6	4,0	3,0	6,2	0,50	12,4	2,5	4,4	0,5	—	0,076	7,3	7,4	10,13
S 141	7,48	4,4	2,4	4,35	0,52	8,3	1,4	0,6	0,1	—	0,042	2,7	2,1	77,7
S 142	3,44	2,2	1,2	2,0	0,32	6,2	1,4	0,4	0,8	0,03	0,024	3,65	2,6	71,2

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX				FER LIBRE %		
								CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰	0-50 μ	> 50 μ	Total
S 11	1,4	85,1	3,7	4,3	4,2	—	1,51	2,30	—	0,80	0,55	—	—	—
S 12	1,95	79,5	4,3	4,1	5,7	—	1,27	1,90	—	0,60	0,55	—	—	—
S 51	5,20	72,6	5,3	6,4	9,1	—	0,98	1,90	—	0,58	1,70	—	—	—
S 52	4,00	72,5	6,8	6,0	9,5	—	1,2	2,10	—	0,65	1,50	—	—	—
S 141	1,75	80,9	5,1	4,4	8,5	—	1,02	2,10	—	0,23	0,50	0,85	1,19	2,04
S 142	1,25	80,3	3,7	4,8	6,1	—	1,03	1,45	—	0,24	0,35	0,86	1,21	2,07

3. — SOLS ROUGES SABLEUX SUR GRÈS CALCAIRES (suite)

50

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 441	0-25 cm	7,3	8,4	8,0	29,0	52,9	6,9
S 442	25-60 cm	7,8	9,2	6,8	33,1	49,6	7,0
S 941	0-20 cm	6,5	12,0	6,0	30,0	49,6	6,3
S 942	20-50 cm	6,5	10,0	6,0	24,2	68,5	6,5

N° échant.	Mat. org. tot. %	Humus tot. %	Acides hum. %	Carbone %	Azote total %	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
S 441	11,6	4,6	1,6	6,8	0,81	8,3	6,9	1,4	0,5	0,008	6,4	—	—
S 442	4,3	1,85	0,8	2,5	0,45	5,5	2,6	1,0	0,2	0,010	4,0	3,8	35,0
S 941	4,8	1,9	1,4	2,8	0,31	9,0	1,4	0,5	0,2	0,014	4,5	2,1	46,6
S 942	3,6	1,0	0,9	1,8	0,30	6,0	1,0	0,5	0,2	0,006	2,4	1,7	70,8

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX				FER LIBRE %		
							CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0-50 μ	> 50 μ	Total
S 441	3,30	84,4	4,0	4,8	3,8	1,78	2,30	—	0,44	1,00	0,44	0,73	1,17
S 442	2,75	84,6	6,4	4,0	3,5	1,82	1,70	—	0,35	1,70	0,59	0,90	1,49
S 941	2,45	80,5	2,5	3,2	6,5	0,6	2,10	—	0,35	1,35	0,61	0,51	1,12
S 942	2,15	85,7	2,9	3,2	7,7	0,6	1,60	—	0,33	1,60	0,58	1,05	1,63

J. HERVIEU

4. — SOLS JAUNES SABLEUX DE DÉCALCIFICATION

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 431	0-25 cm	7,5	6,8	5,2	34,1	52,3	6,5
S 571	0-15 cm	7,3	5,6	5,2	27,0	60,9	3,2
S 881	0-30 cm	7,5	3,6	3,6	22,8	69,7	5,8
S 882	30-40 cm	7,6	5,6	4,2	19,4	69,9	5,6

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T		
S 431	7,2	2,8	1,1	4,2	0,39	10,7	2,1	1,4	0,2	0,04	3,4	—	—
S 571	14,4	4,0	1,9	8,4	—	—	1,9	0,7	0,2	0,025	4,6	2,8	60,8
S 881	12,3	3,0	1,3	7,2	0,42	17,14	2,1	1,2	0,5	0,050	4,7	3,8	80,85
S 882	5,3	1,5	0,5	3,10	0,26	11,92	2,1	1,2	0,4	0,58	4,3	3,7	86,04

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX				FER LIBRE %
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰	
S 431	—	—	—	—	—	—	1,45	—	0,35	27,0	—
S 571	—	—	—	—	—	—	2,20	—	0,50	0,80	—
S 881	1,95	88,4	1,6	2,8	4,3	0,6	1,75	—	0,82	3,80	0,7
S 882	1,60	89,7	0,8	2,4	6,2	0,2	2,45	—	0,90	2,0	1,1

## 5. — SOLS RENDZINOIDES

52

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>2</sub> Ca %	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 241	0-25 cm	8,7	0,2	24,1	10,7	42,3	21,5	26,9
S 242	25-35 cm	8,9	6,5	20,6	15,1	41,1	22,5	44,2
S 243	25-50 cm	8,9	15,8	38,3	10,1	38,0	14,3	44,5

