

DOCUMENT N° 132

RAPPORT DE STAGE O.R.S.T.O.II.
PREMIERE PARTIE

ETUDE PEDOLOGIQUE
D'UN PERIMETRE
DE LA SAKAY

Campagne 67

B. LE BUANE

Assistant : D. RATANJAONA

ETUDE PEDOLOGIQUE

D'UN PERIETRE

DE LA SAKAY

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
Plan de l'étude	
Introduction	1
Localisation du périmètre.	1
1.- Le milieu naturel : facteurs de pédogénèse	3
1.1.- Climat	3
1.1.1.- Principales données climatiques	3
1.1.2.- Calcul de quelques indices climatiques	4
1.1.3.- Conclusions	8
1.2.- Géologie.	9
1.2.1.- Roches mères et matériaux originels	9
1.2.2.- Décomposition des roches cristallines	11
1.2.3.- Influence pédogénétique	12
1.2.4.- Influence du complexe volcanique de l'Itasy. sur le secteur étudié.	12
1.3.- Géomorphologie	14
1.3.1.- Description	14
1.3.2.- Essai d'explication morphogénétique	17
1.3.3.- Influence pédogénétique	24
1.4.- Végétation	25
1.4.1.- Description	25
1.4.2.- Influence pédogénétique	31
1.5.- Homme	32
1.6.- Durée	33
1.7.- Conclusions	34

2.- Inventaire des principaux sols observés	36
2.1.- Classification utilisée	36
2.2. Sols minéraux bruts	
2.2.1.- Sol squelettique	40
2.2.2.- Sols bruts d'apport	41
2.2.2.1.- Sur alluvions fluviales	42
2.2.2.2.- Sur alluvions latérales	44
2.2.2.3.- Sur colluvions	47
2.3.- Sols peu évolués	50
2.3.1.- Sols d'érosion	50
2.3.2.- Sols d'apport modaux	53
2.3.2.1.- Avec formation d'un horizon structuré en surface (faciès modal)	53
1.- Sur alluvions latérales	53
2.- Sur alluvions récentes	56
2.3.2.2.- A faciès hydromorphe	59
1.- Sur alluvions latérales	59
2.- Sur alluvions fluviales	61
2.4.- Sol ferrallitique	63
2.4.1.- Moyennement désaturé	63
2.4.1.1.- Typique	63
2.4.1.1.1.- Humique	63
1.- à faciès steppisé	63
1.1.- sur migmatite	63
1.1.1.- A profil complet	64
1.1.2.- A profil érodé	73
1.2.- sur alluvions anciennes ...	76
1.2.1.- A profil complet ...	76
1.2.1.1.- A profil érodé	79
2.- à faciès rouge jaune	80
3.- à faciès hydromorphe	84
3.1.- sur migmatite	84
3.1.1.- Profil complet	84
3.1.2.- Profil colluvionné ..	87
3.2.- sur alluvions anciennes	91
de niveau II	
2.4.1.1.2.- à cuirasse et concrétions	94

2.4.1.2.- Remanié modal steppisé sur migmatite ...	100
1.- Profil entier	100
2.- Profil érodé	102
2.4.1.3.- Rajeuni	102
1.- Humique	102
2.- Hydromorphe	106
2.4.2.- Faiblement désaturés typiques humiques	110
steppisés sur migmatite	
2.4.2.1.- Profil complet	110
2.4.2.2.- Profil érodé	113
2.4.3.- Fortement désaturé humifère modal à hydro-	
morphe de profondeur.	114
2.5.- Sols hydromorphes	118
2.5.1.- organiques	118
2.5.2.- moyennement organiques	123
2.5.2.1.- Sans horizon fibreux en surface	123
1.- Sur migmatite colluvionnée	123
2.- Sur alluvions anciennes du niveau II ...	127
3.- Sur migmatite	130
2.5.2.2.- Avec horizon fibreux en surface	132
2.5.3.- minéraux	135
2.5.3.1.- A gley d'ensemble	135
1.- Faciès hérité	135
2.- Faciès actuel	138
2.5.3.2.- A stagnogley de surface	141
2.5.3.3.- A pseudo-gley	143
2.5.3.3.1.- A taches	143
1.- A faciès anthropique de surface .	143
1.1.- Sur alluvions récentes	143
1.2.- Sur alluvions anciennes du	
niveau II	145

2.- à faciès d'ensemble	147
2.1.- Sur alluvions récentes ...	147
2.2.- Sur alluvions-colluvions .	149
2.5.3.3.2.- A concrétions et carapace sur migmatite	152
2.5.3.3.3.- A cuirasse	153
3.- Essai de synthèse	156
3.1.- Les sols de plateaux	156
3.1.1.- Cas général	156
3.1.2.- Cas particuliers	157
3.1.2.1.- Les hauteurs	157
3.1.2.2.- Les cuvettes	157
3.2.- Les sols de versants	161
3.2.1.- Cas général	161
3.2.2.- Cas particuliers	162
3.3.- Les sols de bas-fonds	167
3.3.1.- Sols formés sur matériaux d'apport récent ..	167
3.3.1.1.- Sans action de nappe phréatique	167
3.3.1.2.- Avec action de nappe phréatique	168
3.3.2.- Sols formés sur matériaux anciens	169
3.4.- Les sols de la zone de contact versant-bas-fond ...	171
3.5.- Conclusions	172
4.- Principes de cartographie	175
5.- Utilisation des sols	178
5.1.- Classification utilisée	178
5.2.- Utilisation des principaux sol rencontrés.	180

5.2.1.- Les sols de plateau	180
5.2.1.1.- Les sols de la classe III	181
5.2.1.1.1.- Etat des sols avant et après culture	181
5.2.1.1.2.- Mesures à respecter pour la mise en culture.	182
5.2.1.1.3.- Rotation préconisée	186
5.2.1.2.- Les sols de la classe VI	187
5.2.2.- Les sols de versants	188
5.2.3.- Les sols de bas-fonds	189
5.3.- Principes de cartographie	195
6.- Conclusions	196

Bibliographie



PLAN DE L'ETUDE

Après une introduction générale et une localisation précise du périmètre prospecté nous avons :

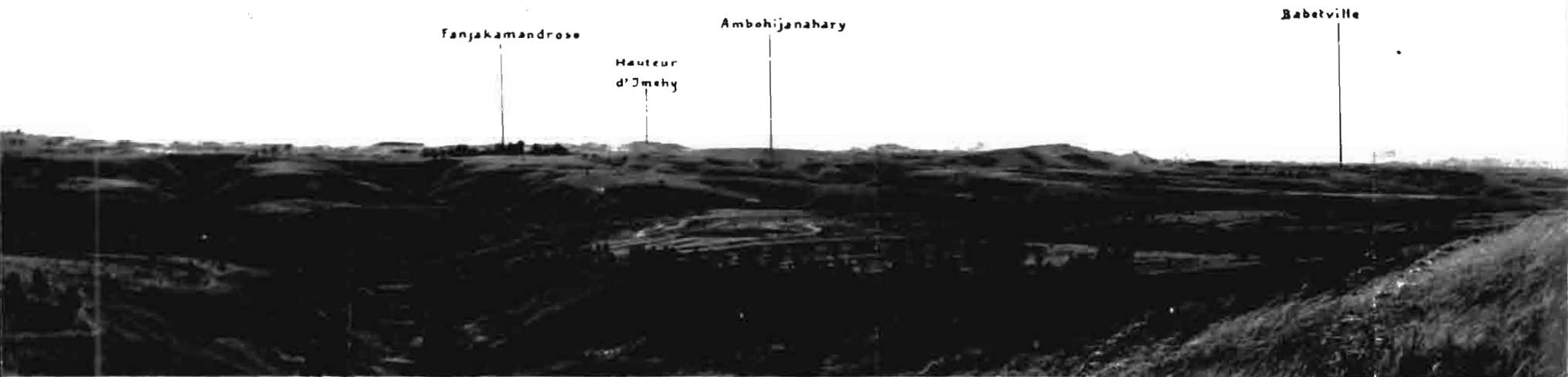
- dans une première partie étudié le milieu naturel dans la mesure où il avait une action sur les phénomènes pédogénétiques.

- dans une deuxième partie dressé un inventaire aussi complet que possible des sols rencontrés, en essayant à chaque fois d'expliquer leur formation.

