

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

NOTICES
SUR LES
CARTES D'UTILISATION DES SOLS

15

Etude des sols de la plaine d'Ambalabe
(District de Majunga)

par

J. VIEILLEFON

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

1960

SOMMAIRE

	PAGES
I. — GÉNÉRALITÉS	5
Morphologie	5
Climat	6
Hydrographie.....	8
Végétation et cultures.....	9
II. — ETUDE DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS.....	10
Origine.....	10
Classement et descriptions	12
III. — CONCLUSIONS SUR LA FERTILITÉ ET LES POSSIBILITÉS D'AMÉNA- GEMENT.....	22
IV. — POSSIBILITÉS CULTURALES.....	26
V. — CONCLUSIONS — CLASSES D'UTILISATION.....	28
VI. — RÉSULTATS ANALYTIQUES.....	28

I. GENERALITES

Dans le cadre du développement agricole de la province de Majunga, l'effort a porté surtout sur les zones de grands deltas et leur arrière-pays ; si le travail a débuté sur la Betsiboka, c'est maintenant au tour de la Mahajamba, et l'importante plaine d'Ambalabe est une des régions les plus intéressantes. C'est donc à la demande du Service du génie rural, et à l'aide des plans au 1/20.000^e fourni par celui-ci, que la carte des sols a été dressée, en collaboration avec l'aide-pédologue R. RATASILAHY. Ce dernier avait d'ailleurs eu un aperçu de cette plaine lors de la prospection de la carte de reconnaissance des sols au 1/200.000^e effectuée en 1953 par P. SEGALÉN, carte n° 13 (Marovoay-Mahajamba) ; déjà les principaux caractères de la plaine avaient été dégagés, et quelques échantillons analysés. Ces données ont été complétées par une tournée en 1958 et un rapide passage en 1959, au cours desquelles quatre-vingts échantillons de sols ont été prélevés.

MORPHOLOGIE DE LA PLAINE

a. *Topographie*

La cuvette d'Ambalabe forme l'avancée la plus méridionale du delta commun aux rivières Mahajamba et Masokoenjy, entre les sols sur grès et la mangrove. Elle est bordée à l'Ouest par un pédiment sableux qui descend de la cuesta de grès dont le rebord atteint 150 mètres, et qui alimente en sables plutôt fins les ruisselets qui se jettent dans la Masokoenja. Au Sud et au Sud-Est, c'est une péninsule fortement disséquée qui limite la plaine, en laissant un étroit couloir de 5 kilomètres de long sur 2 de large, de Fendrano à Bekobay. Quelques témoins du plateau érodé subsistent à Ampananihira, en bordure de la plaine. A l'Ouest et au Nord-Ouest, on trouve une zone de plaine, assez semblable à la partie centre Nord de la plaine d'Ambalabe, assez étendue, formée d'alluvions limoneuses de la Mahajamba, qui sont de bonnes terres à manioc (Série d'Adabokely de la carte de reconnaissance au 1/200.000^e n° 13). Enfin au Nord, on trouve la zone de mangrove, à partir de la cote 3 mètres.

b. *Alluvionnement*

Les dépôts de la mangrove se prolongent d'ailleurs jusqu'au pied des collines gréseuses ; ils ont été partout recouverts par des alluvions diverses qui en exhaussant le niveau ont empêché les incursions régulières des eaux de marées, et par suite, permis un lessivage des sels par les eaux de la saison des pluies. Seulement ce

phénomène de colmatage n'a pas été régulier car les sédiments, d'ailleurs de nature différente, ont été apportés par deux cours d'eau différents. L'un, de faible longueur mais régulier dans ses crues annuelles, la Masokoenjy, l'autre, de fortes crues épisodiques, en raison des captures fréquentes de la Mahajamba par le Kamoro au profit de la Betsiboka, et du fait que l'Andranolava n'est qu'un bras de la Mahajamba, et que des variations peuvent se produire dans son alimentation en raison des bancs de sables situés au confluent. Ceci fait qu'il existe dans la partie Est des dépressions de cote à peine supérieure à 3 mètres, donc susceptibles de recevoir l'eau des marées, celle-ci pénétrant par un bras ou *Kinga*, orienté Sud-Est-Nord-Ouest qui aboutit dans un méandre de l'Andranolava. Les sols de la partie Est sont ainsi nettement plus salés.

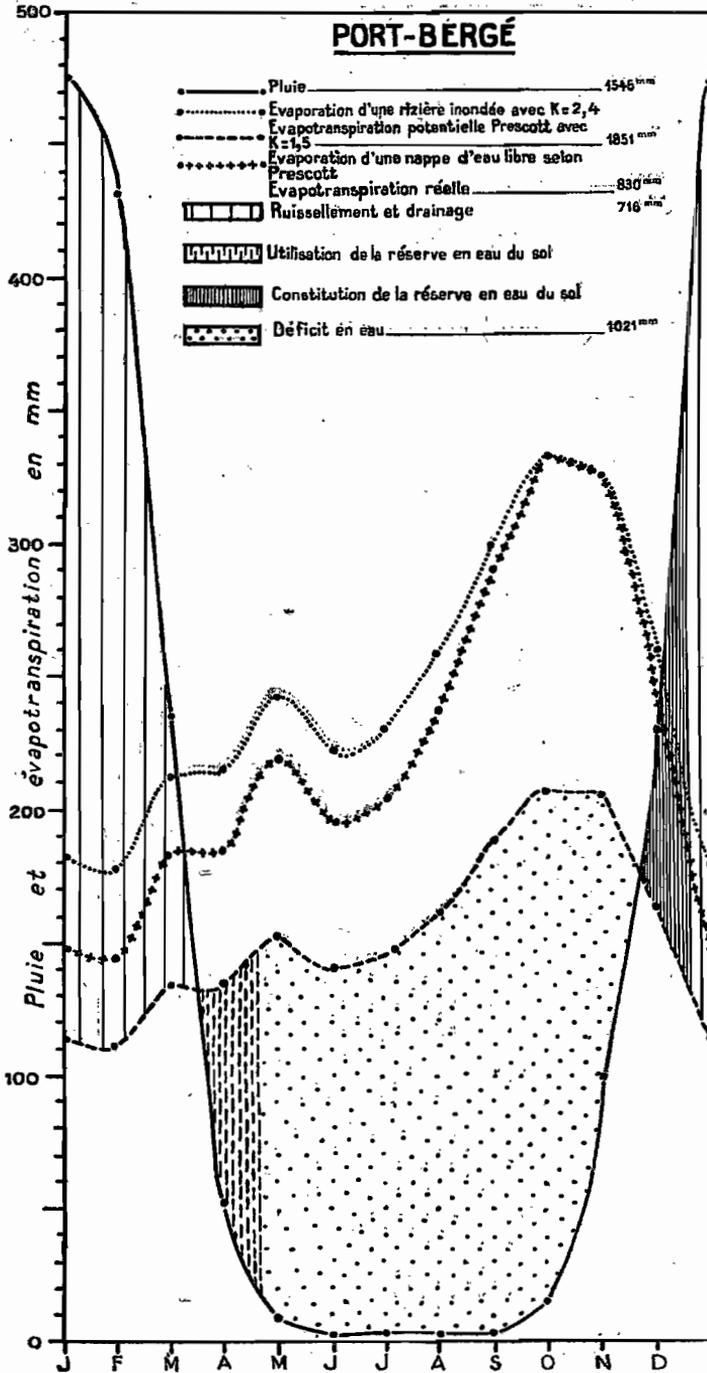
L'examen des photos aériennes montre les traces de nombreux méandres de la Masokoenjy, la plaine étant bien remblayée dans cette zone. Ces méandres sont marqués par des dépôts plus grossiers, recouvrant l'argile grise de mangrove en sous-sol. Hormis ces lits, l'alluvionnement semble avoir été homogène. Pour ce qui est de l'Andranolava, il semble que la rivière ait pu passer au sud de son cours actuel, dans la partie plus basse de la plaine ainsi que peuvent en témoigner des ébauches Nord-Sud vers Befanjava, et le bras qui draine le centre de la plaine ; néanmoins, je n'ai vu qu'une fois une trace nette de lit, avec dépôt grossier. Là encore, on peut donc penser que l'alluvionnement a été homogène.

Bien que les sédiments de la Masokoenjy et de l'Andranolava aient pu quelque peu se mélanger, on voit assez bien la limite par le fait que les sédiments déposés par l'Andranolava sont micacés, car provenant presque entièrement des terrains cristallins du plateau central, et ceux déposés par la Masokoenjy, de cours incomparablement plus petit, sont finement sableux et calciques car issus de grès et calcaires sédimentaires. Cette limite probable des différents alluvionnements a été figurée sur la carte par un tireté.

CLIMAT

Le climat peut être caractérisé par les relevés de la station de la Mahajamba (vingt ans d'observations). Les précipitations atteignent une moyenne annuelle de 1.462 millimètres dont 1.390, soit 95 p. 100, tombent de novembre à mars, les pluies sont inférieures à 2 millimètres pendant quatre mois de la saison sèche. Par contre, elles sont très élevées en saison des pluies, avec plus de 400 millimètres en janvier, mois où se situent les maxima en vingt-quatre heures (maximum absolu 325 millimètres).

Les températures donnent une moyenne de 26°8, avec les minima en juillet (moyenne 22°9, minimum absolu 14°). En saison chaude, les températures oscillent autour de 28° à 29°. Il y a donc une alternance très grande entre une saison très pluvieuse et chaude, avec une saison très sèche et un peu moins chaude.



En raison de la grande analogie avec le climat de la station de Port-Bergé, nous avons figuré la courbe d'évapo-transpiration calculée par la méthode PRESCOTT (RIQUIER, fig. 1). On peut y observer que la plus grande partie des très fortes précipitations de saison des pluies est évacuée par ruissellement et drainage, et que dès le mois de mai le sol doit avoir épuisé sa réserve en eau et les cultures risquent de manquer d'eau pendant huit mois. Ces indications n'ont naturellement qu'une valeur d'approximation, l'utilisation de l'eau variant suivant les sols et les cultures ; elles permettent néanmoins d'apprécier les époques où l'irrigation sera obligatoire. La courbe pour $K = 1,5$ est utilisée pour une prairie ; pour une rizière inondée on prend $K = 2,4$ et c'est la courbe supérieure que l'on utilisera. Ces données serviront, conjointement avec celles relatives aux différents types de sols, pour l'appréciation des besoins en eau.

HYDROGRAPHIE

Le rythme des écoulements fluviaux est réglé par l'alternance des saisons. Ainsi, la Masokoeny, à fort courant et chargée en janvier, n'est plus qu'un mince filet d'eau ou même un simple sous-écoulement en septembre, avec des berges par endroits hautes de 3 mètres au-dessus du lit. Sa pente est trop forte pour que la marée remonte beaucoup.