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					T	S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O (Milliéquivalents p. 100 g)	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.			
S 241	28,8	9,5	6,6	16,8	1,24	13,5	20,8	5,8	1,9	0,1	0,028	29	28,6	98,6
S 242	14,4	4,0	0,85	8,4	0,84	10,0	18,1	7,0	1,9	5,7	0,014	28	—	—
S 243	1,3	—	0,55	0,8	0,26	3,0	17,0	4,2	1,7	15,1	—	32	—	—

N° échant.	ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles ‰	Cl ‰	SO <sub>3</sub> ‰
	CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰			
S 241	8,55	—	4,4	1,0	0,80	0,17	traces
S 242	29	—	5,62	0,75	2,0	0,61	0,12
S 243	90,3	—	4,05	0,65	8,1	2,0	0,95

J. HERVIEU

6. — SOLS ROUGES FERRUGINEUX TROPICAUX  
(Matériaux allochtones)

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 311	0-20 cm	7,6	5,61	6,21	21,9	54,6	3,4
S 312	20-30 cm	7,7	6,6	6,4	34,9	51,1	6,5
S 681	0-20 cm	6,4	15,6	2,9	50,7	28,1	11,0
S 682	20-40 cm	7,7	16,0	8,8	34,7	38,2	12,5
S 711	0-30 cm	7,5	11,6	2,4	68,1	16,9	22,0
S 712	30-60 cm	7,7	31,2	13,2	40,0	15,4	20,8

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % <sub>ND</sub> assim.	T		
S 311	10,5	3,5	2,1	6,2	0,43	14,41	2,5	1,2	1,0	0,012	3,85	—	—
S 312	7,14	3,3	1,3	4,2	0,40	10,5	2,8	0,9	0,2	0,002	5,15	3,9	75,7
S 681	9,11	3,8	3,6	5,3	0,65	8,15	3,2	1,4	0,4	0,030	11,85	5,0	42,2
S 682	4,73	2,5	1,0	2,75	0,57	4,82	3,3	2,0	0,2	0,024	9,3	5,5	59,1
S 711	14,9	3,5	4,0	8,7	1,02	8,52	9,6	4,4	1,0	0,016	41,4	15,0	36,2
S 712	5,8	4,2	1,4	3,4	0,71	4,78	8,9	4,2	0,2	0,018	18,3	13,3	72,6

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
S 311	1,0	87,6	2,6	3,6	4,4	1,02	1,60	—	0,50	0,95
S 312	1,45	89,0	3,4	4,6	2,9	1,95	1,90	—	0,50	1,40
S 681	4,50	69,2	11,0	5,2	10,4	1,78	2,05	—	1,30	0,60
S 682	4,65	69,7	9,2	10,4	7,4	2,1	2,25	—	1,05	1,05
S 711	7,70	55,3	13,7	9,2	1,30	1,78	3,75	—	1,65	0,75
S 712	6,10	55,8	14,1	8,8	15,8	1,51	3,10	—	1,50	0,55

6. — SOLS ROUGES FERRUGINEUX TROPICAUX  
(Matériaux allochtones) (suite)

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 801	0-25 cm	7,5	16,4	10,0	36,9	34,8	11,5
S 802	25-45 cm	7,4	13,6	17,5	23,7	38,9	11,6
S 901	0-20 cm	7,0	14,8	15,6	23,2	45,7	12,7
S 902	20-50 cm	7,5	28,6	5,9	26,1	37,4	13,9

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
S 801	5,16	2,5	2,4	3,0	0,62	4,83	3,0	0,9	0,4	0,02	3,7	—	—
S 802	4,3	1,95	0,9	2,5	0,60	4,16	3,0	0,9	0,5	0,018	5,7	4,4	77,2
S 901	5,78	3,3	1,5	3,4	0,54	6,29	4,4	1,2	0,6	0,026	8,5	6,2	72,5
S 902	4,4	1,8	1,2	2,6	0,41	6,34	4,6	1,4	0,4	0,038	8,3	6,4	77,1

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
S 801	3,95	72,4	7,9	6,4	9,4	1,42	2,70	—	0,95	1,70
S 802	—	74,4	6,7	7,2	7,3	1,56	2,70	—	0,90	1,70
S 901	—	—	—	—	—	—	25,55	—	2,70	4,38
S 902	—	—	—	—	—	—	9,70	—	1,25	3,50

7. — SOLS JAUNES FERRUGINEUX TROPICAUX  
(Matériaux allochtones)

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 251	0-10 cm	8,2	6,0	2,0	57,1	34,0	9,8
S 601	10-20 cm	7,1	10,0	2,4	54,3	31,9	6,7
S 602	20-50 cm	8,4	11,6	3,2	27,1	58,3	8,1
S 841	0-15 cm	7,9	9,6	7,2	48,7	34,3	10,7
S 842	15-45 cm	8,1	8,8	13,6	46,2	30,4	13,4
S 843	45-60 cm	8,4	8,8	13,6	39,3	42,7	6,0