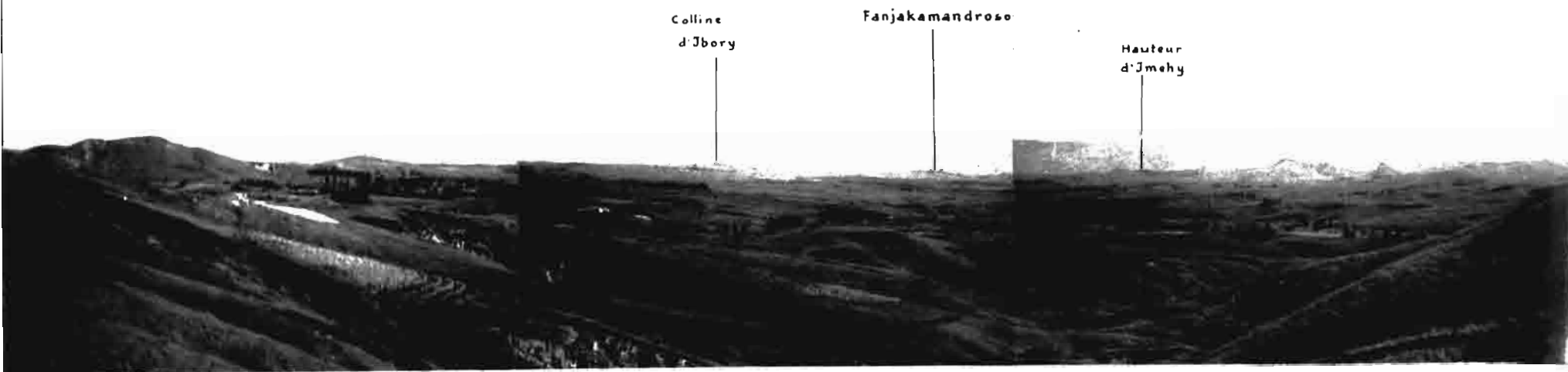
- dans une troisième partie essayé de voir les sols non plus dans le cadre d'une classification mais dans les unités morphologiques du paysage, d'expliquer le passage d'un sol à un autre.

- dans une quatrième partie donné les principes de cartographie utilisés.

- enfin, dans une cinquième partie, étudié les problèmes d'utilisation des sols et de mise en valeur du périmètre.



Vue panoramique vers le nord-est de la colline d'Ibory



Vue panoramique du secteur

Au premier plan, zone très érodée au contact de la surface et du massif de l'Itasy .

INTRODUCTION

L'étude des sols de la région de la Sakay a été entreprise à la suite d'un marché de gré/à gré relatif à la poursuite des essais agronomiques dans la région du Moyen-Ouest, marché passé entre la Centrale d'Equipeement Agricole et de Modernisation (C.E.A.M.P.) agissant pour le compte du Gouvernement Malgache d'une part, et l'I.R.A.M. d'autre part (Convention n° 38/C/65/N - opération "Moyen-Ouest").

Ce marché portait sur les deux points suivants :

- Etude agro-pédologique des sols déjà cultivés, évolution de la fertilité.
- Essais agronomiques de fertilisation
 - sur défriche récente
 - sur sols déjà cultivés depuis le début de la mise en valeur de la Sakay.

A ces études a été ajoutée par l'I.R.A.M., hors convention, une prospection pédologique au 1/20.000 sur une zone de 3.600 ha, ceci dans le but de dresser une carte des sols et une carte d'utilisation des sols de cette zone.

LOCALISATION

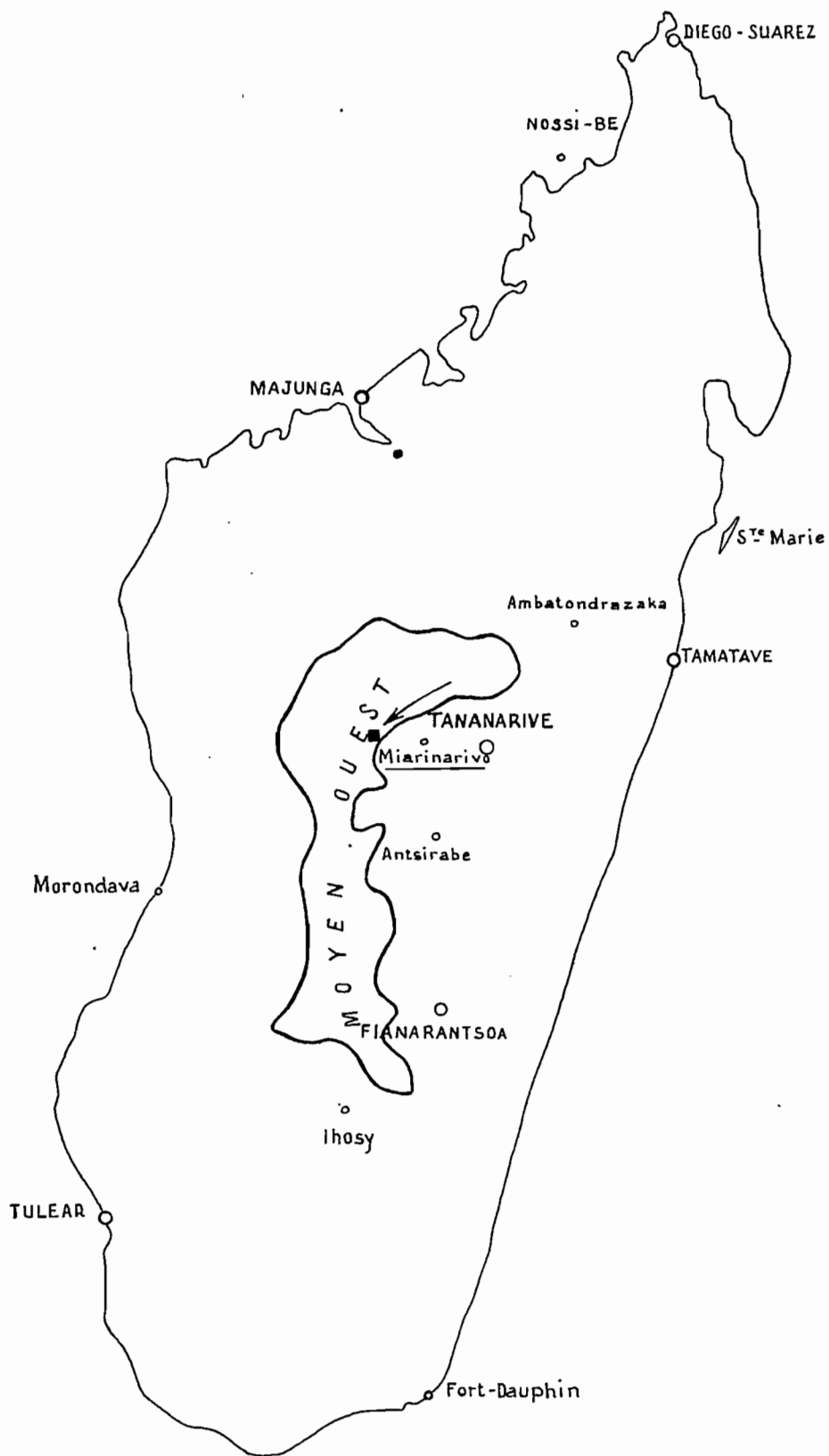
Le périmètre étudié, d'une superficie de 3.600 ha, se trouve approximativement limité par un rectangle dont les grands côtés, orientés Est-Ouest sont les parallèles d'ordonnées 792,5 et 797,5 et les petits côtés les méridiens d'abscisses 391,5 et 398,5 (Coordonnées rectangulaires kilométriques adoptées par l'I.G.N.).

Il se trouve donc dans la partie Nord de la zone dite du "Moyen-Ouest Malgache", aire géographique située entre les plaines de la côte Ouest et les hauts plateaux et formant la bordure occidentale de ceux-ci.

Le paysage de cette région semble bien décrit par le géologue LAPLAINE lorsqu'il écrit : "L'ensemble du pays, s'il ne manque pas d'une certaine grandeur est d'une monotonie qui pousse à la mélancolie. Toute la région est uniformément recouverte de prairies souvent brûlées et rien n'arrête le regard sur ce vaste plateau mameloné, si ce n'est quelques boqueteaux d'eucalyptus et de manguiers qui fournissent un peu d'ombre aux rares villages".

Administrativement le secteur dépend du Canton de Mahasolo, préfecture de Miarinarivo.

CARTE DE SITUATION





SITUATION DE LA ZONE ETUDIEE

I - Le milieu naturel : facteurs de Pédogénèse.

1.1.- Climat:

1.1.1.- Principales données climatiques.

Le climat de la région est un climat tropical de moyenne altitude à saisons sèche et humide très tranchées.

Les données climatiques proviennent de la station de Babetville, située à 5 kilomètres au Sud du périmètre étudié. Cette station étant récente, les données ne portent que sur une période de neuf ans.

1.1.1.1.- Pluviosité (tableau I)

C'est l'élément le plus marquant du climat car il est affecté d'une très nette discontinuité (saison sèche et saison des pluies)

La moyenne annuelle des précipitations est voisine de 1.600 mm, les chutes de pluie ayant lieu d'Octobre à Avril et surtout en Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars. Entre Mai et Septembre il tombe en moyenne 55 mm de pluie.