Il en est un peu différemment pour l'Andranolava dont le débit de saison sèche est alimenté par les mouvements de flux et de reflux de la marée. Ce n'est évidemment pas, si loin de l'embouchure, une eau exactement comparable à l'eau de mer qui va et vient, mais plutôt une eau intermédiaire, dans l'ensemble assez douce, du moins pour l'eau de surface.

Deux prélèvements ont été faits en surface, à marée basse et marée haute, en période de moyennes eaux ; l'analyse a fourni les résultats suivants (en octobre) :

	pH	Sels dissous ‰/00	ion Cl	ion SO ₄	Na	Na/Ca
Marée basse	6,7	90,1	10,6	7,5	38	0,33
Marée haute	6,8	230	150,5	15,5	171,5	9

C'est cette eau qui doit être utilisée par pompage à Befanjava, à l'extrémité Est de la plaine. A marée haute, le taux de sels est d'environ 0,3 pour mille, ce qui est peu salé. Le rapport Na/Ca est cependant un peu fort. Il faudra naturellement faire de nombreux prélèvements pendant les époques prévues pour l'irrigation, et si possible à différentes profondeurs. Une étude faite près de Marovoay, plus près de l'eau salée de l'estuaire de la Betsiboka, a montré par ailleurs que la salinité est toujours plus forte en profondeur qu'en surface, même à marée haute (3,3 gr en surface contre 3,5 gr à 4 mètres). La pompe flottante serait donc probablement la meilleure solution.

Les autres ruisseaux peu importants, qui traversent la plaine Sud-Nord, ne sont alimentés qu'en saison des pluies. Il est probable qu'en cas de fortes pluies, ils peuvent transporter des quantités notables de matériaux grossiers pris dans les grès d'où ils proviennent. On pourra donc être amené à protéger les rizières situées par exemple de chaque côté du ruisseau parallèle à la Masokoeny, qui se jette dans l'Andranolava à l'ouest d'Ambalabe, des débordements de ces ruisseaux, ou mieux lutter contre l'érosion en amont, bien que ces collines soient déjà bien dégradées.

Notons enfin qu'une nappe existe en permanence dans toute la plaine. En saison sèche, elle est particulièrement salée, principalement dans la partie est de la plaine dont nous avons vu qu'elle présente particulièrement les caractères des sols salés. Six prélèvements d'eau ont été analysés dont quatre dans la zone Est, et deux dans la zone Ouest ; quelques résultats sont consignés dans le tableau suivant :

	pH	Sels dissous	ion Cl	ion SO ₄	Na ₂ O	Na/Ca
AB 80.....	5,1	38,1	28,14	4,74	17,95	31,5
AB 10.....	5	36	26,81	3,68	18,22	18,5
AB 15.....	6,9	2,30	2	0,32	1,22	8,1

Les échantillons AB 10 et AB 80 sont à l'Est, AB 15 à l'Ouest (sous-écoulement du bras mort de la Masokoeny). Cette nappe est donc très salée à la fin de la saison sèche et on la trouve entre 1 et 1,50 mètre de profondeur. Les gens du pays disent qu'elle est plus haute en saison des pluies et aussi peut-être plus diluée. Des observations sont nécessaires pour connaître les variations de niveau et qualité de cette nappe, observations qui pourront être faites pendant le cours des travaux du génie rural avant les premières cultures.

VEGETATION ET CULTURES

Pour ce qui est de la végétation naturelle, nous allons distinguer plusieurs zones :

Zone des collines gréseuses, à végétation assez peu dense de *Satrana* ou *Hyphaene shatan*, et *Vero* ou *Hyparrhenia rufa* comme strate herbacée. Tout cela érodé et souvent brûlé.

Zone des dépressions argileuses salées de la plaine orientale où le sel conduit à une végétation essentiellement halophile, avec principalement *Matsia* ou *Sporobolus pyramidalis* et *Sirasira* ou *Arthrocnemum pachystachium*, éventuellement *Tsingetsy-hetsy*, auxquels se joint *Harefo* ou *Eleocharis plantaginea* où stagne l'eau et *Volodia* ou *Cyperus volodioides*.

Zone des alluvions surélevées, couvertes d'une belle savane arborée où croissent de nombreuses espèces parmi lesquelles Manguiers, *Sakoa* ou *Poupartia caffra*, *Adabo* ou *Ficus cocculifolia*, Tamariniers ou *Tamarindus indica*, Jujubiers ou *Zizyphus jujuba* ;

cette formation devient moins complexe en allant vers le Sud ou l'Est, et fait place au *Satrana* tandis que la *Manevika* ou *Imperata cylindrica* fait place à *Hyparrhenia rufa* ou *Vero*.

Zone des mangroves plus ou moins colmatées, au confluent Masokoenjy-Andranolava, les palétuviers sont encore présents, mais en petit nombre, avec leur cortège d'arbres de zones moins salées (*Moromony*, *Thespesia*).

Zone des rizières de l'ouest d'Ambalabe, avec une végétation de *Vero* et *Volodia*, parfois un peu de *Matsia* dans les zones voisines des alluvions de l'Est.

Zone marécageuse de l'Est, au sud de l'Andranolava avec *Volodia*, *Felidalamba*, *Harefo*, *Saroiitra* ou *Neptunia prostrata*.

La population, à fort apport Tsimihety, et même Betsileo, cultive le riz en saison des pluies dans la partie ouest non salée, avec d'assez bons rendements. Une assez forte quantité de riz est d'ailleurs commercialisée. Mais les cultures peuvent être compromises par l'irrégularité des pluies.

Un des objectifs de l'aménagement hydraulique est donc de régulariser l'irrigation en permettant éventuellement deux cultures de riz par an.

Un second objectif est la mise en culture de la zone orientale non utilisée, mais là se posent des problèmes que nous étudierons plus loin. Indépendamment du riz, des cultures de manioc se rencontrent sur les rives de *baiboho* de l'Andranolava.

Notons enfin, et ces facteurs ne sont pas négligeables, que les navires de petit tonnage peuvent remonter jusqu'à Ambalabe par la baie de la Mahajamba ce qui simplifie les opérations de transport, et que le canton d'Ambalabe est le centre d'un Secteur de Paysannat ; on peut donc espérer une évolution économique notable dans les prochaines années.

La superficie de la plaine est de 3.500 hectares, dont environ 1.000 sont déjà cultivés en rizières, exclusivement dans la zone Ouest.

II. ETUDE DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS

ORIGINE DES SOLS

Nous avons vu que l'histoire alluvionnaire de la plaine était assez complexe.

La mangrove qui occupait le terrain jusqu'au pied des collines gréseuses a été recouverte par des alluvions épaisses souvent de plus d'un mètre, mais on retrouve toujours une argile gris-noir en profondeur, qui contient souvent sulfures et fer ferreux ce qui rend compte partiellement de son origine. Le sol de mangrove est

d'ailleurs mélangé aux alluvions, car la granulométrie est généralement très argileuse partout (60 à 80 p. 100 d'argile pour de nombreux sols) la plupart sont également dépourvus de sables grossiers sauf lorsque l'on se trouve à l'emplacement d'anciens lits de rivière, ce qui est surtout fréquent le long de la Masokoenjy.

La surélévation de ces sols par de nombreux apports d'alluvions a diminué la fréquence des incursions des marées, mais les grandes marées pénètrent encore par certains chenaux qu'il sera bon de boucher lorsque l'on mettra la plaine orientale en valeur.

Il y a donc en quelques endroits lessivage par les pluies et perte d'une partie des sels, du moins dans les horizons supérieurs mais dans les dépressions de l'Est, la stagnation d'eau salée, d'une part, la remontée capillaire, d'autre part, ont augmenté notablement les taux de sels dans les sols, et la végétation accuse nettement cet état de chose.

P. SÉGALEN, dans l'étude des sols d'Ambalabe, avait distingué deux séries :

— Une série non micacée peu salée à l'Ouest, issue d'alluvions de la Masokoenjy, pour la plus grande partie ;

— Une série micacée venant de la Mahajamba et par surcroît salée.

Mais la limite des dépôts micacés et non micacés ne sépare pas exactement sols salés et non salés ; la topographie a joué un grand rôle.

Néanmoins nous distinguerons deux familles de sols issus d'alluvions soit de la Mahajamba, soit de la Masokoenjy.

Indépendamment de l'évolution vers des sols salés, et salés à alcalis, des argiles de la zone Est, la plupart des sols ont subi une influence *hydromorphe* plus ou moins accusée en raison de la topographie, ou de la présence plus ou moins constante d'horizons imperméables dans le profil.

Des nappes ayant été trouvées dans toute la saison sèche à une profondeur de 1 à 1,5 m, avec remontée complète l'hiver, l'engorgement est généralement temporaire d'ensemble, donnant des sols tachetés. Les incursions des marées sur certains sols donnent un engorgement temporaire de surface, de même que celui dû aux pluies dans la zone Ouest. Enfin, quelques rares dépressions ont un engorgement permanent d'ensemble avec formation d'un sol de marais.

Des types analogues (sol de marais) sont d'ailleurs visibles en de nombreux endroits, enterrés sous les alluvions. Sur la périphérie de la plaine des colluvionnements ont lieu, mais les reliefs gréseux étant très plats, ces colluvionnements sont peu importants.

CLASSEMENT ET DESCRIPTIONS

Nous étudierons les sols prospectés dans l'ordre suivant :

A. Sols évolués

- 1° Sols ferrugineux tropicaux rouges sur grès (pour mémoire);
 2° Sols hydromorphes.
 1. Sols faiblement hydromorphes (engorgement temporaire de surface Mahajamba) 1.
 2. Sols hydromorphes argileux (Masokoenjy) 2 ;
 — argilo-sableux (Masokoenjy) 3 ;
 — argilo-limoneux (Mahajamba) 4.
 3° Sols salins :
 — Sols argileux (Mahajamba).

B. Sols peu évolués

- 4° Alluvions récentes Mahajamba limoneux 6 ; Masokoenjy sableux 7.
 5° Sols de mangrove (pour mémoire).
 N.B. — Les descriptions de profils sont dues pour la plupart à J.R. RATASILAHY, aide-pédologue.

1. Sols faiblement hydromorphes, argilo-limoneux à sable fin, peu salés

Issus d'alluvions de la Mahajamba, ces sols se trouvent non loin de la rivière, dans des surfaces légèrement déprimées où l'eau stagne pendant toute la saison des pluies ; ces sols sont même parfois marécageux (profil n° 21). La présence de nombreuses taches liées à la nappe les font classer dans les sols hydromorphes ; ils sont en outre peu salés. Ils couvrent au total 190 hectares.