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGÉABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
S 251	6,91	1,7	1,0	3,6	0,27	13,3	1,9	0,7	0,3	0,022	4,3	2,9	67,4
S 601	7,2	2,8	1,2	4,2	0,38	11,05	3,7	0,9	0,5	0,038	4,7	—	—
S 602	4,1	1,05	0,25	2,4	0,27	0,88	3,0	1,2	0,3	0,024	4,6	4,5	77,8
S 841	17,0	2,0	1,0	10,0	0,44	22,7	1,7	1,2	0,4	0,012	5,0	3,3	66,0
S 842	5,61	0,9	0,5	3,3	0,25	13,2	1,6	0,9	0,4	0,022	4,0	2,9	72,5
S 843	2,4	0,6	0,35	1,4	0,22	6,3	1,0	0,9	0,4	0,030	5,3	2,3	43,3

N° échant.	ÉLÉMENTS TOTAUX			
	CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
S 251	1,95	—	0,60	0,75
S 601	2,20	—	0,90	0,65
S 602	2,60	—	0,70	0,60
S 841	1,35	—	0,95	0,75
S 842	1,70	—	0,65	1,25
S 843	1,15	—	0,65	1,40

7. — SOLS JAUNES FERRUGINEUX TROPICAUX EN ASSOCIATION AVEC SOLS ROUGES

56

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 641	0-10 cm	7,3	15,6	10,0	41,4	32,7	17,6
S 642	10-30 cm	7,4	22,1	14,8	28,5	33,4	15,4
S 771	0-20 cm	6,9	23,1	19,7	28,4	26,2	14,6
S 772	20-40 cm	6,5	30,8	11,2	32,7	23,4	16,1
S 773	+ 40 cm	6,8	25,2	16,4	28,8	29,3	18,4

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T		
S 641	13,7	6,2	2,4	8,0	0,90	8,0	3,7	1,3	0,69	0,028	11,4	5,6	49,1
S 642	7,7	3,0	0,8	4,5	0,86	6,8	3,5	1,4	0,3	0,020	8,3	5,2	62,6
S 771	0,6	5,4	2,6	5,6	0,65	8,6	4,4	2,9	0,6	0,004	14,8	7,9	53,3
S 772	4,4	1,7	0,7	2,6	0,45	5,7	4,2	3,7	0,38	0,020	10,6	8,2	77,3
S 773	2,5	1,35	0,3	1,5	0,29	5,1	4,6	4,4	0,38	0,018	18,0	9,3	51,6

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ‰	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ‰	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
S 641							2,15		0,65	0,90
S 642							1,85		2,15	1,01
S 771	6,10	62,4	11,1	8,0	9,2	2,0	2,15		2,35	0,65
S 772	5,15	60,3	14,3	6,4	10,7	2,2	2,15		2,35	0,50
S 773	5,75						2,40		1,65	0,40

J. HERVIEU

8. — SOLS GRIS

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 781		0,8	9,22	14,10	51,9	23,7	8,7
S 782		6,8	13,2	15,0	40,9	29,8	9,4
S 851		7,3	12,6	10,3	32,7	43,8	15,0
S 852		8,0	17,5	10,9	30,9	40,9	22,8
S 951		7,5	6,4	7,22	28,4	57,0	10,2
S 952		7,9	13,2	8,1	21,9	55,3	21,5

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
S 781	8,9	3,3	1,4	5,2	0,49	13,6	1,4	2,2	0,2	0,010	14,15	3,8	20,8
S 782	4,8	1,6	0,9	2,8	0,30	9,3	1,6	0,9	0,1	0,008	5,15	2,6	50,4
S 851	19,2	8,0	3,2	11,2	0,65	17,2	8,3	5,4	0,4	0,012	18,5	14,1	85,4
S 852	11,3	2,2	1,0	6,6	0,52	12,6	8,7	5,7	0,2	0,025	18,3	14,6	79,7
S 951	11,3	2,6	1,2	6,6	0,30	11,0	5,5	1,9	0,2	0,012	9,5	7,6	80,0
S 952	9,6	1,8	0,7	5,6	0,57	9,8	7,1	2,7	0,3	0,008	13,2	10,1	76,5

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
S 781							1,45		0,85	2,70
S 782							1,25		0,95	3,35
S 851							3,70		0,94	1,0
S 852							4,40		0,67	1,48
S 951							2,50		1,20	1,10
S 952							3,80		1,55	1,45