On peut donc considérer qu'il y a 1.500 mm de pluie en 6 mois.

1.1.1.2.- Température (tableau I)

La température annuelle moyenne est de 21,7°C, les variations mensuelles ayant une amplitude de 5,8°C.

En saison des pluies, la température moyenne est supérieure à 22°C, les maximums absolus atteignent 36°C.

En saison froide (Juin, Juillet et Août) la température moyenne est de l'ordre de 19°C et les minima absolus peuvent atteindre 2,1°C.

1.1.1.3.- Humidité

L'humidité relative est maximale en Décembre, Janvier, Février et Mars. Les valeurs minimales sont observées en Septembre et Octobre.

L'humidité relative est toujours plus élevée le matin. Elle varie suivant les mois entre 70 % et 90 %. Elle est plus élevée à 17 h. qu'à 12 heures; à 17 heures les valeurs varient entre 78 % à 37 % et à 12 heures entre 70 % et 31 %.

De Juin à Novembre l'air peut donc être très desséchant, un vent d'Est assez prononcé sévissant en outre à cette époque.

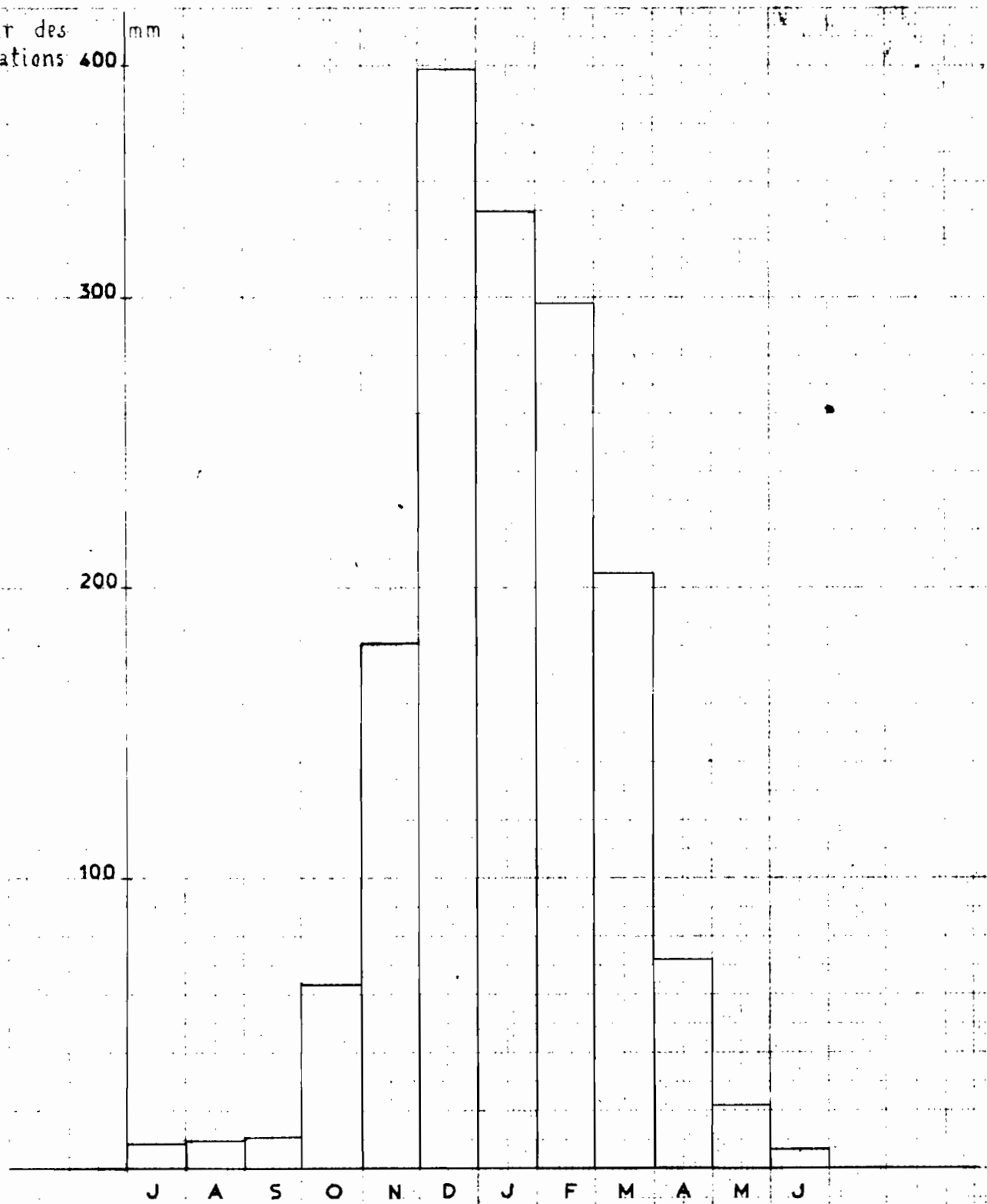
1.1.2.- Calcul de quelques indices climatiques.

Nous avons calculés tous ces indices à partir des données obtenues à la station de Babetville - Sakay.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Températures moyennes	22,8	23,9	22,9	22,5	20,6	19,1	18,1	19,3	21,1	22,7	23,8	23,3	21,7
i	9,95	10,68	10,01	9,75	8,53	7,61	7,01	7,73	8,85	9,88	10,62	10,28	
I													110,90
Evapotranspiration non corrigée	94,3	105,5	95,3	91,4	74,0	61,8	54,4	63,4	78,4	93,3	104,5	99,3	
Coefficient de correction	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15	
Evapotranspiration potentielle	108	106	100	89	71	56	33	63	78	101	114	114	
Pluie	329	297	204	71	21	6	8	9	10	63	181	378	1574
Différence P. Ep.	221	191	104	-18	-50	-50	-45	-54	-68	-38	67	264	
Variation réserves eau du sol				-18	-50	-32	0	0	0	0	+61	+33	
Réserve en eau du sol	+100	+100	+100	82	32	0	0	0	0	0	+61	+100	
Déficit alimentation	-	-	-	-	-	38	45	54	68	38	-	-	
Excédent d'eau	221	191	104	-	-	-	-	-	-	-	67	264	
Evapotranspiration R.	108	106	100	89	71	18	8	9	10	63	114	114	810
Écoulement souterrain et ruissellement	221	191	104	0	0	0	0	0	0	0	0	228	