Profil. — A l'ouest du village de Befanjava, petite dépression avec marais à *Volodia*, *Harefo*, *Saroitra*, profil n° 21 ;

- 0-10 cm : Horizon gris noirâtre, argilo-fibreux avec nombreuses racelles, micacé.
 10-80 cm : Horizon brun, limoneux à sableux fin, gorgé d'eau.
 + 80 cm : Horizon brun rougeâtre, argilo-limoneux, plastique.

À l'est d'Ambalabe, sous une végétation de *Matsia* et *Tsingetsy-hetsy* profil n° 10 :

- 0-5 cm : Horizon brun à rougeâtre, argilo-limoneux avec quelques fissures en surface, structure polyédrique à nuciforme, bonne perméabilité.
 5-60 cm : Horizon brun, sablo-limoneux, quelques taches diffuses grises et noires, structure lamellaire à polyédrique.
 60-100 cm : Horizon brun à rougeâtre, grosses taches noires, limono-argileux, structure nuciforme à polyédrique.
 + 100 cm : Argile grisée bariolée, plastique et gorgée d'eau.

L'horizon intermédiaire est souvent plus grossier, avec une couche de sable fin et micacé.

Propriétés. — Le taux d'argile de ces sols est toujours assez important ; il ne descend jamais au-dessous de 35 p. 100. La capacité de rétention pour l'eau est donc assez élevée (40 à 60 p. 100) d'autant plus que ces sols sont riches en matière organique (3 à 4,5 p. 100). La perméabilité mesurée est plutôt faible, sauf lorsque l'horizon sableux intermédiaire est assez épais. La percolation entraîne une baisse progressive de la perméabilité. Seul l'horizon profond 173 bis s'est colmaté au bout d'une heure. Le coefficient K mesuré par la méthode HÉNIN varie dans d'assez larges limites pour les horizons de surface, mais se tient entre 0,5 et 1,5 cm/heure au-dessous de 50 centimètres.

Les acides humiques sont en quantité suffisante dans les horizons supérieurs, mais l'humification est faible.

Le taux d'azoté est généralement faible, sauf parfois en surface.

Les bases échangeables sont toutes présentes en fortes quantités, mais il faut noter que la magnésie est souvent plus importante que la chaux, de même que la soude par rapport à la potasse.

La capacité d'échange est forte, ainsi que la somme des bases, ce qui provoque une saturation du complexe moyenne à forte ; les pH mesurés sont voisins de 5,5.

Les réserves sont bonnes, surtout en potassium (micas), mais le phosphore assimilable est très faible.

Si la surface est dans l'ensemble peu salée, au-dessous de 50 centimètres on constate des teneurs assez fortes (jusqu'à 12,5 p. 1000) dues probablement aux remontées d'une nappe salée.

Utilisation. — Ces sols sont lourds et un peu salés ; il convient donc de les réserver à la riziculture ; en outre comme ils sont près des arrivées d'eau salée et topographiquement en contre-bas des berges, il faudra les protéger des débordements en saison sèche. Certains de ces sols sont déjà aménagés en rizières à l'ouest d'Ambalabe. Pour l'extension on devra observer de bonnes mesures de drainage.

2. Sols hydromorphes argileux tachetés

Ces sols sont issus de dépôts alluviaux de la Masokoenjy, et constituent un certain nombre de zones plates, totalisant une surface de 730 hectares. Ils sont traversés par d'anciens bras à sédimentation grossière, et de zones plus limoneuses. La teinte générale de ces sols est grise, plus ou moins foncée. On observe souvent de larges fentes de retrait en saison sèche. Ils sont à peu près tous cultivés en rizières, pendant la saison des pluies.

Profil. — Au nord de Bekobay, rizière fortement craquelée, profil n° 17 :

0-10 cm : Horizon brun à gris foncé, argileux, structure prismatique secondairement polyédrique, fort enracinement.

10-30 cm : Horizon de même teinte avec grosses taches noires et rouille, argileux, prismatique, très dur.

30-100 cm : Horizon brun à taches diffuses claires et rouilles, argileux, plastique, humide.

Plus au Nord, près du bras mort de la Masokoenjy (profil n° 15) :

0-60 cm : Horizon brun-gris à taches diffuses rouille, argileux, structure prismatique, sec et durci ;

60-120 cm : Horizon brun gris à taches noires durcies, argileux, plastique, humide.

On trouve généralement au-dessous une couche d'argile grise plus ou moins foncée, dont on peut penser qu'elle vient des dépôts de la mangrove.

Au sud-ouest d'Anosimbary, près de la route d'Ambalabe à Bekobay, dans une rizière, on note un profil plus profond (n° 11) :

0-40 cm : Horizon gris foncé à taches rouilles, argileux, structure prismatique, très dur, fendillé.

40-200 cm : Horizon brun-gris à traînées verticales rouille, argileux, humide, plastique.

Propriétés. — Dans ces sols, le taux d'argile est très élevé, de 60 à 70 p. 100 ; ils ont peu de limon et entre 15 et 25 p. 100 de sable fin, pas de sables grossiers. Nous avons vu que le sous-sol est aussi argileux, ces sols ne sont donc pas perméables et drainent mal par eux-mêmes. Le coefficient K mesuré au labo prend des valeurs généralement supérieures à 10 centimètres/heures dans les vingt premiers centimètres du sol.

Au-dessous il est voisin de deux jusqu'à un mètre où il est le plus souvent de 0,4 à 1,5 cm/heure. Le colmatage se fait en deux à trois heures pour les horizons profonds. La capacité de rétention pour l'eau est assez élevée, mais variable.

Tous ces sols sont riches en matière organique, même en profondeur ; on en trouve encore 3 p. 100 à 1,50 m ; l'humification est assez faible, mais les matières humiques sont en quantité suffisante. L'azote est partout déficient. De ce fait le rapport C/N est toujours élevé.

Les bases échangeables sont toutes présentes en fortes quantités, mais magnésienne et soude sont toujours plus fortes que chaux et potasse.

Vers l'Est, l'ion sodium prend une part non négligeable dans le complexe absorbant ; la capacité d'échange de ce complexe est d'ailleurs très forte, 50 à 60 milliéquivalents pour 100 grammes.

La somme des bases est également très forte (25 à 55 M.E./100 g). La saturation du complexe est moyenne à forte ; le pH de ces sols oscille entre 5 et 6 pour les mieux saturés.

Les réserves sont très bonnes en chaux ; potasse et phosphore sont plutôt moyens et le phosphore assimilable très faible.

A part de rares concentrations en surface dues à des dépressions, seuls les horizons profonds, sous 60 centimètres, contiennent des

quantités de sels notables (2 à 9 p. 1000). Les prélèvements d'eau de la nappe n'accusent que des teneurs faibles en sels solubles (chlorures).

Utilisation. — Les rizières couvrent ces sols ; jusqu'à présent un certain lessivage des sels s'est fait par l'eau des pluies ; si l'on envisage en régularisant l'irrigation de fournir plus d'eau à ces sols, surtout si l'on tente deux cultures de riz par an, il faudra drainer, sinon la nappe remontera en surface, et se concentrera, ce qui doit d'ailleurs se faire maintenant, mais assez lentement ; l'irrigation risque de précipiter le phénomène.

Si l'on veut pouvoir travailler ces terres très lourdes, il sera bon d'améliorer la structure par des cultures d'engrais verts. Pour une irrigation et un drainage corrects, il faudra probablement revoir le tracé de certaines parcelles, suivant des courbes de niveau.

Nous avons vu la déficience du sol en azote, élément très important ; on peut donc préconiser l'essai de sulfate d'ammonium, et aussi d'urée, en prenant les précautions d'usage avec cet engrais à action plus lente, attendre trois à cinq jours avant d'inonder la rizière pour éviter les pertes trop grandes par lessivage. Nous avons parlé de cultures d'engrais verts ; des fourrages pourront y être joints, car l'alimentation des bovins paraît déficiente, en raison du manque de terres pâturables à proximité.

3. Sols argileux sur sable ou argilo-sableux tachetés

Ces sols forment une bande discontinuée le long de la Masokoenjy, ainsi qu'une bande plus à l'Est. Leur caractéristique est la présence, à environ 1 mètre de profondeur, d'une couche de sable grossier assez épaisse. Ces sols, dont une grande partie est plantée en riz en saison des pluies, couvrent 390 hectares.

Profil. — Au nord de Bekobay, vaste rizière asséchée avec quelques fentes, profil n° 16 :

- 0-50 cm : Horizon gris foncé, nombreuses taches rouilles, argileux, structure polyédrique à prismatique, enracinement important.
- 50-100 cm : Horizon gris clair, bariolé de rouge et de noir, argileux, plastique.
- + 100 cm : Sable brun fluvialite.

Au sud-est d'Antanimalandy, à 200 mètres de la Masokoenjy, au milieu d'une grande rizière, on note le profil n° 26 :

- 0-30 cm : Horizon gris à taches rouilles, argileux, structure prismatique, sec et durci, rares fentes.
- 30-100 cm : Horizon gris à taches rouilles, argilo-sableux, plastique, humide.
- + 100 cm : Horizon brun à taches grises, sableux, particulaire.

Le profil n° 24 est identique, le sable apparaît à 90 centimètres et il est plus fin que dans le profil n° 26.

On observe dans ces sols la teinte générale grise et des taches dans tout le profil. L'engorgement est temporaire d'ensemble et en

même temps permanent de profondeur, car la nappe est toujours assez proche. Seuls les 30 à 40 centimètres supérieurs se dessèchent en été.

Propriétés. — Bien que légèrement variable, le taux d'argile de ces sols ne descend jamais en dessous de 40 p. 100. Il n'y a presque pas de sables grossiers dans les 100 centimètres supérieurs.

La capacité de rétention pour l'eau est voisine de 45 à 50 p. 100 sauf sous 1 mètre.

La perméabilité est faible en surface (2 centimètres/heure) forte en profondeur, dans l'horizon sableux (5 à 10 centimètres/heure) mais souvent très faible dans l'horizon intermédiaire qui se colmate rapidement (1,45 cm/heure dans l'horizon 242). On peut donc penser qu'il y a peu de chances de grosses pertes d'eau par infiltration lors de l'irrigation.

Ces sols sont très riches en matière organique (jusqu'à 6 p. 100) ; l'humus est également abondant, par contre l'azote est déficient comme dans les autres sols.

Au point de vue bases échangeables, richesse grande en chaux et magnésie, moyenne en potasse ; la capacité d'échange est forte, la somme des bases également ; la saturation est plutôt forte, avec pH de 5 à 6.

Les réserves sont moyennes en calcium, faibles en potassium et en phosphore, le phosphore assimilable étant aussi très faible.

Ces sols contiennent un peu de sels solubles, jusqu'à 2,5 p. 1000, dans l'horizon sableux de profondeur.