## 10. — SABLES DUNAIREs DÉCALCIFIÉS ET PLUS OU MOINS RUBÉFIÉS

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 21	0-25 cm	7,8	9,2	2,4	34,6	52,6	5,0
S 22	25-80 cm	7,8	8,7	5,6	31,1	53,3	5,6
S 41	0-20 cm	7,5	9,2	0,8	29,9	58,9	8,0
S 42	20-50 cm	8,2	6,8	6,8	27,0	58,0	6,8
S 211	0-10 cm	8,0	6,8	8,0	27,9	56,0	13,6
S 212	10-20 cm	8,2	9,0	7,8	26,2	55,7	15,1

N° échant.	Mat. org. tot. %	Humus tot. %	Acides hum. %	Carbone %	Azote total %	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T		
S 21	9,6	1,8	1,6	5,6	0,29	19,3	1,7	4,4	0,2	0,022	3,3	6,3	19,09
S 22	4,1	1,0	0,7	2,4	0,17	14,1	1,0	5,2	0,1	0,02	2,7	6,3	23,3
S 41	2,7	6,0	3,8	12,8	1,05	12,2	7,1	7,1	0,7	0,205	8,6	14,9	17,3
S 42	6,1	2,2	1,1	3,6	0,49	7,3	4,4	6,4	0,3	0,236	5	11,1	22,2
S 211	14,4	6,0	3,2	8,4	1,03	8,1	—	1,4	1,0	0,010	13	—	—
S 212	11,6	4,2	3,0	6,8	1,02	6,6	8,1	1,1	0,9	0,010	9,6	10,1	25,04

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
S 21	1,80	81,1	3,5	7,2	5,7	1,03	1,95	—	0,45	0,90
S 22	1,60	78,8	4,3	7,6	7,3	1,0	1,60	—	0,20	0,75
S 41	—	78,5	3,2	8,8	3,7	1,47	3,90	—	0,70	1,60
S 42	—	81,3	3,0	1,0	2,8	1,8	5,3	—	0,45	1,45
S 211	4,05	83,1	3,3	3,0	7,6	0,7	3,5	—	1,05	0,95
S 212	5,10	84,9	4,5	2,8	1,6	0,4	3,75	—	1,20	0,85

11. — SABLES BLANCS

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 471	0-15 cm	7,6	4,9	4,3	14,4	74,5	3,0
S 472	15-30 cm	7,7	8,1	3,9	25,8	61,7	2,7
S 473	30-75 cm	8,2	10	5,6	31,9	52,3	6,2
S 481	0-20 cm	7,9	3,8	5,3	21,4	67,8	—
S 482	20-50 cm	7,3	4,8	5,1	18,4	71,5	—
S 483	50-90 cm	7,8	32,1	4,0	18,8	44,0	—

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O				
S 471	5,8	1,35	0,8	3,4	0,25	13,6	1,0	0,6	0,2	0,09	0,028	3,6	1,9	52,7
S 472	1,6	0,65	0,5	0,95	0,13	7,30	0,5	0,6	0,1	0,1	0,032	6,7	2,7	19,4
S 473	3,2	1,0	0,25	1,00	0,23	8,26	0,9	0,9	0,2	0,7	0,032	5,15	2,7	52,4
S 481	7,2	1,8	0,5	4,2	0,31	13,5	1,0	0,5	0,3	0,09	0,028	5,0	1,9	38,0
S 482	1,2	0,45	0,3	0,75	0,07	10,7	0,9	0,5	0,1	0,09	0,034	2,05	1,6	58,1
S 483	4,1	1,3	0,25	2,40	0,43	5,58	3,3	2,2	0,3	0,5	0,032	13,3	6,3	47,3

N° échant.	FER LIBRE %			ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles ‰	Cl ‰	SO <sub>3</sub> ‰
	0-50 μ	> 50 μ	Total	CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰			
S 471	0,08	0,50	0,58	1,15	—	0,15	1,65	1,3	0,085	traces
S 472	0,10	0,50	0,60	1,0	—	0,15	1,45	1	0,07	traces
S 473	0,21	0,99	1,20	1,20	—	0,20	2,0	0,3	—	—
S 481	0,15	0,49	0,64	1,15	—	0,15	2,30	0,15	—	—
S 482	0,17	0,50	0,67	1,20	—	0,20	2,90	0,05	—	—
S 483	0,77	0,37	1,14	1,65	—	0,75	2,30	0,25	—	—

AMBOVOMBE

11. — SABLES BLANCS (suite)

30

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 381	0-40 cm	7,5	5,80	2,8	36,2	53,7	2,7
S 501	0-10 cm	7,5	6,3	4,9	29,4	59,6	4,4
S 621	0-10 cm	7,6	6,0	2,61	19,3	70,9	3,0
S 861	0-25 cm	7,4	10,4	8,8	51,7	28,1	8,3