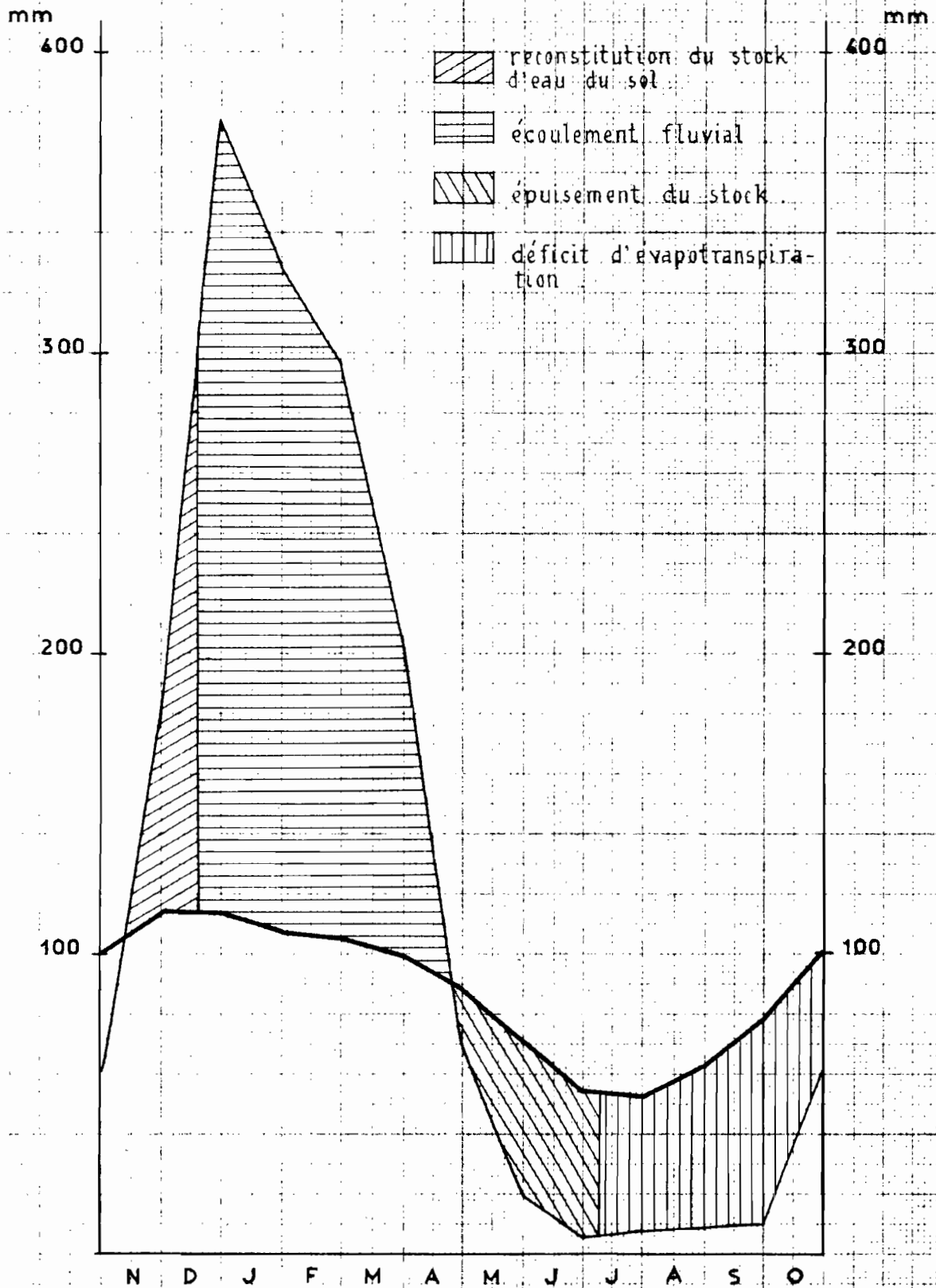
Tableau I

Hauteur des
précipitations 400 mm



BABETVILLE - SAKAY — Répartition annuelle des pluies

BABETVILLE-SAKAY - Bilan de l'eau
(selon Thornthwaite.)



— évapotranspiration potentielle (formule de Thornthwaite)
— précipitations

1.1.2.1.- Indice d'aridité de De MARTONNE

- indice annuel formule 1923

$$a = \frac{P}{T + 10}$$

P = pluviosité moyenne annuelle

T = température moyenne annuelle

$$\underline{a = 50}$$

- indice annuel formule 1943

$$a_2 = \frac{\frac{P}{T + 10} + \frac{12 p}{t + 10}}{2}$$

P : pluviosité moyenne annuelle en millimètre

T : température moyenne annuelle en degrés Celsius

p : moyenne des précipitations du mois le plus aride en millimètre

t : température moyenne du mois le plus aride en degrés Celsius.

$$\underline{a_2 = 26}$$

1.1.2.2.- Indice de drainage calculé (HENIN-AUBERT 1945)

$$D = \frac{P^3}{1 + \gamma P^2}$$

$$\gamma = \frac{1}{0,15 T - 0,13}$$

P : précipitation en mètre

T : température annuelle en degrés Celsius

$$\underline{D = 0,679}$$

1.1.2.3.- Indice de Lang.

$$I = \frac{P}{T}$$

P : moyenne des précipitations annuelles en millimètres

T : moyenne des températures annuelles en degrés Celsius

$$\underline{I = 75}$$

1.1.2.4.- Indice de Meyer

$$N = \frac{P}{f(1-e)}$$

P : moyenne annuelle des précipitations en millimètres

f(1-e) = déficit de saturation

f = tension de vapeur de l'eau à la température moyenne annuelle

e = état hygrométrique de l'air représenté par un chiffre de 0 à 1 (Nous avons pris pour représenter l'état hygrométrique la valeur moyenne des trois valeurs mesurées à 7 heures, 12 heures et 17 heures).

$$\underline{N = 217}$$

1.1.2.5.- Evapotranspiration et bilan de l'eau selon Thornthwaite.

Le stock d'eau du sol a été évalué à 100 mm.

La quantité d'eau alimentant l'écoulement fluvial (infiltration et écoulement superficiel) et le déficit d'évapotranspiration ont été mesurés sur le graphique par planimétrie.

Écoulement fluvial : 724 mm

Déficit d'évapotranspiration : 194 mm

1.1.2.6.- Indice de la capacité érosive du climat
Fournier (18)

$$K = \frac{p^2}{P}$$

p = moyenne mensuelle la plus élevée des précipitations

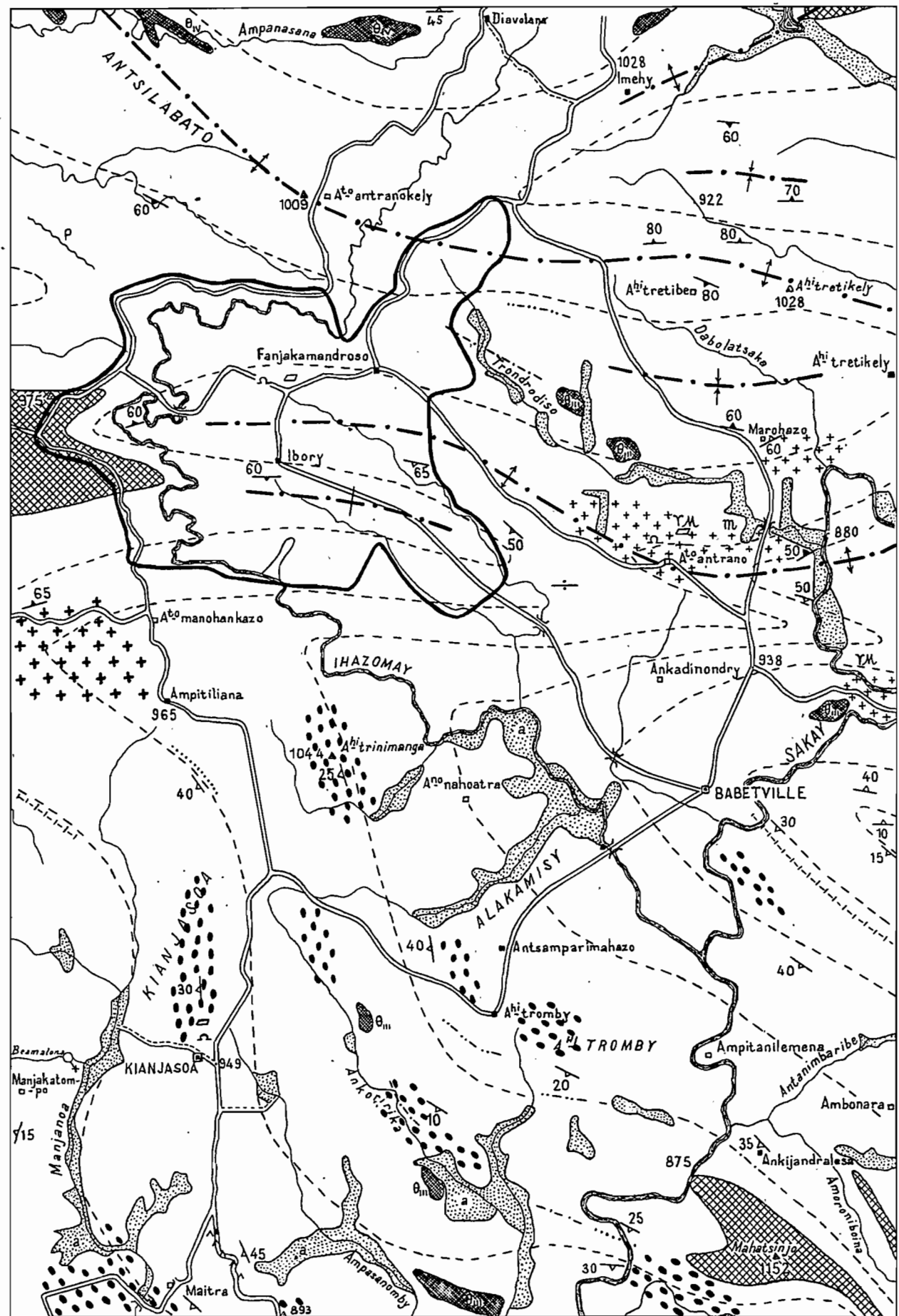
P = moyenne annuelle des précipitations.

$$\underline{K = 90}$$

1.1.3.- Conclusions

Nous avons calculé un grand nombre de coefficients climatiques car à l'heure actuelle il n'y en a pas un seul qui puisse caractériser de façon satisfaisante l'influence pédogénétique du climat. Par contre l'étude et la comparaison de plusieurs indices permettent une approche souvent satisfaisante de ce problème.