Utilisation. — Nous avons vu que ces sols sont cultivés en riz, leurs qualités physiques s'y prêtant, ainsi que leur teneur en matière organique. Mais pour l'obtention de bons rendements l'application d'engrais azotés ou d'engrais verts (légumineuses) sera bonne. Nous préconisons également un essai avec engrais phospho-potassique 25-16, lorsque l'alimentation en azote sera correcte.

4. Sols hydromorphes argilo-limoneux sur sable ou sablo-argileux

On trouve ces sols en bordure de la plaine salée de la Mahajamba, souvent à l'emplacement de lits ou débordements, car ils contiennent souvent un peu de sable grossier dans le profil. Ils couvrent 210 hectares. La teinte du sol est plutôt grise en surface, brun-rouge en profondeur. Les profils sont parfois un peu variables.

Profil. — Au nord-ouest de Befanjava, au sud de la boucle de la rivière, sous végétation de *Bonara*, *Adabo*, *Jujubiers*, *Tsingetsyhetsy* ; profil n° 7 :

0-15 cm : Horizon brun gris, limono-argileux à sable fin, micacé, structure polyédrique à tendance prismatique, poreux, enracinement important.

15-80 cm : Horizon brun, sableux, micacé, particulière.

80-120 cm : Horizon brun rougeâtre, taches noires et rouilles, limono-argileux à sable fin, micacé, structure lamellaire, poreux.

Ce profil se trouve à l'emplacement d'un lit présumé de l'Andranolava.

Ces sols étant moins argileux, on n'observe que peu de fentes en surface ; ils sont généralement à une cote un peu supérieure aux sols argileux salés.

Propriétés. — Les horizons profonds sont souvent plus argileux, ce qui maintient une certaine humidité en profondeur, d'où tendances faiblement hydromorphes. Le taux d'argile atteint néanmoins 20 à 30 p. 100 en surface, ce qui est raisonnable.

La capacité de rétention pour l'eau varie de 20 à 50 p. 100. Ces sols sont riches en matière organique, jusqu'à 10 p. 100 en surface et il y en a en profondeur ; ils sont aussi riches en humus.

L'azote est moyen en surface.

Le complexe absorbant d'assez forte capacité est fortement saturé en chaux, magnésie et potasse, ainsi qu'en sodium échangeable qui prend plus d'importance en profondeur où la nappe salée vient en contact.

Le pH est voisin de 6.

Les réserves sont bonnes, surtout en potassium. Les sols solubles ne sont en forte concentration qu'en profondeur ou dans quelques dépressions (profil 23 : 6,5 p. 1000 de sels solubles de 0 à 15 centimètres), mais il s'agit ici d'efflorescences concentrées.

Les taux observés ne sont pas nocifs pour le riz en général (maximum 3,6 p. 1000 à moins de 50 centimètres).

Utilisation. — Quoique moins favorables que les sols argileux, ces sols conviendront à la riziculture sans besoin de dessalage. Comme ils sont peu étendus, il n'est pas utile de prévoir d'autres cultures industrielles. Le planage permettra d'éliminer les petites cuvettes où se concentrent parfois les sels (profil 23). Notons enfin que le défrichement de la savane arborée sera nécessaire avant la mise en culture.

5. Sols salés argileux ou salins à alcalis

Ces sols occupent une vaste zone (930 hectares) en position déprimée, à l'est-sud-est d'Ambalabe. Elle est bordée au Nord par les bourrelets alluviaux, au Sud par les collines gréseuses. La végétation n'est pas continue et formée de rares espèces halophiles, *Matsia* en majorité, avec quelques *Sirasira*, et des Cyperacées dans de petites dépressions gorgées d'eau. On observe souvent la structure poudreuse et les efflorescences caractérisant la présence de sels.

Profil. — Classiquement on observe un horizon brun épais, de 20 à 30 centimètres, argileux, surmontant un horizon brun rouge argileux également jusqu'à 100 à 120 centimètres, suivi par l'argile grise compacte et humide que l'on retrouve en sous-sol de toute la plaine.

Ces alluvions sont micacées et dues aux apports de la Mahajamba.

Vers le centre de la plaine, au sud de Befanjava, dans une dépression à Cypéracées au milieu des *Matsia*, le profil se présente ainsi (profil n° 9) :

- 0-20 cm : Horizon brun gris foncé, argileux, polyédrique avec fentes, taches rouilles diffuses, enracinement important.
- 20-80 cm : Horizon gris et brun rouge bariolé, argileux, plastique.
- 80-120 cm : Horizon argileux gris clair à olive, grosses taches brunes.
- 120-200 cm : Argile grise à bleuâtre, plastique.

La couleur brun-rouge de l'horizon intermédiaire est vraisemblablement due aux éléments latéritiques apportés des plateaux par la Mahajamba.

Notons aussi que les taches sont plus importantes à la base du profil, au contact de l'ancienne argile de mangrove. Cette dernière aurait la composition granulométrique suivante :

- Argile 65 à 70 p. 100 ;
- Limons : 6 p. 100 ;
- Sable fin : 25 p. 100 ;
- Sable grossier : 0.

Propriétés. — Ce sont des sols très argileux (55 à 70 p. 100 d'argile) ne contenant pas de sables grossiers.

La capacité de rétention pour l'eau est supérieure à 50 p. 100, due à cette fine granulométrie qu'aggravent encore de fortes teneurs en matière organique (3 à 4 p. 100).

Les mesures de perméabilité au laboratoire ont donné les résultats suivants : K varie de 5 à 7 centimètres/heure dans l'horizon de 0 à 20 centimètres, de 0,4 à 0,8 entre 50 centimètres et 1 mètre de profondeur, et augmente généralement, mais faiblement au-delà. La structure de ces sols a été étudiée par la méthode préconisée par HÉNIN ; dans le traitement à l'eau les sols testés ne présentent qu'un pourcentage faible d'agrégats stables, 6 à 12 p. 100, et le benzène entraîne une diminution de moitié de ces chiffres. Notons que, lors des percolations, le colmatage est toujours survenu assez rapidement, le plus souvent en une à deux heures, cinq dans les cas les plus favorables.

Il y a peu d'acides humiques et l'azote est déficient.

Le complexe absorbant est riche en tous éléments et le sodium atteint parfois 30 p. 100 de la capacité d'échange ce qui fait ranger ces sols dans les *sols à alcalis salés*.

L'examen du rapport (Na + K/Ca + Mg) les fait appeler plus exactement *solontchaks sodiques et magnésiens*.

La capacité d'échange est très forte (30 à 60 milliéquivalents pour 100 grammes).

La somme des bases est forte elle aussi (20 à 30 ME/100 mg), la saturation est moyenne avec pH généralement voisin de 6.

Les réserves sont moyennes en calcium et phosphore, très bonnes en potassium grâce aux micas. Le phosphore assimilable est toujours faible, sauf dans certains horizons profonds (échantillons n^{os} 23, 83 et 193).

Aménagement et utilisation. — Nous avons vu que ces sols montrent de nombreux caractères de sols salés (végétation, structure superficielle, présence fréquente d'efflorescences salines, constitution du complexe absorbant). Notons par ailleurs que nous n'avons pas observé de « salant noir », de carbonate de soude ($CO_3 Na_2$). Dans la zone explorée par les racines, le taux de sels varie de 15 à 25 pour mille du poids de terre, et ce taux est plus élevé en profondeur. Nous avons mentionné également l'existence d'une nappe fortement salée qui stagne en saison sèche entre un mètre et un mètre cinquante.

Les fortes pluies de saison chaude amènent une remontée de cette nappe, dont l'eau est, alors, paraît-il moins salée. Bien que ces sols soient très peu perméables et se colmatent facilement, le drainage est certainement possible quand la nappe est assez haute et doit permettre, combiné avec les fortes pluies de saison et l'irrigation le reste de l'année, un lessivage des sels solubles.

Le déplacement des ions Na se fait ordinairement par adjonction au sol de sulfate de calcium ou de gypse. Néanmoins il est possible que le lessivage ait par lui-même un effet, en raison de la quantité pas trop importante de Na dans ces sols. Le rapport Na/Ca dans l'eau de l'Andranolava est de toutes façons, même à marée haute, inférieur à celui de la nappe. On peut donc penser que des échanges se feront lors de la mise en eau. Si l'on fait de la riziculture, le sol sera ainsi à peu près toute l'année submergé, et si le drainage est efficace, et si les incursions des marées de vives eaux sont empêchées par un jeu de verrous de marées, on devra assister à une baisse progressive du taux de sels qui permettra la culture du riz d'une manière rentable.

Dans des conditions analogues, près de Marovoay, nous avons vu que les rendements n'étaient très affectés qu'à partir de 10 p. 1000 de sels solubles dans le poids de terre. Si donc on ne peut s'attendre, les premières années, à des rendements corrects, la situation devrait ensuite s'améliorer graduellement. On est en droit d'attendre ensuite des rendements très satisfaisants sur ces sols, par ailleurs assez riches en éléments fertilisants, sauf assez souvent en azote. La fertilisation prévue pour les types de sols précédents sera applicable ici, de même que devront être faits des essais avec engrais verts et légumineuses.

6. Sols d'alluvions humifères récentes de la Mahajamba

Ces sols forment des bourrelets alluviaux assez larges le long de l'Andranolava. Ils débordent même vers la plaine méridionale et occupent une vaste surface le long d'un bras, à l'est d'Ambalabe. Ils se rétrécissent jusqu'à disparition complète en atteignant le confluent avec la Masokoeny, cernant parfois des zones déprimées à tendance hydromorphe.

Leur formation est naturellement liée aux débordements d'alluvions provenant de la Mahajamba ; les sédiments déposés y sont plus grossiers que vers le centre de la plaine, où se sont déposés les éléments plus fins.

La végétation est du type savane arborée avec *Sakoa*, Manguiers, Tamariniers, *Adabo* et *Satrana*. Le couvert herbacé est à base de *Vero* et *Paka*, *Matsia* dans les bordures un peu salées.

Profil. — A l'ouest de Befanjava, à 200 mètres au sud de la rivière Andranolava (Mahajamba) profil n° 13 :

- 0-10 cm : Horizon brun, limono-argileux à sable fin, micacé, structure nuciforme à polyédrique, poreux.
- 10-50 cm : Horizon brun rougeâtre limoneux à sable fin micacé, structure lamellaire à polyédrique, poreux, perméable, quelques taches diffuses noires.
- 50-120 cm : Horizon brun, sableux, micacé, particulière.

Parfois plus près d'Ambalabe, l'horizon plus sableux se trouve à profondeur plus grande, 100 à 120 centimètres. On observe toujours quelques taches à la base, dues à l'existence d'une nappe assez haute en saison des pluies. Mais les 50 centimètres supérieurs semblent toujours bien drainés. Ils sont en outre situés au-dessus de la cote 4 mètres.