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V %
S 381	4,4	1,6	0,5	2,6	0,17	15,3	1,0	0,7	0,04	0,012	11,0	1,7	42,5
S 501	7,2	2,25	0,4	4,2	0,39	10,7	1,2	0,6	0,3	0,014	3,6	2,1	58,3
S 621	4,1	1,0	0,5	2,4	0,22	10,9	0,9	0,9	0,04	0,030	4,4	1,8	40,9
S 861	7,4	2,4	1,4	4,35	0,37	11,7	1,6	0,9	0,3	0,040	4,15	2,8	67,4

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
S 381							1,40		0,20	1,40
S 501							1,45		0,23	2,25
S 621							0,40		1,45	0,85
S 861							1,90		0,65	2,10

J. HERVIEU

12. — SOLS MARNEUX D'AMPAMOLORA

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>3</sub> Ca %	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 61	0-20 cm	7,9	12,85	40,1	17,5	31,2	7,3	36,9
S 62	20-40 cm	8,1	16,8	48,2	20,7	23,7	6,0	42,1
S 821	0-20 cm	8,2	0,40	32,5	7,6	39,7	18,5	27,0
S 822	20-50 cm	8,7	3,35	40,7	12,5	26,10	20,4	39,5

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES							
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % <sub>00</sub> assim.	T	S	V %
S 61	13,76	2,5	0,7	8,0	0,92	8,7	27,0	3,9	2,12	0,1	0,012	34	33,1	97,3
S 62	6,19	0,5	0,5	3,6	0,27	13,3	19,2	4,3	3,1	0,5	0,024	33,8	27,1	80,16
S 821	18,23	1,8	1,0	10,6	0,74	14,3	15,6	4,2	0,9	0,2	0,040	20	—	—
S 822	11,35	1,75	0,6	6,6	0,57	11,5	19,2	6,7	1,0	0,6	0,068	37	27,5	74,3

N° échant.	ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles		
	CaO % <sub>00</sub>	MgO % <sub>00</sub>	K <sub>2</sub> O % <sub>00</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % <sub>00</sub>	% <sub>00</sub>	Cl % <sub>00</sub>	SO <sub>3</sub> % <sub>00</sub>
S 61	75,90	—	10,35	1,60	0,75	0,14	0,15
S 62	71,05	—	17,1	2,55	0,55	0,10	0,10
S 821	6,80	—	4,95	1,40	0,40	—	—
S 822	20,95	—	5,05	1,40	0,80	—	—

13. — SOLS ARGILEUX D'AMBOVOMBE

62

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>2</sub> Ca %	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 101	0-25 cm	8,5	traces	17,30	16,30	47,9	18,5	27,6
S 102	25-50 cm	8,7	traces	65,5	2,0	22,9	8,5	48,7
S 131	0-15 cm	8,8	traces	21,7	19,1	30,1	27,05	21,6
S 132	15-50 cm	8,7	traces	29,0	13,6	33,5	20,6	20,9

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES							
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
S 101	44,03	18,5	7,0	25,6	2,05	12,6	3,5	4,2	3,1	0,08	0,412	27,5	—	—
S 102	15,13	2,2	1,5	8,8	0,6	14,6	14,2	7,3	4,3	5,7	0,064	37,5	—	—
S 131	5,23	1,9	1,2	3,1	0,45	6,8	17,0	4,4	1,6	0,09	0,102	22,5	—	—
S 132	2,23	0,65	0,45	1,3	0,32	4,0	24,2	4,9	0,7	0,09	0,04	20,4	—	—

N° échant.	ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles ‰	Cl ‰	SO <sub>3</sub> ‰
	CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰			
S 101	12,05	—	6,60	1,10	—	—	—
S 102	5,45	—	7,6	0,45	—	—	—
S 131	5,90	—	3,70	0,65	0,55	0,08	—
S 132	5,83	—	3,95	0,74	0,65	0,07	0,18

J. HERVIEU

14. — SABLES SAUMONS

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>2</sub> Ca %	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 981	0- 5 cm	8,2	1,65	5,6	4,0	42,3	45,04	4,7
S 982	5-50 cm	8,3	3,45	3,4	5,8	41,1	46,9	7,0
IM 1	0-15 cm	8,4	4,3	6,9	4,7	50,6	33,3	10,4
IM 2	+ 15 cm	8,8	7,0	7,2	2,8	47,0	39,1	11,6

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES							
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O (Milliéquivalents p. 100 g)	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰ assim.	T	S	V
S 981	4,6	1,5	1,0	2,7	0,31	8,7	16,2	0,9	0,2	—	0,040	5	17,3	34,6
S 982	3,0	0,6	0,6	1,8	0,73	2,4	17,4	0,9	0,3	—	0,03	4,3	18,6	43,2
IM 1	16,5	6,4	2,4	9,7	1,14	8,5	—	1,88	0,23	0,45	0,097	9,6	—	—
IM 2	4,7	1,3	1,0	2,8	0,56	5,0	—	1,73	0,23	0,28	0,051	—	—	—