L'indice de la capacité érosive du climat a également été calculé non pas qu'il permette de dégager une idée de la direction évolutive du sol mais parcequ'il permet de prévoir une seconde action du climat, action dégradante, sur le sol. En effet il ne faut pas oublier que le sol est avant tout le résultat d'une interaction entre l'érosion et la formation et l'approfondissement de la partie superficielle



FORMATIONS RECENTES

Alluvions

ROCHES ERUPTIVES POST-TECTONIQUE

Rhyolite

Gabbros { θ_{III} normaux, structure doléritique
 θ_{IV} à olivine

ROCHES ERUPTIVES ANCIENNES, GRANITISATION

Granites stratoïdes

Granites et migmatites à orthite

Granites porphyroïdes

SOCLE ANCIEN (Système du Graphite)

Migmatites à biotite

Migmatites granitoïdes leucocrates

Migmatites œillées

FACIES PETROGRAPHIQUES SPECIAUX

Quartzites

Quartzites à magnétite

Gneiss à pyroxène Gp
Migmatite à pyroxène Mp

Banc à sillimanite

Banc à grenat

Produits utiles

Pierre à chaux

Matériaux d'empierrement

Carrière

Chromite alluviale

Signes conventionnels

Plongement

Axe anticlinal

Axe synclinal

Schistosité

Point géodésique

Point coté

Route

Piste auto

Gros village

Village

Hameau

Limite du périmètre

CARTE GEOLOGIQUE AU 1/100.000^e

Levers G.Hottin - Feuille de Mahasolo 1959

de la croûte terrestre sous l'action pendant un temps donné de l'atmosphère et la biosphère sur la lithosphère. Ainsi dans la zone étudiée où l'indice de la capacité érosive du climat est de 90 (La plus forte valeur citée par Fournier (¹⁸20)) est de 65,4 nous ne devons pas nous attendre à trouver sur les pentes des sols très profonds et très évolués mais au contraire des sols peu évolués, des sols rajeunis ou des sols tronqués.

L'observation des indices climatiques nous fait prévoir que nous sommes dans une zone du domaine ferrallitique (AUBERT, MOUREAUX, TERCINIER, DELVIGNE) (1,27).

Cependant la plupart de ces indices (et en particulier ceux de MEMER et de De MARTONNE) sont de très peu supérieurs aux valeurs limitées généralement admises pour délimiter le domaine ferrallitique. De plus l'étude du bilan de l'eau dans le sol nous montre que pendant plus de 4 mois le sol est absolument sec (bonne corrélation avec l'indice mensuel de De MARTONNE).

L'observation des indices climatiques moyens nous fait donc prévoir que nous sommes dans un domaine faiblement ferrallitisant. L'étude plus détaillée nous fait penser que cette ferrallitisation faible est encore rendue plus difficile en surface par les conditions d'aridité du climat et du sol pendant 5 mois de la saison sèche. Ceci est valable pour les horizons de surface.

1.2.- Géologie.

1.2.1.- Roches-mères et matériaux originels.

Nous disposons sur le secteur de deux études :

- Etude géologique des feuilles Tsiroanomandidy-Soavinandriana par L. LAPLAINE (carte au 1/200.000)
- Carte géologique au 1/100.000 de G. HOTTIN (Sans notice)

La région est formée par le socle ancien (système du graphite)

et comprend des migmatites à biotite et des migmatites granitoïdes leucocrates.

La partie Ouest du secteur est formée^{de} granites stratiformes, d'après G. HOTTIN.

Ces roches sont essentiellement composées de quartz, feldspaths (surtout plagioclases) et de minéraux ferromagnésiens. Les intrusions de microcline sont fréquentes. Elles diffèrent peu entre elles à l'exception des migmatites granitoïdes plus acides.

De place en place le socle est traversé par des filons intrusifs de pegmatites potassiques et de quartz. Ces filons sont en général de faible importance. Nous avons cependant observé un filon de quartz de plusieurs mètres de largeur et d'une centaine de mètres de longueur dans la partie Nord-Ouest du secteur.

Des filons de basaltes de faible importance existent sur quelques pentes (blocs) et dans le bed-rock d'un ruisseau au pied de la colline d'Ibory.

Il faut noter en outre, comme matériau original, des lambeaux d'alluvions anciennes caractérisés par la présence à leur base d'un lit de galets roulés ou émoussés. Nous avons délimités approximativement ces alluvions anciennes dont ne parlent ni HOTTIN ni LAPLAINE.

Elles appartiennent à deux niveaux différents : un niveau ancien, le plus élevé, que nous avons appelé niveau I et un niveau moins ancien, que nous avons appelé niveau II. Les alluvions de niveau I ne seraient pas des alluvions proprement dites, (BOURGEAT) mais un remaniement d'alluvions et de colluvions..

Enfin il existe sur le secteur quelques zones de colluvions récentes, d'alluvions récentes et d'un matériau que nous avons appelé^{II} alluvions latérales. Ce dernier est déposé lors de la formation et de l'évolution des lavaka. (forme d'érosion caractéristique de zones où un sol rouge, compact, plus ou moins durci, surmonte une zone d'altération de la roche, épaisse et friable. J. RIQUIER (29).

Essentiellement composés de débris de la zone d'altération, il est transporté sur de faibles distances et subit un triage granulométrique faible ou nul.

1.2.1.- Décomposition des roches cristallines.

Les roches qui forment le socle du secteur ont toutes la même composition et leurs produits d'altérations seront donc les mêmes. Elles diffèrent cependant par leur dureté. Les trois degrés de dureté des roches observées par BIROT sur les plateaux Malgaches se retrouvent dans la zone de la Sakay : (BIROT) (6). Ce sont :

- Les roches qu'on ne trouve jamais à l'état frais. Il s'agit des migmatites régulièrement stratifiées contenant des filons de biotite ou d'amphibole.

La zone d'altération très épaisse, blanc-rosé, est parcourue de trainées plus rouges, à l'emplacement des filons plus basiques.

Les raisons de cette faible résistance paraissent pouvoir être ramenées à deux :

1 - ces migmatites sont assez riches en éléments noirs.

2 - La régularité de la foliation et l'absence de cristallisation sont des facteurs généraux de faiblesse (P. BIROT,) (4)

-- Les roches de résistance moyenne, qui appartiennent en général à la catégorie des migmatites granitoides très hétérogènes ou le feuilletage n'est réalisé qu'à l'échelle du décimètre ou même du centimètre.

Ces roches peuvent être atteintes sous un sol de quelques mètres d'épaisseur. Elles affleurent au fond des lits en donnant des rapides, mais sans provoquer la formation de gorges.

- Les roches résistantes qui donnent des affleurements sains sur les versants naturels. Elles provoquent des rétrécissements en gorge des vallées (alors que dans les roches de résistance moyenne seul le profil longitudinal de la vallée est affecté, non le profil transversal).

Ces roches dures sont les granites stratoïdes. On ne les rencontre qu'en de très rares endroits.

1.2.3.- Influence pédogénétique

L'ensemble du secteur est constitué par des roches cristallines de compositions chimiques voisines. Ces roches diffèrent essentiellement entre elles par leur place dans l'échelle de dureté. Ces roches donneront donc naissance à des sols climaciques qui ne seront pas différents, à l'exception de ceux sur pontes formées par les roches résistantes.

Les mêmes sols se formeront également sur les alluvions anciennes.

Par contre les matériaux récents d'apport seront le domaine des sols peu évolués.

L'affleurement de quartz se traduira sur le terrain par la formation d'un sol de type régosolique.

1.2.4.- Influence du complexe volcanique de l'Itasy sur le secteur étudié.

On parle beaucoup de l'influence des apports de cendres volcaniques sur les sols de la Sakay. Cette influence est très nette dans la partie Sud-Est de la zone dite "la Sakay" où l'on voit des recouvrements de plusieurs décimètres. Ces recouvrements s'amenuisent

puis disparaissent quand on va vers le Nord-Ouest.

Afin d'essayer de voir si dans le secteur étudié l'apport de cendres a été encore notable nous avons fait les prélèvements suivants:

- dans la zone où les recouvrements sont évidents.
- dans la zone où les apports volcaniques sont encore importants mais non nettement visibles.
- dans la zone étudiée.

Nous avons ensuite fait faire des analyses d'argiles ;

Thermodifférentielle au laboratoire de l'I.R.A.M.

Spectrographique aux rayons X, au laboratoire de l'O.R.S.T.O.M.
à Bondy.

Les résultats sont les suivants :

Diffraction des rayons X.

- Prélèvement dans la zone étudiée

kaolinite (60 % - 70 %)

gibbsite (20 % - 30 %)

hématite (5 - 10 %)

- Prélèvement dans la zone où les apports volcaniques sont encore importants mais non nettement visibles.

kaolinite mal cristallisée ou peut être métahalloysite.

- Prélèvement dans la zone où les recouvrements sont évidents.

kaolinite mal cristallisé ou peut être métahalloysite.

Nous avons également fait un prélèvement sur le sol ferrallitique se trouvant sous les cendres. Les résultats sont les suivants :

kaolinite (90 - 95 %)

hématite (environ 5 %)

traces de goethite.

Remarques : les chiffres entre parenthèses indiquent la concentration en % très approximative.