Notons qu'à une profondeur plus grande que les autres sols, environ 2 mètres, on retombe sur l'argile grise ou noire issue de la mangrove, et salée.

Propriétés. — Ces sols sont plutôt limoneux à sable fin, et contiennent 30 à 40 p. 100 d'argile, avec peu de sables grossiers. La capacité de rétention pour l'eau varie de 30 à 50 p. 100.

Ils sont très humifères, la matière organique atteignant 15 p. 100 dans les horizons supérieurs, et il y en a des quantités notables en profondeur. Ils sont aussi riches en humus et acides humiques. On trouve assez d'azote en surface. L'humification est moyenne, le rapport C/N voisin de 20, donc satisfaisant.

Le complexe absorbant, d'assez forte capacité, est fortement saturé en chaux, potasse et surtout magnésie. Notons pourtant que les horizons profonds sont moins riches en potasse.

Le pH est voisin de 6.

Les réserves sont bonnes, surtout en potassium (micas). Les sels solubles ne sont pas présents, sauf en certains endroits topographi-

quement plus bas à la périphérie, ou submergés par certaines marées.

Utilisation. — Ces sols, bien que convenant pour le riz, ne sont d'ailleurs irrigables que sur une faible surface, sauf si l'on peut irriguer jusqu'à la cote 5 mètres, ce qui ne semble pas prévu.

Néanmoins, ils sont certainement valables pour des cultures sèches en saison des pluies, de novembre à avril, temps pendant lequel il tombe en moyenne 1.400 millimètres d'eau. Il faudra alors défricher la savane arborée.

Arachides, haricots, manioc devraient convenir.

7. Sols sableux

Nous y avons rangé les sols situés le long des berges de la Maso-koen'jy ainsi que sur d'anciens bras, et ceux qui bordent le ruisseau Nord-Sud à l'ouest d'Ambalabe. Ils sont finement sableux en surface, mais grossiers en profondeur. La végétation est à base de *Satrana*, *Ahidambo* et *Bararata* dans les parties très sableuses.

Profil. — Dans le méandre d'un ancien bras sous-savane arborée, profil n° 27 :

0-30 cm : Horizon brun à taches rouilles diffuses, sablo-argileux, structure polyédrique, perméable.

30-100 cm : Horizon brun, sableux, particulière. Parfois le sable est plus profond, mais toujours près de la zone utilisable par les plantes, et grossier.

Propriétés. — Ces sols contiennent peu d'argile et leur capacité de rétention est faible. Ils sont néanmoins un peu humifères. L'azote y est déficient.

Ils sont moyennement riches en chaux et potasse, mais riches en magnésie, par contre ils ne contiennent pas de sodium échangeable.

La capacité d'échange est moyenne et fortement saturée avec pH voisin de 6.

Les réserves sont très faibles en tous éléments.

Utilisation. — En raison de leur perméabilité très forte, ces sols ne pourront être irrigués. Leur situation topographique, le plus souvent en relief, et leur fertilité médiocre ne militent pas en leur faveur.

On leur laissera donc leurs couverts naturels en les empêchant de devenir source de sédiments grossiers pour les rizières voisines.

Nous avons délimité sur la carte jointe les sept types de sols étudiés ci-dessus. On ne demandera pas à ces limites une précision trop grande, car lorsque l'on se rapproche des rivières en particulier, l'alluvionnement assez varié fait qu'il y a des changements difficiles à cartographier au 1/20.000^e. Néanmoins, on peut étendre à chaque surface les caractéristiques d'ensemble relevées pour chaque profil.

D'autre part, pour ce qui est des sols salés de l'Est et des étendues argileuses de l'Ouest, l'unité morphologique est assez nette.

Si l'on envisage d'effectuer une expérimentation culturale il conviendra de se placer pour chaque type de sol aux endroits où il est le plus largement représenté et si possible, près des emplacements de profils décrits et analysés de façon à contrôler le mieux possible l'effet des expérimentations.

Les profils décrits sont schématiquement représentés par la figure n° 2.

CONCLUSIONS SUR LA FERTILITE DES SOLS ET L'APTITUDE A L'IRRIGATION

Granulométrie. — Nous avons vu qu'elle était assez variable dans la plaine, mais on arrive à distinguer plusieurs zones assez bien délimitées :

- Zone argileuse vers le centre des plaines de l'Est et de l'Ouest ;
- Zone argilo-limoneuse à argilo-sableuse à la périphérie de la précédente, et plus près des bras de rivière ;
- Zone limoneuse à sable fin plus près des rivières, surtout développée le long de la Mahajamba ;
- Zone à couches grossières intercalées, plus développée le long de la Masokoenjy, emplacements d'anciens bras.

Perméabilité. — Les sols à texture plus lourde sont naturellement moins perméables, même si l'on trouve vers 1 mètre de profondeur une couche plus grossière.

Des mesures effectuées par la méthode Hénin sur chaque horizon prélevé ont donné quelques indications à valeur d'appréciation. Cette mesure faite au laboratoire équivaut à une préparation mécanique intense du sol.

La perméabilité varie de 0,2 cm/heure à 1,2 pour les sols argileux et salés, et va jusqu'à 8 à 10 centimètres/heure pour les sols sableux. Les horizons supérieurs très humifères donnent le plus souvent des valeurs plus fortes.

Notons que les sols entièrement salés ou les horizons salés d'autres sols se colmatent rapidement au cours de la percolation. La diminution de perméabilité est toujours plus rapide pour les sols salés et les sols argileux.

La mesure des pourcentages d'agrégats a montré une différence notable entre sols salés et non salés, ces derniers ayant une meilleure structure, surtout après percolation. Il est probable qu'au début l'irrigation n'améliorera pas la structure des sols salés, mais il conviendra de remplacer les sels lessivés par des ions calcium par exemple. Notons enfin que dans toute la plaine existe en sous-sol une couche argileuse imperméable. Le drainage devra donc éviter une remontée de la nappe alimentée par les irrigations.

Nous avons observé de nombreuses fentes de retrait sur les sols argileux, tant dans la plaine salée que dans la partie cultivée de l'Ouest. Il est évident que, de par ces fentes, la perméabilité de ces sols sera plus grande en début d'irrigation, mais ne durera pas.

Présence de sels et nappe salée. — Nous avons, par ailleurs, insisté sur la nécessité de lessiver dès l'abord les sols salés du centre de la plaine Est ; l'irrigation et même au début l'utilisation de l'eau des pluies peut y suffire, à condition qu'un drainage efficient soit installé, et que soient empêchées les incursions des marées. Ainsi les sols pourront perdre une certaine quantité de leurs sels, comme les polders.

Il serait intéressant de connaître la quantité d'eau qui sera disponible pour les irrigations, car l'évolution des sels dans le sol et le dessalage seront régis par le débit des arrosages et leur fréquence. Nous n'avons pu avoir ces données, mais elles dépendront probablement du type de pompe utilisé.

Nous avons vu que les sols très salés contiennent de 15 à 25 p. 1000 de sels solubles dans les horizons supérieurs ; suivant la méthode de dosage utilisée (dilution sol/eau = 5), on considère que la riziculture est possible quand le rapport $C_s = \frac{\text{teneur en ClNa du sol}}{\text{teneur en eau du sol}}$ est inférieur à 15.

Or dans les sols analysés, le pourcentage de chlorures varie entre 8 et 15 p. 1000 ce qui donne un C_s de 16 à 30, en prenant comme valeur de la teneur en eau du sol celle de la capacité de rétention (50 p. 100). Il est donc nécessaire de faire baisser le taux de sels du sol.

On est ainsi amené à chercher une évaluation satisfaisante de la quantité d'eau nécessaire à un dessalage effectif. Nous reportant aux calculs de DURAND (*Les sols irrigables*, DHER, Algérie, 1958), la quantité de sels fixée par le sol après un arrosage de débit Q , la teneur initiale du sol en sels étant S , R la quantité d'eau retenue par le sol après l'irrigation, et C la teneur en sels de l'eau, s'exprime par la formule :

$$K = \frac{C \cdot Q}{\bar{R}} - 1$$

Si l'on veut dessaler, il faut que ce rapport K soit inférieur à S ; une fois K fixé, c'est la fréquence des arrosages qui déterminera la rapidité du dessalage. Connaissant maintenant la valeur limite de K , celles de R (égal au maximum à la différence : capacité de rétention-point de flétrissement), de S et de C , on peut en tirer la valeur minimum de Q :

$$K \text{ lim.} = S = 25\% = \frac{0,20/100 \times Q}{0,3} - 1$$

d'où $Q = 0,3$ litre par kilo de terre sèche.

Si nous envisageons de dessaler une épaisseur de 1 mètre de sol, cela va représenter une dose d'arrosage de :

$$10.000 \times 2,7 \times 0,3 \text{ mètres cubes/hectare} = 8.100 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Ceci nous donne, pour environ 1.000 hectares à traiter, un débit fictif continu, de 10 litres/seconde/hectare, en irriguant tous les dix jours. Ceci n'est bien sûr qu'une approximation, car il est probable que le dessalage ne sera pas mené tout de suite sur l'ensemble. Cela dépendra également de la façon dont le drainage s'opérera.

Correction de l'alcalinité. — En ne tenant compte que du chlorure de sodium contenu dans la nappe des sols à alcali, on en trouve 40 grammes par litre.

On déplace les ions sodium du complexe par addition de sulfate de calcium mais on sait d'autre part qu'en présence de chlorure de sodium la solubilité du sulfate est fortement diminuée et n'atteint que 6 gr/l dans le cas présent. On peut donc penser que le remplacement de Na par Ca ne se fera que lentement, quoique la solution au contact du sol soit vraisemblablement moins concentrée que la nappe. Il ne faut donc pas s'attendre à une amélioration rapide.

Néanmoins irrigation et drainage doivent amener un lessivage des sels qui rendra plus soluble le sulfate de calcium. Il faut enfin que l'on dispose de sulfate ou de gypse en quantité suffisante. Les doses applicables sont variables ; le plus couramment on utilise de 5 à 10 tonnes par hectare répandus à la volée ou mélangés au sol. Il faut faire suivre le traitement d'une forte irrigation, et bien surveiller le drainage.

Richesse en éléments fertilisants. — Tous les sols sont riches en matière organique, 3 à 4,5 p. 100 pour les sols argileux, jusqu'à 10 et 15 p. 100 pour les sols limoneux et argilo-limoneux ; ceci pour les horizons supérieurs, mais les horizons sous-jacents en sont aussi pourvus. Mais cette matière organique n'est que partiellement humifiée, d'autant moins que les sols sont plus argileux.

L'azote est à peu près partout déficient, sauf dans les sols limoneux et mieux drainés.