N° échant.	ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles ‰
	CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰	
S 981	12,55	—	1,45	1,40	—
S 982	20,0	—	1,15	1,25	—
IM 1	47,2	—	1,7	1,4	0,30
IM 2	51,5	—	1,5	1,5	0,23

15. — ALLUVIONS FLUVIATILES RÉCENTES CALCAIRES

64

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>2</sub> Ca %	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
<b>S 1021</b>	0-25 cm	8,1	1,50	20,4	21,9	30,90	25,20	38,9
<b>S 1022</b>	25-50 cm	8,3	4,15	26,7	22,5	46,10	2,12	26
<b>BE 1</b>	0-20 cm	8,2	3,6	14,3	13,2	51,7	16,4	36,6
<b>BE 2</b>	20-50 cm	8,4	5,3	23,0	21,8	39,6	12,6	32,2
<b>BE 3</b>	50-80 cm	8,4	10,2	21,6	15,2	46,9	4,2	29,0

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O (Milliéquivalents p. 100 g)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T		
<b>S 1021</b>	41,28	15,0	2,9	24,0	2,75	8,7	31,6	4,2	1,0	0,194	28,3	—	—
<b>S 1022</b>	14,4	5,6	2,4	8,4	1,05	7,9	24,3	4,0	0,4	0,288	20,7	—	—
<b>BE 1</b>	42,4	15,4	4,4	27,8	2,98	9,3	—	—	—	0,19	26,7	—	—
<b>BE 2</b>	13,3	7,8	3,0	10,9	1,61	7,6	—	—	—	0,12	28,0	—	—
<b>BE 3</b>	7,2	3,3	2,3	4,8	0,62	7,7	—	—	—	0,06	22,0	—	—

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles ‰
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰	
<b>S 1021</b>	—	—	—	—	—	—	14,4	—	3,90	1,98	0,65
<b>S 1022</b>	—	—	—	—	—	—	27,6	—	2,90	1,85	0,65
<b>BE 1</b>	—	—	—	—	—	—	23,3	—	3,2	2,7	—
<b>BE 2</b>	—	—	—	—	—	—	27,2	—	3,1	1,8	—
<b>BE 3</b>	—	—	—	—	—	—	46,0	—	3,2	1,6	—

J. HERVIEU

16. — ALLUVIONS FLUVIATILES RÉCENTES SABLO-LIMONEUSES (NON CALCAIRES)

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limons %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
<b>S 651</b>	0-10 cm	8,7	26,1	13,2	52,1	7,3	20,6
<b>S 931</b>	0-15 cm	7,6	22,9	20,5	43,8	12,6	22,1

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
<b>S 651</b>	13,0	2,2	1,0	7,6	0,55	13,8	12,1	4,9	0,5	0,042	15,15	17,5	—
<b>S 931</b>	20,6	7,6	1,9	12,0	1,30	9,2	14,4	4,4	1,7	0,26	20,8	20,5	98,5

*(Milliéquivalents p. 100 g)*

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	ÉLÉMENTS TOTAUX				
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰	
<b>S 651</b>							5,70		2,35	1,05	
<b>S 931</b>							8,65		4,08	2,40	

16. — ALLUVIONS FLUVIATILES RÉCENTES SABLEUSES (NON CALCAIRES)

66

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limons %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
<b>S 561</b>	0-15 cm	8,1	4,8	5,2	74,6	13,8	7,3
<b>S 562</b>	15-30 cm	8,6	5,2	6,4	74,9	12,17	6,0
<b>BR 1</b>	0-20 cm	8,4	6,1	14,7	69,5	7,0	22,1

N° échant.	Mat. org. tot. %	Humus tot. %	Acides hum. %	Carbone %	Azote total %	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					S	V %	
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O (Milliéquivalents p. 100 g)	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.			T
<b>S 561</b>	16,51	4,0	1,9	9,6	0,54	17,7	12,4	1,2	0,5	—	0,472	11,7	—	—
<b>S 562</b>	13,0	1,8	1,3	7,6	0,34	22,3	6,7	1,4	0,5	—	0,168	7,4	—	—
<b>BR 1</b>	21,4	5,5	2,6	12,6	1,48	8,51	11,57	1,24	0,95	0,86	0,084	21,3	14,6	63,5

N° échant.	ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles %
	CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	
<b>S 561</b>	7,25	—	1,05	2,20	—
<b>S 562</b>	4,20	—	0,90	1,10	—
<b>BR 1</b>	15,2	—	2,0	2,3	0,50