Les argiles des deux sols formés sur cendres sont mal cristallisées, alors que celles du sol ferrallitique fossile et du sol ferrallitique du secteur étudié sont bien cristallisées. Nous pouvons donc conclure qu'il n'y a pas d'influence notable des cendres volcaniques sur le secteur étudié.

1.3.- Géomorphologie

1.3.1.- Description

La zone étudiée appartient à une surface de pénéplanation. Cette surface correspondrait à la surface meso-tertiaire de Dixey (16) et au niveau intermédiaire selon BIROT (6). Celui-ci date d'ailleurs le niveau également du milieu tertiaire.

Bien que nous soyons sur une surface d'érosion, le plateau de la Sakay est loin de présenter de grandes surfaces planes d'un seul tenant. Il est très morcelé et se compose d'une infinité de petits lambeaux de quelques hectares réunis entre eux par d'étroits pédoncules. Le réseau de ces lambeaux rappelle, dit GOUROU (19), l'image d'une "feuille de chêne", ou mieux d'un "bois de Renne".

Entre ces plateaux se trouvent des bas-fonds dont la pente longitudinale moyenne est de 2 à 3 %, mais dont la section transversale est horizontale. La pente longitudinale n'est d'ailleurs pas régulière et il n'est pas rare d'y trouver des portions de pente de 15 à 20 %. Cependant il est rare qu'il se forme un réseau hydrographique organisé et tout le bas fond est gorgé d'eau.

La jonction des plateaux et des bas-fonds se fait par des versants

en général convexes à pentes souvent très fortes (de l'ordre de 30 %. Les pentes supérieures à 40 % ne sont pas rares.

La limite entre le versant et le bas fond est en général brutale et n'est pas marquée par un talus. Il est même assez fréquent d'observer des décrochements brutaux, en "coup d'ongle" au niveau du contact du versant et du bas fond.



cas général de contact plateau-bas fond



contact avec décrochement en coup d'ongle

Cependant, parfois, on note la présence d'un talus colluvial de faible déplacement.



contact avec talus colluvial.

Il arrive fréquemment d'observer sur les versants des zones en creux, correspondant certainement à des décollements.

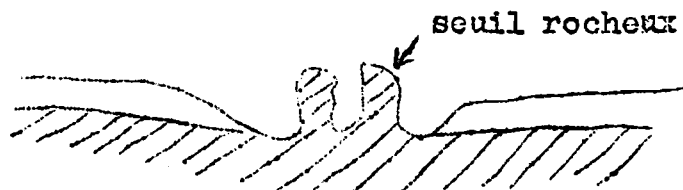
Il faut noter en outre, en plus de ces trois formes essentielles de relief, deux formes assez caractéristiques des plateaux de l'Ouest Malgache : les cuvettes que l'on trouve sur les plateaux et les amphithéâtres perchés sur les versants. Ces cuvettes sont en général gorgées d'eau l'hiver et les amphithéâtres perchés sont inondés toute l'année.

Le réseau hydrographique organisé se compose essentiellement de la vallée de l'Ihazomay et de ses affluents de la rive gauche. Il faut d'ailleurs remarquer que l'Ihazomay n'a pas d'affluents sur la rive droite. L'Ihazomay est en effet remarquablement suspendue par rapport à l'Imanga (80 m au-dessus). Les affluents de cette dernière rivière sont donc beaucoup plus actifs et "montent à l'assaut" du bassin de l'Ihazomay. L'érosion sur le bassin de l'Imanga est beaucoup plus intense et cette zone est complètement entaillée par des "lavaka".

Il faut noter également dans la partie nord-Est l'existence d'un très petit tributaire de la Sakay, la rivière Antotavy.

Seule la vallée de l'Ihazomay proprement dite présente une certaine importance. Elle est constituée par une succession de biefs tranquilles où l'on peut noter un certain alluvionnement et de rapides. Ceci est un des caractères originaux de l'évolution du modelé en zone intertropicale (DERRUAU 15). Ce caractère se retrouve d'ailleurs sur les pentes où les sols sont ou bien très profonds, ou bien inexistantes (Rocbe à nu).

On peut même observer en un endroit un seuil pocheux qui se trouve plus élevé que les sols qui sont de chaque côté du lit de la rivière.



coupe transversale du lit de la rivière.

La roche à nu résiste fortement à l'érosion, d'autant plus que l'eau transporte surtout des éléments très fins. Par contre lorsqu'il y a un sol en place celui-ci joue le rôle de réservoir et maintient la zone de contact avec la roche en place toujours humide. De ce fait l'altération est intense et le sol s'approfondit. Comme il s'érode également le niveau de la surface descend et il arrive à se trouver plus bas que la roche en place dans le lit de la rivière.

1.3.2.- Essai d'explication morphogénétique.

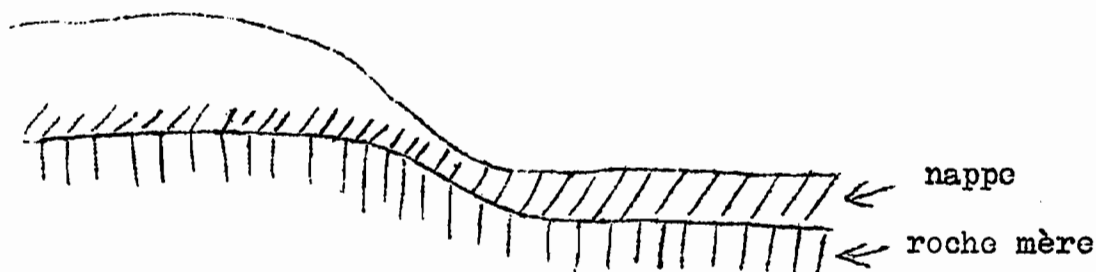
- L'existence des lambeaux de plateaux s'explique par la formation d'une surface d'érosion au milieu du tertiaire, surface d'érosion qui a été reprise par l'érosion actuelle et qui a été disséquée. (A notre avis l'existence d'une érosion actuelle est indiscutable: lavaka actifs, recusement d'anciennes alluvions latérales par des lavaka rajeunis).
- Le fait que les versants soient convexes et qu'ils reculent parallèlement à eux mêmes sans qu'il y ait de talus à la base tient sans doute aux deux faits suivants: (GOUROU 19)

- + Les sols étant assez perméables, une grande quantité de l'eau tombée percole à travers le sol et vient s'accumuler dans la zone d'altération. Elle est ensuite évacuée par écoulement latéral. Or cette eau sous un climat chaud pendant la période humide dissout une grande quantité d'éléments. La zone d'altération tend ainsi à perdre de son volume, mais compense ces pertes par l'attaque continue de la roche en place. On aboutit ainsi à une diminution de l'altitude et à un recul des versants parallèlement à eux mêmes. (Ceci expliquerait en outre l'existence de bas-fonds à fond plats).

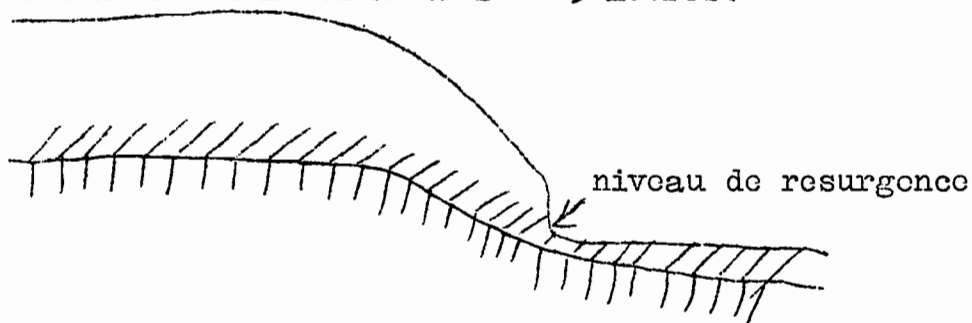
- + Une partie de l'eau des précipitations ruisselle sur la pente. Du fait même de la nature des sols les éléments transportés par le ruissellement en nappe (qui est le plus fréquent) sont fins. Ils ne s'accumulent donc pas à la base comme le feraient des éléments grossiers. De plus nous avons vu que les versants sont en général convexes et que la pente est plus forte à la base qu'au sommet. Comme la quantité d'eau ruisselée est plus importante à la base qu'au sommet, l'érosion y est plus forte et la formation d'un talus n'est pas possible.

La formation d'un talus s'observe quand le ruissellement n'est plus diffus et que l'érosion sur les pentes se fait en marches d'escalier, en rigoles ou en ravines (stade précédant le stade lavaka). Dans ce cas là les éléments transportés sont plus grossiers et plus nombreux et s'accumulent en bas de pente.

L'existence des décrochements en "coup d'ongle" peut être interprété de la façon suivante : la nappe phréatique, qui coule dans la zone d'altération, réapparaît à la surface du sol aux niveaux des bas fonds. En effet dans les bas fonds la zone d'altération est beaucoup moins épaisse et profonde que sur les plateaux et sur les pentes, et de plus elle est le lieu de stockage de toute l'eau percolée et ruisselée.