Le complexe absorbant a une capacité principalement liée à la présence de colloïdes argileux, renforcée partiellement de colloïdes humiques ; elle atteint 60 milliéquivalents pour 100 g et dépasse couramment 30 milliéquivalents.

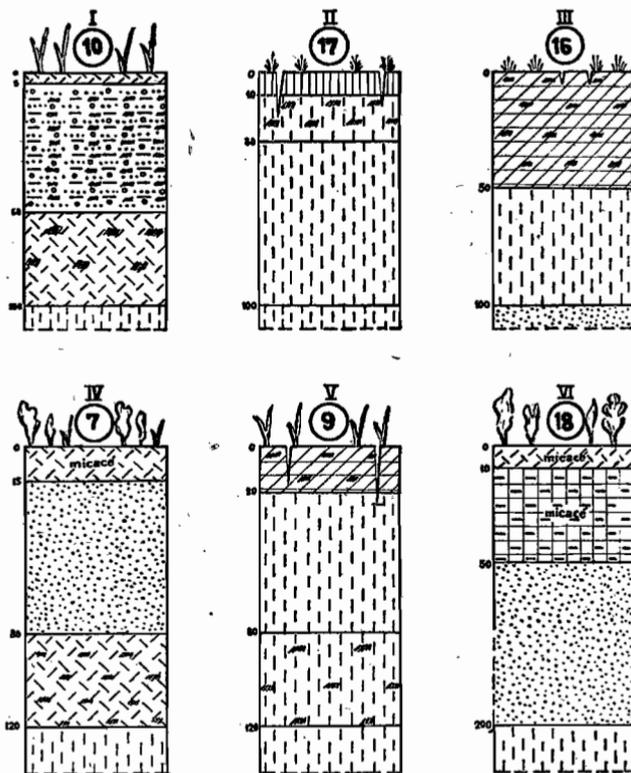
Le complexe est assez fortement saturé en tous éléments échangeables et, dans les sols salés, le sodium prend une certaine importance, donnant des sols salés à alcalis. Notons qu'il est souvent supérieur au potassium. En outre les taux de magnésie sont toujours très importants, ce qui peut ajouter à la compacité de certains sols.

Les réserves sont généralement bonnes, mais moins fortes en phosphore, ainsi qu'en potasse pour les sols argileux de la Masokoenjy.

Notons enfin que tous les sols accusent des teneurs très faibles en phosphore assimilable.

En résumé l'élément qu'il semble devoir être apporté, et qui est primordial pour la culture du riz, est l'azote qui pourra être essayé soit sous forme de sulfate d'ammonium, soit sous forme d'urée, en respectant le temps de latence de cette dernière.

Profils -Types



— LEGENDE —

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|--------------------------------|
|  | Argilo-limonoux polyédrique |  | Sableux particulaire |
|  | Sablo-limonoux lamellaire |  | Limono-sableux fin polyédrique |
|  | Argileux plastique |  | Fentes |
|  | Argileux prismatique |  | Taches |
|  | Argileux polyédrique | | |
- I N° Type 18 N° Profil

Ensuite les phosphates devraient donner quelques résultats, compte tenu des cultures envisagées.

III. POSSIBILITES CULTURALES

A. — Riz

Le riz, déjà cultivé dans la zone d'Ambalabe, est le premier objectif de l'irrigation corrigée et de l'aménagement des terres salées pour lesquelles il convient dès l'abord. Nous avons vu qu'il suffira d'une régularisation de l'irrigation pour que la culture soit très bonne dans la partie Ouest où il sera même possible de faire deux cultures par an, à condition de drainer pour éviter la remontée des sels du sous-sol.

Ces deux cultures de riz seront plutôt réservées aux sols peu perméables, argileux. Les autres porteront du riz seulement en saison des pluies, alternant avec des cultures dérobées en saison sèche.

Au sujet des besoins en eau des cultures de riz de saison sèche (*vary jebby*) et de saison des pluies (*vary asary*) l'examen des calculs d'évapotranspiration effectués par RIQUIER selon la formule de PRESCOTT, sur les données relatives à la Station de Port-Bergé, assez voisine quoique très légèrement plus arrosée, se résume comme suit :

	Pluie (mm)	Evapotranspiration rizière à faible rendement (mm)	Evapotranspiration rizière à gros rendement (mm)
Février.....	366	170	230
Mars.....	229	213	276
Avril.....	55	215	277
Mai.....	2,6	218	314
Juin.....	0,7	216	289
Juillet.....	1,3	217	298
Août.....	1,8	258	333
Septembre.....	1,7	300	388

Ceci nous donne une différence totale entre évapotranspiration et pluies :

a. Pour un riz de saison des pluies (février à mai).

Moyen rendement $160 + 215 = 375$ millimètres.

Fort rendement $47 + 322 + 311 = 580$ millimètres.

b. Pour un riz de saison sèche (mai à septembre).

Moyen rendement $215 + 215 + 256 + 298 = 1.199$ millimètres.

Fort rendement $311 + 288 + 296 + 331 + 386 = 1.612$ millimètres.

En prenant comme coefficient d'efficiences 0,65 pour les sols argileux cela nous conduit aux besoins respectifs d'irrigation de :

575 mm, 890 mm, 1.850 mm et 2.500 mm.

Il faut donc compter sur un volume total d'eau à fournir en saison des pluies entre 5.750 et 8.900 mètres cubes/hectare et en saison sèche entre 18.500 et 25.000 mètres cubes/hectare.

Comme nous pouvons adopter, compte tenu des qualités physiques du sol, un module de 1.500 mètres cubes/hectare, ceci représente un maximum de quinze arrosages tous les dix jours en saison sèche et six arrosages tous les vingt jours en saison des pluies, demandant un débit fictif continu de 1,5 litre/seconde/hectare en saison sèche et 0,75 litre/seconde/hectare en saison des pluies.

Ces indications ne doivent être considérées que comme des approximations ; si l'on veut économiser l'eau, il faut se livrer à des mesures journalières des précipitations et de l'évaporation, ce qui suppose l'installation de quelques instruments météorologiques, à moins que l'on ne se contente de mesurer la concentration saline de l'eau de submersion de façon à irriguer pour remplacer l'eau quand cette concentration devient trop élevée. C'est dans le cadre du Secteur de Paysannat que les essais devront être faits sur un certain nombre de sols cartographiés.

Pour ce qui est des façons culturales, préparation des pépinières, dates de repiquage, il convient de se reporter aux normes établies à la Station de Marovoay.

B. — AUTRES CULTURES

Nous avons vu que plusieurs types de sols sont destinés à la riziculture. Nous avons également signalé l'intérêt de cultures fourragères puisque la région est peu riche en pâturages naturels. Les zones plus sableuses resteront d'ailleurs des pâturages, étant trop perméables.

On a signalé, comme pratique améliorante des sols salés, la rotation qui combine le riz avec le trèfle d'Alexandrie.

De même devront être essayées les rotations du riz avec les engrais verts comme *Sesbania aculeata* et *Crotalaria juncea*, dont les qualités améliorantes sont reconnues.

Mais il reste les alluvions limoneuses récentes de la Mahajamba qui sont valables pour des cultures sèches.

L'arachide, déjà cultivée sur *baiboho* dans la province, doit être tentée ; on la fera alterner avec des engrais verts et on lui fournira tout d'abord des engrais phosphatés (phosphate bicalcique à 75 kilogrammes/hectare) ensuite pour chaque culture un engrais composé PK (21-16) à 150 kilogrammes/hectare.

Semée le 15 janvier, l'arachide bénéficiera en moyenne de $366 + 230 + 55 = 650$ millimètres d'eau. La plantation sera faite en lignes et l'assolement type Marovoay, avec engrais vert et pâture.

L'arachide nécessitant des brise-vent, il suffira de défricher la forêt en gardant des bandes boisées perpendiculaires aux vents dominants.

Les haricots sont également à essayer. Le manioc fournira de bons rendements sur les zones bien drainées, on le fera alterner avec des légumineuses (*Vigna*).

Enfin le paka venant à l'état spontané ou subspontané, cette culture peut être envisagée en accord avec la F.I.T.I.M., celle-ci accordant des facilités aux cultivateurs désirant se lancer dans cette culture.

IV. CONCLUSIONS

CLASSES D'UTILISATION DES SOLS

La carte de la plaine d'Ambalabe n'est pas une carte d'utilisation des sols. Mais il est facile de reconnaître des classes puisque nous avons déterminé la vocation des différents sols prospectés.

Dans cet esprit, les correspondances suivantes peuvent être établies avec les classes d'utilisation habituelles :

Classe I	500 ha	Alluvions récentes de la Mahajamba (type 6) ;
Classe II A	730 ha	Alluvions argileuses Masokoenjy (type 2) ;
Classe II B	390 ha	Alluvions argilo-sableuses Masokoenjy (3) ;
Classe II C	1.300 ha	Alluvions argileuses salées (5) ;
		Alluvions argilo-limoneuses de la Mahajambā (4) ;
Classe VI		Alluvions sableuses Masokoenjy (7) ;
Classe VII		Sols ferrugineux tropicaux rouges sur grès.

La plaine d'Ambalabe montre donc des caractères certains de fertilité. Seule se pose, pour la partie orientale, la question de la salinité, jointe à celles de l'irrigation et du drainage.

La population, assez nombreuse au canton, et son choix pour un Secteur de Paysannat doivent permettre de mettre les sols complètement en valeur.

V. RESULTATS ANALYTIQUES

Les pages suivantes présentent les résultats des analyses de quelques profils représentatifs des types de sols décrits.

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire de Chimie de l'I.R.S.M., selon les protocoles du « Formulaire des Méthodes Analytiques de l'I.R.S.M. », Tananarive, janvier 1959.