J. HERVIEU

19. — DUNES ANCIENNES

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>2</sub> Ca %	Argile %	Limons %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 171	0-25 cm	8,6	traces	4,0	0,7	31,6	62,2	4,0
S 181	0-25 cm	8,5	1,01	2,0	0,4	19,9	76,6	4,8
S 200	0-15 cm	8,6	27,15	8,8	1,4	36,0	53,3	4,0
S 591	0-30 cm	8,2	1,10	2,8	1,2	54,7	40	4,6
S 592	30-50 cm	8,3	3,30	3,2	4,5	56,9	34,9	3,9
S 593	50-80 cm	8,7	8,80	2,8	1,4	52,2	43,0	3,3

N° échant.	Mat. org. tot. %	Humus tot. %	Acides hum. %	Carbone %	Azote total %	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					T	S	V %
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O (Milliéquivalents p. 100 g)	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.			
S 171	10,6	2,9	1,5	6,2	0,77	8,0	12,4	0,3	0,1	0,04	0,08	5,5	—	—
S 181	8,2	2,8	2,4	4,8	0,55	8,7	9,9	0,5	0,1	0,08	0,12	11,05	—	—
S 200	14,4	4,6	1,8	8,4	1,33	6,3	12,8	1,7	0,1	0,08	—	17,1	—	—
S 591	16,5	3,0	1,4	9,6	0,71	13,5	—	—	0,06	—	0,032	30,3	—	—
S 592	4,3	1,15	0,7	2,5	0,37	6,7	—	—	0,2	—	0,044	1,5	—	—
S 593	1,29	0,3	0,25	0,75	0,13	5,7	—	—	0,1	—	0,028	17,3	—	—

N° échant.	ÉLÉMENTS TOTAUX				Sels solubles %
	CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	
S 171	29,55	—	0,20	0,40	0,25
S 181	7,65	—	0,25	0,55	0,40
S 200	1,00	—	0,45	0,95	—
S 591	7,14	—	0,50	0,65	—
S 592	18,10	—	0,60	0,90	—
S 593	43,90	—	0,50	0,70	—

21. — SOLS SQUELETTIQUES SUR GNEISS

88

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
<b>S 351</b>	0-20 cm	7,8	5,8	2,8	36,2	53,7	7,0
<b>S 751</b>	0-25 cm	7,9	21,5	12,2	38,2	26,8	17,6
<b>S 761</b>	0-35 cm	7,7	32,5	7,6	39,8	18,5	12,9

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
<b>S 351</b>	5,67	3,9	1,4	3,3	0,65	5,0	2,6	2,2	0,1	0,042	3,7	4,9	85,9
<b>S 751</b>	4,93	2,5	1,1	2,9	0,67	4,3	6,9	3,7	0,1	0,020	15,6	10,7	68,6
<b>S 761</b>	9,5	3,0	1,8	5,6	0,81	6,9	7,2	3,2	0,6	0,016	14,15	11,0	77,7

*(Milliéquivalents p. 100 g)*

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
<b>S 351</b>	2,5	86,4	5,2	4,8	1,8	4,9	1,75		0,95	0,60
<b>S 751</b>	—	—	—	—	—	—	2,95		2,05	0,80
<b>S 761</b>	—	—	—	—	—	—	3,04		2,50	0,90

J. HERVIEU

22. — SOLS SQUELETTIQUES SUR RHYOLITE

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
<b>RE 101</b>	0-20 cm	7,1	13,2	8,4	30,1	47,3	12,5
<b>RE 102</b>	20-60 cm	7,5	20,4	4,8	32,3	41,7	14,8
<b>S 731</b>	0-10 cm	7,7	12,8	20,0	42,7	24,1	18,9
<b>S 732</b>	10-30 cm	7,8	18,8	13,2	40,7	26,1	20,8

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES						
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T	S	V
<b>RE 101</b>	3,07	4,0	3,2	7,6	0,60	12,6	4,0	2,5	0,1	—	8	6,6	82,5
<b>RE 102</b>	11,0	5,0	3,2	6,4	0,92	6,9	4,0	3,4	0,1	—	12	7,5	62,5
<b>S 731</b>	8,2	4,6	2,0	4,8	0,60	8,0	4,6	1,5	0,4	0,142	23,6	6,5	27,5
<b>S 732</b>	8,2	2,9	1,3	4,8	0,67	7,2	1,2	4,4	0,2	0,096	24,7	5,8	23,5

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX					
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰		
<b>RE 101</b>	—	—	—	—	—	—	2,85	—	0,90	1,25	—	—
<b>S 731</b>	4,45	51,1	13,9	14,4	13,1	1,8	6,30	—	1,15	1,05	—	—
<b>S 732</b>	4,75	57,0	12,9	10,0	14,4	1,5	9,10	—	1,65	0,95	—	—