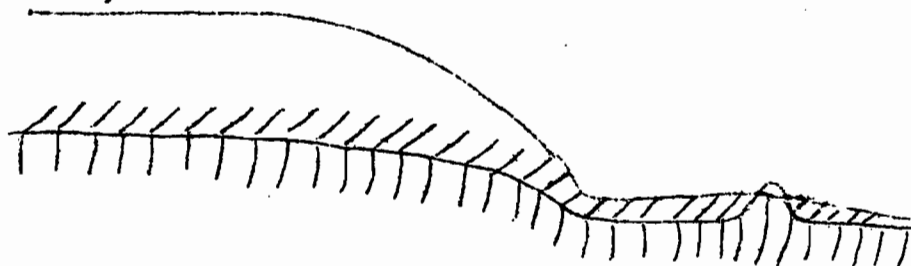


La résurgence de la nappe provoque souvent un décollement de la partie inférieure du versant, occasionnant de la sorte la formation d'une marche dont la hauteur varie de 2 à 3 mètres.

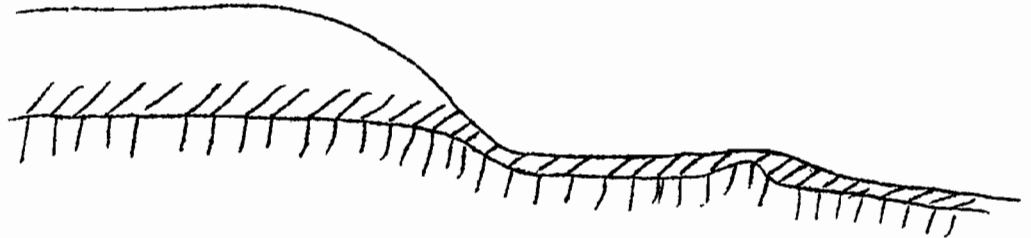


- Les fonds plats des bas fonds à pente longitudinale assez marquée, sans qu'il y ait d'écoulement organisé sont déjà plus difficile à expliquer. Nous pouvons cependant avancer quelques explications :

+ D'après nos observations dans les bas fonds, la zone d'altération est en général peu épaisse et proche de la surface et la roche dure est peu profonde. Ceci explique la présence de nombreux seuils rocheux transversaux, véritables barres coupant la vallée. Ces barres provoquent dans leur partie amont une accumulation d'eau. Il arrive fréquemment que l'on observe trois ou quatre de ces barres dans une même vallée, à des niveaux différents.



Des observations faites par ailleurs sur pente et dont nous reparlerons (chaîne de pente de la zone de détail 2²) nous font penser que c'est le même phénomène qui se passe, même lorsque la barre rocheuses n'est pas à nu.



L'écoulement de la nappe phréatique se fait en nappe comme par-dessus le déversoir d'un barrage, provoquant ainsi l'engorgement de toute la partie amont du bas fond, malgré la pente forte (parfois 15 à 20 %).

+ Le recul des versants parallèlement à eux mêmes favorise la formation des bas fonds à fond plat.

+ La présence d'une végétation dense à chevelu racinaire important à base de fougères, de cypéracées, de mousses, s'oppose efficacement à la formation d'un réseau hydrographique organisé.

+ Enfin comme le fait également remarquer GOUROU, la nappe phréatique ne doit pas resurgir seulement au pied des versants. Elle doit aussi sourdre en de très nombreux points des fonds plats

imbibés par une remontée générale de la nappe, qui, sous jacente au fond de ces vallées, est à une certaine "pression". Une observation effectuée dans le bas-fond 2² de la zone de détail nous fait penser que la nappe est vraiment sous pression au niveau du bas fond. Nous avons observé un mouvement ascendant assez violent de l'eau dans un trou effectué dans le bas-fond, assez fort pour remonter des grains de sables grossiers de 1 à 2 mm de diamètre.

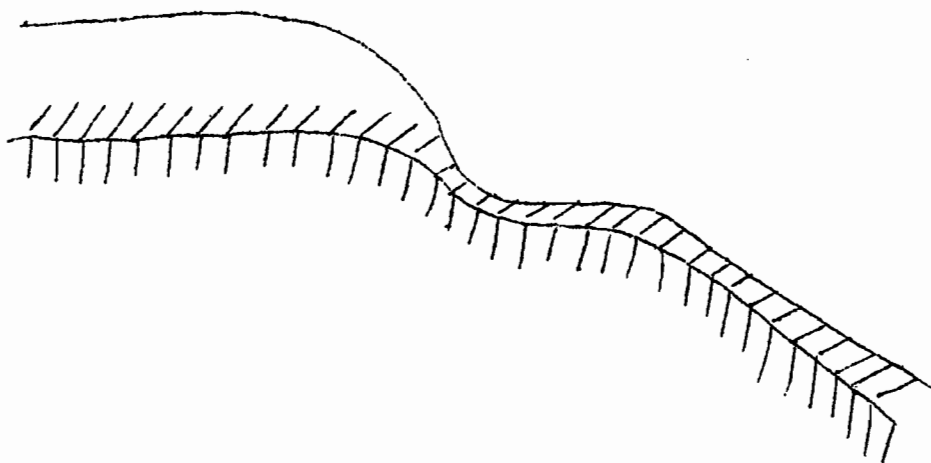
- Les amphithéâtres perchés.

L'existence de ces hémicycles est liée à des affleurements de roche dure. Les formes observées sont variables mais leur formation semble être la même.

Certains de ces amphithéâtres sont très nets et parfaitement fermés par un verroux, ils sont reliés au réseau de bas-fonds inférieurs par une gorge très profonde.

Parfois la barre rocheuse qui forme l'amphithéâtre est encore visible, dans ce cas le raccordement^{avec} le bas-fond se fait par une bande large et non plus par une gorge.

Enfin il arrive fréquemment que la barre rocheuse ne soit plus visible, mais nous pensons que le phénomène est le même car dans ces amphithéâtres la roche altérée est à très faible profondeur (moins de deux mètres).



Nous avons également observé sur une pente une succession particulière de sols que nous avons d'ailleurs étudiée. Il ne s'agissait pas là d'un hémicycle perché mais d'une simple zone plus humide à pente moins forte sur un versant à pente forte. Nous pensons que là encore il s'agit du même phénomène. Des sondages nous ont en effet permis de constater que la roche en place, qui était très profonde au-dessus de la dépression était beaucoup plus proche dans la dépression et très proche de la surface en bas de la dépression.

La roche dure reste d'ailleurs très proche de la surface (moins de 1 m) sur toute la partie inférieure de la pente, avec même quelques affleurements en surface.

A partir du replat la nappe phréatique est proche de la surface. Sur la partie inférieure de la pente tout le sol est très humide car la nappe phréatique ne dispose que d'une faible épaisseur de sol pour circuler au-dessus de la roche.

L'existence des amphithéâtres perchés est donc due à l'hétérogénéité de la roche sous-jacente: l'existence de bancs plus durs diminue la vitesse d'altération du sol et provoque une remontée importante de la nappe phréatique.

Cette remontée de la nappe phréatique peut aller jusqu'à l'engorgement permanent.

- Les dépressions en cuvettes.

- Localisation.

Les cuvettes observées sur le secteur occupent presque toutes des sites identiques dans le paysage. Elles se trouvent en général en bordure des plateaux, et très souvent, en haut de l'extrémité d'un bas fond.

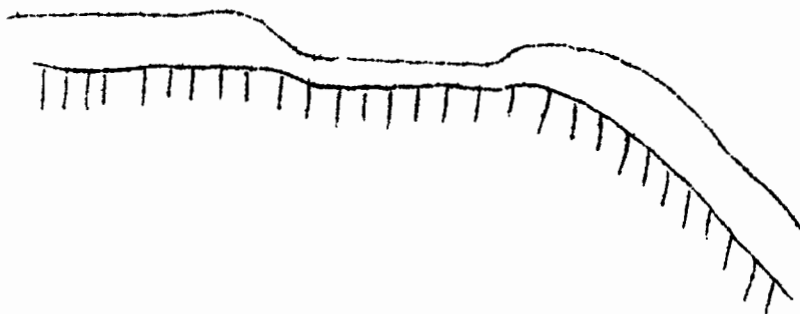
- Description.

+ Le profil de la dépression n'est en général pas symétrique l'une des pentes étant plus forte que l'autre.

+ Il arrive fréquemment que dans la partie la plus basse un canal d'écoulement se dirige vers le bas fond.

Quand ce canal n'est pas nettement visible sur le terrain on peut déceler sa présence par observation stéréoscopique de photographies aériennes.