CLÉ DES PRÉLÈVEMENTS ANALYSÉS

N° de profil	Type de sol	Publié ci-dessous
1	6	
2	5	X
3	1	
4	2	
5	7	
6	2	
7	4	X
8	5	X
9	5	X
10	1	X
11	2	X
12	4	
13	6	X
14	2	
15	2	X
16	3	X
17	2	X
17 bis	1	X
18	6	X
19	5	X
20	4	X
21	1	X
22	5	
23	4	
24	3	X
25	2	X
26	3	
27	7	X
28	2	
29	2	

REGION : AMBALABE

Profil n° 2

Type de sol : salé

Roche-mère : alluvions argileuses Mahajamba

Végétation : *matsia, tsingetsihetsy.*

Relief : plaine

Drainage : gêné

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
21	0—30	polyédrique à lamellaire	fentes	62,5	24,1	12	0	26,6
22	30—90			60,5	17,3	21,4	0	30,3
23	90—120			74,6	6,8	17,8	0	42,9

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
21	18	7	2,4	10,4	0,9	12	4,5	8,2	1,6	6,3
22	10	3	1,8	6,2	0,5	13	2,6	4,7	0,6	6,9
23	13	5	4	7,8	0,6	13	3,3	0,6	1,4	2,1

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			SELS solubles p. 1000
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	
21	41	20,7	51	5,8	0,010	3,3	3,6	1,4	5,8
22	23	14,8	63	5,4	0,010	2,2	2,7	1,3	9,8
23	14	7,5	45	5,2	0,015	2,5	2,7	1,2	15

REGION : AMBALABE

Profil n° 20

Végétation : savane arborée

Type de sol : humifère limono-sableux

Relief : plaine

Roche-mère : alluvions Mahajamba

Drainage : bon

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
201	0—5	nuciforme	tubulaire	30,3	12,6	53,9	1,7	26,5
202	5—60	lamellaire	bonne	41,1	22,2	35,3	0,5	47,7
203	60—100	légt-particulaire		30,5	13,2	52,1	3	32,8

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	
								Milliéquivalents pour 100 grammes			
201	43	4,6	2,4	24,8	0,6	40	4,6	8,3	25	0,9	
202	12	2	0,8	7,3	0,4	20	5,9	14	0,6	3,3	
203	3	1,5	0,6	1,8	0,2	7	3,8	8,9	0,4	2,2	

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			SELS solubles p. 1000
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	
201	17	14,3	85	6	0,010	2,8	5,5	1	0,3
202	27	23,8	86	6,2	0,010	3,9	4,1	1,2	0,6
203	19	15,4	82	6,4	0,020	2,2	5,9	1,1	2,2

REGION : AMBALABE

Profil n° 171 bis

Type de sol : hydromorphe peu salé

Roche-mère : alluvions Mahajamba

Végétation : matsia, sirasira

Relief : plaine

Drainage : gêné

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
171 bis	0— 10 cm	polyédrique à nuciforme plastique	tubulaire bonne	59,8	22,9	17,1	0	48,9
172 bis	10— 60 cm			58,9	25,5	14,8	0	48,1
173 bis	00—120			38,5	28,3	30,4	2,4	49,2

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Milliéquivalents pour 100 grammes										
171	46	6,5	3,5	27	1,8	15	4,9	12,5	0,7	1,3
172	7	3	0,9	3,9	0,4	9	3,6	14,2	0,6	2
173	6	2	0,8	3,5	0,3	12	3,6	10,4	0,6	4,7

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			SELS solubles p. 1000
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	
171	35	19,4	55	4,8	0,010	3,6	2,6	1,6	1
172	31	20,4	66	5	0,010	2,6	2,4	1,4	2,8
173	25	19,3	77	6,5	0,015	3,5	4,8	1,1	9,8

REGION : AMBALABE

Profil n° 11

Type de sol : hydromorphe argileux

Roche-mère : alluvions Masokoengja

Végétation : rizière

Relief : plaine

Drainage : gêné à mauvais

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
111	0—40	prismatique plastique	fentes	66,9	12,3	17,3	0	47,4
112	40—120			64,1	18,3	15,5	0	66,1

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
111	41	3,2	1,7	24	0,8	30	11,9	24	0,4	2,3
112	30	2,2	1,3	17,6	0,6	31	10,5	18,4	0,5	5,5

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			SELS solubles p. 1000
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	
111	59	38,6	65	5,5	0,015	4,5	0,9	1,1	0,3
112	45	35	77	6	0,010	4	1	0,8	2

REGION : AMBALABE

Profil n° 27

Végétation : savane arborée
satrabe, ahidambo

Type de sol : sableux

Relief : ondulé

Roche-mère : alluvions, anciens bras

Drainage : bon

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
271	0—30	polyédrique particulaire	bonne	17,2	2,8	71,5	6,4	18,7
272	30—100		bonne	12,3	0,9	23,1	62,8	25,5

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
271	29	3	1,5	17,2	0,5	36	4,1	10	0,4	0,1
272	11	1,5	0,9	6,6	0,4	18	2,5	4,5	0,2	0,1

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation	pH	PHOSPHORE assimilable	RÉSERVES p. 1000		
	Milliéquivalents pour 100 g.					CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅
271	14,6	14,6	100	—	0,010	2,2	0,6	0,5
272	9,3	7,3	78,4	6,1	0,005	1,7	0,2	0,2

REGION : AMBALABE

Profil n° 13

Roche-mère : alluvions récentes

Mahajamba

Végétation : savane à *adabo*,
satrana, *manevika*

Type de sol : humifères limono-sableux fin

Drainage : bon

Relief : terrasse

Erosion : nappe légère

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
131	0—10	grumeleux-nuciforme particulaire lamellaire-polyédrique	bonne	31,9	19,3	46	1,2	70,5
132	10—50		bonne	17,4	11,4	68,3	1,9	20,4
133	50,70		bonne	27,5	24,3	45,2	2,0	30,1

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
131	26	12,5	6,3	15,5	2,3	6,7	11,5	7,3	0,7	0,2
132	20	3,4	1,4	11,5	0,3	35	4,1	3,8	0,2	0,2
133	2	1,9	1,6	1,3	0,3	4	5,8	8,2	0,5	0,2

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			SELS solubles p. 1000
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	
131	30,1	19,8	66	6,3	0,025	4,8	3,1	1,8	3
132	23,7	8,3	35	5,4	0,015	2,9	4,3	1	0,1
133	18,1	14,2	79	5,5	0,015	3,8	3,5	1	1,8

OBSERVATIONS : Le bourrelet est parfois submergé par les marées, mais rarement.

REGION : AMBALABE

Profil n° 18

Roche-mère : alluvions récentes

Mahajamba

Drainage : bon

Végétation : savane arborée à
satrana, ahidambo, manevika

Type de sol : humifère limono-sableux fin
Relief : plaine

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
181	0—10	noniforme	bonne	65,1	15,3	13,5	0,5	45
182	10—20	lamellaire-polyédrique	bonne	37,4	35,0	25,5	0,5	32
183	20—60	lamellaire	bonne	32,6	23,5	40,9	2,2	31

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
181	69	21,0	6,4	40	2,6	15	6,3	7,8	0,4	0,2
182	17	4,8	2,8	10	0,7	14	4,8	7,2	0,6	0,2
183	8	2,1	1	4,8	0,4	13	5,2	8,4	0,3	0,3

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation	pH	PHOSPHORE assimilable	RÉSERVES p. 1000		
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅
181	28,7	14,7	51	5,6	0,005	3,5	3,3	1,3
182	17,4	17,4	72	6,1	0,010	3,4	3,6	1,1
183	17,3	14,1	82	6,5	0,005	2,8	4,5	1,1

OBSERVATIONS : Au-dessous de 60 cm le sol est plus finement sableux.

REGION : AMBALABÉ

Profil n° 8

Roche-mère : alluvions argileuses
Mahajamba

Végétation : steppe et marais à
matsia et *volodia*

Type de sol : sol salin à alcali

Drainage : gêné

Relief : plaine

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
81	0—60	Prismatique	fentes	70,5	12,7	12,8	0,5	35,8
82	60—90	à lamellaire	fentes	56,4	27,6	15	0	50,1
82	90—120	plastique	fentes	58,4	13,6	26,4	0,8	51,1

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Na p. 100
							Milliéquivalents pour 100 grammes				
81	45	4,2	3,6	26,4	0,8	9	7,3	15,2	0,9	1,2	-
82	15	3,4	1	8,8	0,5	22	3,4	7,1	0,8	7,7	25
83	14	2,6	2	8,4	0,3	18	5,1	5,6	1,7	5,7	15

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
81	54,8	24,6	45	5,2	0,015	3,7	1,9	1,1	5,8
82	30,7	18,9	62	6,5	0,015	2,8	2,9	1,5	18,7
83	37,7	18	48	5,1	0,150	2,8	5,4	1,2	20,0

REGION : AMBALABE

Profil n° 9

Roche-mère : alluvions argileuses

Mahajamba

Drainage : mauvais

Végétation : marais et steppe à
tsingetsihetsy et *matsia*
et cetera

Type de sol : salin à alcali

Relief : plaine

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
91	0—20	Polyédrique	fentes	72,1	10,3	15,2	0	55
92	20—80	Plastique	fentes	64,9	18,7	15,8	0	73
93	80—120	Plastique	fentes	74,9	6,4	17	0	81

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Na p. 100
							Milliéquivalents pour 100 grammes				
91	30	12	2,8	17,6	1,1	15	7,7	18,4	9,5	1,8	
92	16	3	1,5	9,4	0,5	21	6,9	8,5	1,1	8,8	18

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
91	69,3	28,5	41	4,8	0,010	3,8	1,4	1,1	4
92	48,9	25,3	52	6	0,015	3,4	2,4	1	15
93	—	—	—	7,5	—	—	—	—	28

OBSERVATIONS : à partir de 120 cm argile grise à bleuâtre salée.

REGION : AMBALABE

Profil n° 19

Végétation : marais asséché à matsia

Type de sol : salin à alcali

Relief : plaine

Roche-mère : alluvions argileuses

Mahajamba

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
191	0—30	Prismatique	tubulaire	69,6	2,8	27,7	0	58,2
192	30—90	Plastique	en fentes	46,5	27,7	24,3	0	51,2
193	90—120	Plastique		66,1	5,9	27	0	62,8

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES				
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Na p. 100
							Milliéquivalents pour 100g.				
191	35	3	0,6	20,6	0,7	31	4,4	14	0,7	6,5	14
192	7	0,7	0,6	4,1	0,4	11	3,7	9,1	0,4	6,1	25
193	32	1	0,5	18,6	0,3	56	3,5	13,3	1,9	12,1	20

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
191	48,7	25,6	52	5,8	0,015	2,9	2,1	1,4	22
192	24,7	19,3	78	6,2	0,015	1,9	3,6	1,6	29
193	60,8	30,8	51	6,1	0,100	2,5	8,0	1,0	28

OBSERVATIONS : On observe des points blancs en profondeur, dus probablement aux sels ; notons la forte quantité de matière organique en profondeur et la forte capacité d'échange.

Profil n° 7.

Végétation : forêt sèche et savane
à adabo, bonara, satrana

REGION : AMBALABE

Type de sol : hydromorphe

Relief : plaine

Roche-mère : alluvions Mahajamba

Drainage : gêné.