23. — SOLS SQUELETTIQUES SUR BASALTE

70

N° échant.	Profondeur	Réaction pH	CO <sub>3</sub> Ca %	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	Humidité équivalente
S 700	0-25 cm	7,3	—	18,4	27,3	42,9	9,6	18,2
S 912	0-15 cm	7,7	—	6,01	31,2	48,1	13,2	27,3
S 913	0-20 cm	7,8	—	17,2	27,0	27,8	27,3	32
S 691	0-15 cm	7,8	0,40	22,2	23,4	34,1	18,3	37,4
S 692	15-50 cm	8,6	11,9	48,6	14,7	22,0	10,7	33,2

N° échant.	Mat. org. tot. ‰	Humus tot. ‰	Acides hum. ‰	Carbone ‰	Azote total ‰	Rap. C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES					V %	
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % assim.	T		S
S 700	3,6	2,1	1,0	2,1	0,62	3,4	14,6	5,4	0,2	0,036	20,85	20,2	96,8
S 912	16,6	3,6	1,1	9,4	0,75	12,5	22,0	7,4	0,4	0,08	77,15	28,9	28,6
S 913	19,04	3,5	1,0	11,2	1,0	11,2	33,8	5,7	0,5	0,038	39	—	—
S 691	28,8	5,8	2,4	16,8	1,65	10,1	13,3	1,0	1,0	0,018	17,7	15,3	86,4
S 692	8,9	1,7	0,5	5,2	0,79	6,5	9,6	1,0	0,3	0,034	39,2	10,9	27,8

N° échant.	Perte au feu %	Résidu %	SiO <sub>2</sub> comb. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ÉLÉMENTS TOTAUX			
							CaO ‰	MgO ‰	K <sub>2</sub> O ‰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ‰
S 700	5,8	64,0	12,5	9,6	6,4	3,33	5,70	—	0,95	1,50
S 912	6,75	41,6	16,6	14,4	10,0	2,8	9,70	—	1,25	3,50
S 913	9,15	41,0	22,2	17,6	14,1	2,6	11,35	—	2,30	3,50
S 691	—	—	—	—	—	—	14,4	—	1,7	0,95
S 692	—	—	—	—	—	—	28,9	—	2,05	0,76

J. HERVIEU

CARTE PEDOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE AU 1/200.000  
FEUILLE N°64  
**AMBOVOMBE**

LEVERS DE MM. J. HERVIEU, J. RIQUIER, E. RANDRIANARIDRA, R. RATASILAHY - 1955-1956

**LEGENDE**

- I - SOLS EVOLUES A MATERIAU ORIGINAL EN PLACE**  
*SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX (à tendance squelettique)*
- 1 Séries métamorphiques acides
  - 2 Néogène continental (grès ferrugineux)  
*SOLS DE DECALCIFICATION RUBEFIES*
  - 3 Sols rouges sableux sur grès calcaires
  - 4 Sols jaunes sableux intermédiaires
  - 5 Sols rendzinoïdes sur séries métamorphiques calco-alcalines
- II - SOLS EVOLUES A MATERIAU ORIGINAL ALLOCTONE**
- A - TRANSPORT FLUVIATILE OU RUISSELLEMENT DIFFUS**  
*SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX*
- 6 Sols rouges
  - 7 Sols jaunes
  - 8 Sols gris
  - 9 Taches ou dépressions salées
- B - TRANSPORT EOLIEN**  
*SOLS DE DECALCIFICATION RUBEFIES*
- 10 Sables dunaires décalcifiés plus ou moins rubéfiés
- C - ORIGINE COMPLEXE**  
*SOLS HYDROMORPHES*
- 11 Sables blancs
- III - SOLS PEU OU PAS EVOLUES**
- A - NEOGENE CONTINENTAL**
- 12 Marnes
  - 13 Argiles
- B - QUATERNAIRE CONTINENTAL**
- 14 Sables saumons
- C - SOLS D'APPORT**  
*ALLUVIONS FLUVIATILES RECENTES*
- 15 Alluvions calcaires
  - 16 Alluvions non calcaires
- COLLUVIONS*
- 17 Sable-argileuses
  - 18 Sableuses
- D - MATERIAUX DUNAIRE**
- 19 Dunes anciennes
  - 20 Dunes récentes
- E - SOLS D'EROSION OU SQUELETTIQUES**
- 21 Gneiss
  - 22 Rhyolite
  - 23 Basalte
  - 24 Grès calcaire
  - 25 Carapace calcaire
  - 26 Zones d'affleurement de croûtes calcaires
- ASSOCIATIONS**
- 6-7-8
  - 4-11
- COMPLEXES**
- 21-5
  - 22-23
  - 18-24
  - 21-25
  - 17-18-24
  - 2-5-21-25
  - 2-3-14-18-24

- SIGNES CONVENTIONNELS**
- - Chef lieu de District
  - - d° - Poste Administratif
  - - d° - Canton
  - - Village
  - ⊙ - Emplacement des prélèvements de Sols
  - Route
  - - - Piste jeepable
  - Piste
  - ~ Rivière