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
71	0— 15	Polyédrique- prismatique	bonne	28,9	20,8	20,1	24,5	39,5
72	15— 80	Particulaire	très bonne	12,8	12,4	47,5	26	21,4
73	80—120	Lamellaire à polyédrique	très bonne	52,9	13,6	82,1	0	45,2

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 g.			
71	99	16,6	10,8	57,4	1,4	42	6,9	6,2	0,8	0,1
72	7	1,2	1,0	4	0,2	28	4,6	4,5	0,1	0,3
73	7	3	2,0	4	0,5	8	5,7	6,6	0	0,6

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000		
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅
71	21,3	14	66	5,8	0,015	2,9	2,1	1,3
72	10,8	9,5	88	6,2	0,015	2,8	3,2	1
73	15,8	13	82	6,1	0,010			

REGION : AMBALABE

Profil n° 24

Roche-mère : alluvions argileuses
sur sable Masokoenja

Végétation : rizière

Type de sol : hydromorphe

Drainage : gêné

Relief : plaine

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grosier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
241	0— 30	Prismatique	tubulaire	64,1	7,1	23,3	0	56,6
242	30— 90	Plastique	tubulaire	60,9	13,3	24,9	0	61,1
243	90—120	Particulaire	tubulaire	24,1	3,2	63,8	7,5	25,1

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 grammes			
241	41	2,8	1	23,7	0,9	7	9,5	17	0,6	0,8
242	10	1	0,9	5,8	0,5	10	11	20	0,4	3,4
243	11	0,6	0,3	6,4	0,1	5	4,3	12	0,3	1

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
	Milliéquivalents pour 100 g.					CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
241	56,7	27,6	49	5,4	0,010	4,3	1	0,8	0,2
242	56,3	34,8	62	5,5	0,010	3,8	1	1,3	1,5
243	46	16,6	36	5,3	0,005	2,9	0,6	0,6	2,7

REGION : AMBALABE

Profil n° 16

Végétation : rizière

Type du sol : hydromorphe

Relief : plaine

Roche-mère : alluvions argileuses
sur sable Masokoenja

Drainage : gêné

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
161	0—50	Polyédrique- prismatique	fentes	45,5	24,0	24,5	0	26,4
162	50—100	Plastique	fentes	47,9	13,4	38,7	0	40,3

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 g.			
161	60	6	3	35,2	0,8	45	6,8	13,5	0,4	0,3
162	10	3	1,7	6	0,5	11	8,2	18,7	0,2	0,4

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases p. 1000	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
161	46	21	46	5	0,005	3	0,7	0,9	0,1
162	30,5	27,6	90	5,3	0,005	3	0,6	0,9	1,2

OBSERVATIONS : à partir de 100 cm on trouve une couche de sable fluviatile.

REGION : AMBALABE

Profil n° 17

Type de sol : hydromorphe argileux

Roche-mère : alluvions Masokoenja

Végétation : marais et culture

Relief : plaine

Drainage : gêné

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
171	0— 10	Polyédrique prismatique	fentes	62,6	14,6	18	0	48
172	10— 30	Prismatique	fentes	62,4	15	18,7	0	56
173	30—100	Plastique	fentes	66,9	13,3	15,1	0	75

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 g.			
171	44	9	1,6	25,8	0,9	30	13,6	24	0,5	1,7
172	34	5	1,4	20	0,7	27	13	23	0,4	1,8
173	45	4	1,6	26,4	0,6	45	12	23	0,4	5

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
171	58,5	39,8	68	5,6	0,010	4,4	0,9	1	0,2
172	59	38,2	65	5,5	0,010	5,6	0,9	0,9	0,8
173	58,1	40,3	69	5,3	0,010	4,7	1	0,8	2,9

RÉGION : AMBALABE

Profil n° 15

Pente : nulle

Végétation : marais et rizière

Type de sol : hydromorphe argileux

Relief : plaine

Roche-mère : alluvions Masokoenja

Drainage : moyen

Erosion : nulle

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE gros p. 100	HUMIDITÉ équivalente
151	0— 60	Prismatique	fentes	62,8	14,4	20,3	0	94
152	60—120	Plastique	fentes	68	11,4	18,1	0	68

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 g.			
151	46	66	2,0	27,0	1	27	7,5	16,5	0,7	0,9
152	23	2,5	2,0	13,6	0,5	29	11,6	20,6	0,7	3,8

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 1000	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
151	51,5	21,5	50	4,7	0 005	1,1	0,9	1,2	0,4
152	60,0	30,7	61	4,8	0. 0.	4,1	1,2	0,9	2,4

REGION : AMBALABE

Profil n° 25

Type de sol : hydromorphe argileux

Roche-mère : alluvions Masokoenja

Végétation : rizière

Relief : plat

Drainage : gêné

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
251	0— 60	Prismatique	fentes	72,6	7,6	18,2	0	68
252	60—120	Plastique	fentes	65,7	14,5	17,2	0	77

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 g.			
251	22	3	1,3	12,8	0,8	13	9,8	21,5	0,6	3
252	39	6,4	4	22,6	0,4	16	9	14,9	0,9	8,5

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
251	64,5	34,9	54	4,8	0,005	3,5	1,1	1,0	2,5
252	54,8	33,2	61	5,0	0,005	2,8	1,5	0,8	9,1

OBSERVATIONS : l'horizon inférieur, riche en matière organique, est l'horizon enfoui de marais.

REGION : AMBALABE

Profil n° 10

Pente : nulle

Végétation : *satrana, matsia, tsingetsihetsy*Type de sol : faiblement hydromorphe, Roche-mère : alluvions Mahajamba
argilo-limoneux Erosion : nulle

Relief : plaine

Drainage : gêné

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
101	0— 5 cm	polyédrique-nuciforme	bonne	69,3	12,3	15,8	0,5	66,6
102	5— 60	lamellaire-polyédrique	bonne	36,0	17,6	44,2	1,2	59,2
103	60—100	nuciforme-polyédrique	bonne	72,2	18,2	8,0	0	67,2

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
							Milliéquivalents pour 100 g.			
101	29	9	3	16,8	1,4	12	12	17,5	0,8	1,2
102	8	3,4	1	4,7	0,4	13	7,5	5,25	0,1	0,1
103	9	8	2,5	6,5	0,6	10	5,1	8,3	0,3	1,7

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 g.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation p. 100	pH	PHOSPHORE assimilable p. 1000	RÉSERVES p. 1000			
						CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS lables p. 1 00 0
101	46,7	31,5	67	5,8	0,010	4,5	1,6	1,4	0,3
102	24,5	12,9	53	5,1	0,010	4	4,1	1,4	4,3
103	35,7	16,5	46	5,3	0,005	2,9	1,4	1,2	12,5

REGION : AMBALABE

Profil n° 21

Pente : nulle

Végétation : marais à volo,
harefo, sarohitra

Type de sol : hydromorphe argileux

Relief : dépression

Roche-mère : alluvions Mahajamba

Drainage : mauvais

Erosion : nulle

NUMÉRO échantillon	PROFONDEUR	STRUCTURE	POROSITÉ	ARGILE p. 100	LIMON p. 100	SABLE FIN p. 100	SABLE grossier p. 100	HUMIDITÉ équivalente
211	0—10	Massive et plastique	—	55,7	15,1	26,6	0	43,5
212	10—80		—	35	16	46,5	1	41,7
213	+80		—	46,9	34,7	17,9	0	48,6

NUMÉRO échantillon	MATIÈRE organique p. 1000	HUMUS p. 1000	ACIDES humiques p. 1000	CARBONE p. 1000	AZOTE p. 1000	C/N	ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES			
							CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Milliéquivalents pour 100 g.										
211	46	5,8	2,8	26,9	2,1	13	5	12,9	0,3	0,8
212	16	2,2	0,6	9,3	0,4	24	3,6	9,7	0,3	3,2
213	13	3,2	2,0	7,7	0,5	16	2,3	8,4	0,4	1,9

NUMÉRO échantillon	CAPACITÉ d'échange Milliéquivalents pour 100 Gr.	SOMME des bases	DEGRÉ de saturation	pH	PHOSPHORE assimilable	RÉSERVES p. 1000			
						Ca O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SELS solubles p. 1000
211	33,4	19	57	5,5	0,005	2,8	3,7	1,5	1,7
212	21,4	16,9	79 (?)	5,5	0,005	1,8	5,6	1,6	6,3 (à 50 cm)
213	22,7	13	57	5,2	0,010	1,8	3,2	2,0	11,0

IMPRIMERIE NATIONALE — TANANARIVE
Tirage : 500 ex. — *Dépôt légal* : Décembre
4^e trimestre 1960 [3777-60]

— CARTE DES SOLS — PLAINE D'AMBALABE —

Echelle: 1/20.000*



— LEGENDE —

Signes Conventionnels

- Rivière et escarpement
- Sable
- Courbe de niveau
- Limite des dépôts micacés vers l'Ouest
- Route et Piste
- Village
- Dépressions

Types de Sols

- | | |
|----------------------------------|---|
| Sols de mangrove | Sols ferrugineux rouge gréseux |
| Masokoerja (non micacés) | MahaJamba (micacés) |
| Hydromorphes argileux | Faiblement hydromorphes argilo-limoneux sur sable |
| Hydromorphes argilo-sableux | Hydromorphes argilo-limoneux peu salé |
| Sablo-argileux sur sable récents | Salés à alcali argileux |
| (21) Prélèvement de Sol | Limono-argileux récents |

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
TANANARIVE, TSIMBAZAZA**

SECTION DE PEDOLOGIE

Notices parues

Notices sur les cartes d'utilisation des sols

1. BOSSER J. et ROCHE P. — *Feuille d'Andilamena* (24 p.).
2. RIQUIER J. — *Feuille d'Ankadinondry et de Babetville* (28 p., 12 fig.).
3. BOSSER J. et HERVIEU J. — *Feuilles de Marovoay* (50 p., 1 fig.).
4. BOSSER J. et HERVIEU J. — *Vallée de l'Onive* (2 feuilles) (44 p., 1 dépliant).
5. BOSSER J. et RIQUIER J. — *Feuilles de Morarano-Amparafaravola et Ambohijanahary (lac Alaotra)* (54 p.).
6. VIEILLEFON J. — *Feuilles d'Imady* (39 p., 5 fig.).
7. VIEILLEFON J. — *Feuille de la Manandrotsy* (35 p., 1 fig.).
8. VIEILLEFON J. — *Feuille de la Mananantana* (43 p., 1 fig.).
9. VIEILLEFON J. — *Feuille de l'Ankona* (25 p.).
10. HERVIEU J. — *Etudes et possibilités de mise en valeur des sols de la plaine d'Anosibe* (38 p.).
11. HERVIEU J. et RIQUIER J. — *Notice sur les sols du Bas-Mandrare* (64 p., 1 fig.).
12. VIEILLEFON J. — *Feuille de la Menaharaka* (46 p.).
13. BOSSER J. et RIQUIER J. — *Feuille d'Anjiajia* (31 p., 2 fig.).

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

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

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

HERVIEU J. — Feuille n° 65. *Fort-Dauphin.*

HERVIEU J. — Feuille n° 33. *Brickaville-Moramanga.*