+ La roche sous-jacente est en général très proche de la surface et dans tous les cas on trouve la zone d'altération à moins de deux mètres de profondeur. Dans une des cuvettes observées la roche saine affleure dans la partie la plus haute de la cuvette. Il arrive parfois que le fond de la cuvette soit occupée par des colluvions.



- Genèse :

La formation des dépressions en cuvette a attiré l'attention de nombreux auteurs mais aucun d'eux n'a donné jusqu'à présent d'explication très précise. Nombreux sont ceux qui pensent, avec GOURROU, que la formation de celles-ci est due "à la production au-dessous d'elles d'un déficit de matière. Ce déficit a probablement lieu dans la zone d'altération qui perd de ses éléments aisément solubles, et la silice libérée par la transformation des silicates en hydroxydes, et des éléments très fins en suspension".

La zone d'altération tend ainsi à perdre du volume. Cette hypothèse est infirmée par les observations de terrains qui montrent qu'au contraire à l'intérieur des dépressions en cuvettes la roche est plus dure et moins perméable.

Personnellement il nous semble, d'après les observations de terrain, qu'il y a une convergence de formes entre les amphithéâtres perchés et les dépressions en cuvettes, tout au moins celles qui sont en bordure

de plateaux. (et elles sont les plus nombreuses). La formation des dépressions serait donc due, comme celle des amphithéâtres perchés, à l'existence de bancs de roches plus dures dans les migmatites du socle. Un survol d'une partie des plateaux de l'Ouest malgache, au cours d'un voyage Tananarive-Morondava nous confirme dans cette hypothèse. Nous avons pu alors remarquer très nettement qu'il existait tous les intermédiaires entre les dépressions sur plateau typiques et les amphithéâtres perchés.

Ces observations ne veulent pas être une hypothèse de la formation des cuvettes mais nous pensons que pour élucider ce problème il faudrait approfondir les recherches dans ce sens.

- Les décrochements sur les pentes.

Ces décrochements sont fréquents et provoquent sur les pentes des dépressions. Leur taille est très variable et varie de quelques mètres carrés à quelques centaines de mètres carrés.

Ces décrochements sont probablement dus à la circulation de la nappe phréatique au niveau de la zone d'altération. Ils se ^{situent} d'ailleurs très souvent dans les zones où le raccord du versant avec le bas fond s'effectue par une marche d'escalier, c'est-à-dire là où l'action de la nappe phréatique est très importante.

La partie basse de la loupe de glissement est en général plus humide et a parfois subi un recouvrement en surface par des colluvions. Ces colluvions sont en général peu épaisses.

1.3.3.- Influence pédogénétique.

Les formes du relief étant assez variées, nous devons nous attendre à trouver sur le secteur des sols assez variés :

- Sur les plateaux les sols climaciques de la région.
- Sur les pentes
 - + quand elles sont faibles à moyennes des sols climaciques moins profonds que sur les plateaux, érodés en surface.
 - + quand elles sont fortes, étant donné la forte agressivité du climat, des sols tronqués, des sols rajcunis, des sols peu évolués.
- Dans les bas fonds des sols hydromorphes.
- Dans les zones de passage d'une forme à une autre toute une série de sols intermédiaires.

1.4.- La végétation.

1.4.1.- Description.

1.4.1.1.- Végétation naturelle.

L'ensemble des plateaux et des versants de la région est recouvert par une steppe graminéenne à base d'Hétéropogon contortus et d'Hyparrhenia rufa pour les plateaux, d'Aristida multicaulis pour les pentes.

Un relevé floristique effectué par BOSSER (8) donne les résultats suivants :

Plateau :

Hétéropogon contortus (graminée) 75-80 %

Présence de :	Hyparrhenia rufa	(graminée)
	Schizochyrium brevifolium	
	Sporobolus tennissimum	(graminée)
	Mariscus fallax	(cypéracée)
	Kylling odorata	"
	Zornia diphylla	(légumineuse)
	Eriosema psoraboïdes	"
	Alysicarpus vaginalis	"

<i>Tephrosia linearis</i>	(Légumineuse)
<i>Aeschynomene schindleri</i>	"
<i>Cassia mimosoides</i>	"
<i>Lactura</i> sp.	(Composée)
<i>Chrysantellum indicum</i>	"
<i>Pycnonomum junciforme</i>	(Asclepiadacée)
<i>Euchnera</i> sp.	(Scrofulariacée)

Pente :

Aristida multicaulis.

Présence de : <i>Hétéropogon contortus</i>	(Graminée)
<i>Eragrostis chapelleri</i>	"
<i>Tacca pinnatifida</i>	
<i>Pycnonomum junciforme</i>	(Composée)
<i>Epallage dentata</i>	

Le recouvrement est de 20 à 50 %.

On peut parfois noter la présence d'une légumineuse arbustive (*Sarcobotria strigosa*) sur pente ou plateau.

Les bas fonds sont en général occupés par des prairies mouilleuses à base de *Leersia hexandra* (graminée) et de cyperacées.

Les principales espèces rencontrées sont les suivantes :

<i>Leersia hexandra</i>	(graminée)
<i>Panicum pavifolium</i>	"
<i>Panicum glanduliferum</i>	"
<i>Cynodon dactylon</i>	"
<i>Cyperus prolifer</i>	(Cypéracée)
<i>Pycneus mundtii</i>	"
<i>Lipocarpa argentea</i>	"
<i>Eleocharis minute</i>	"

<i>Floscopa glomerata</i>	(Commulinacée)
<i>Emilia adscendens</i>	(Composée)
<i>Desmodium hirtum</i>	(Légumineuse)
<i>Desmodium salicifolium</i>	"
<i>Urena lobata</i>	(Malvacée)

Certains bas fonds et quelques vallées sont occupées par des *Phragmites mauritiannus* en formation pure. Ces roseaux se trouvent en général sur des sols de texture grossière mais nous en avons trouvé également sur des sols de texture moyenne et même de texture fine.

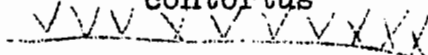
Quelques bas-fonds (vallées des affluents de la rive gauche de l'Ihazomay) sont occupés par des petites forêts galeries. Dans ces bas fonds l'écoulement est organisé (ceci montre l'importance du recouvrement herbacé pour le maintien de l'écoulement diffus dans la plupart des bas-fonds).

Dans ces bas-fonds l'érosion est beaucoup plus intense qu'ailleurs.

Sur les colluvions, dans les zones de décollement et sur les alluvions de faible déplacement on trouve une végétation arbustive à base de :

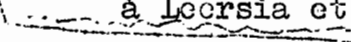
<i>Psidium gayova</i>	(Myrtacée)
<i>Trema</i> sp.	
<i>Urena lobata</i>	(Malvacée)
<i>Pteris</i> sp.	(Fougère)
<i>Elephantus scaber</i>	(Composée)
<i>Hyparrhenia rufa</i>	(Graminée)
<i>Hétéropogon contortus</i>	"
<i>Imperata cylindrica</i>	"
<i>Eriosema parviflorum</i>	(Légumineuse)
<i>Atylosia scarabeoides</i>	(Composée)

steppe à Hétéropogon
contortus

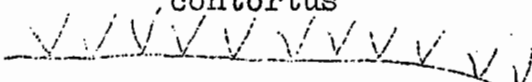


steppe à Aristida multicaulis

Prairie marécageuse
à Leersia et Cypéracés



steppe à Hétéropogon
contortus

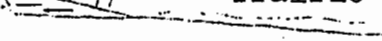


steppe à Aristida multicaulis
très dégradé.

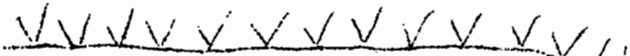
Formation à Psidium et
Trema.

Ruban colluvial →

Prairie marécageuse

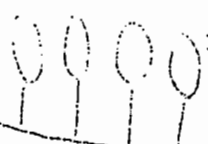


steppe à Hétéropogon
contortus



steppe à Aristida multicaulis

forêt galerie



D'une façon générale la zone est recouverte par une steppe graminéenne couvrant le sol à 80 % sur les plateaux, à moins de 50 % sur les pentes.

Il est actuellement admis par tout le monde, d'après les théories de PERRIER de la BATHIE et de HUMBERT que les savanes et steppes malgaches sont secondaires. Par contre les opinions diffèrent quand il s'agit de déterminer la cause de la disparition de la forêt primaire.

De nombreux auteurs pensent que c'est l'homme qui est à l'origine de la déforestation par la pratique du feu de brousse. Ceci est certainement vrai dans la zone de la côte Est dont le climat est incontestablement forestier, malgré l'étendue des "Savoka" (1).

Nous ne sommes pas de cet avis et en ce qui concerne le "Moyen-Ouest" malgache, et ceci pour les deux raisons suivantes :

- Sur migmatite et sous forêt les sols présentent dans leur profil un horizon jaune au-dessus de l'horizon rouge. (Bien que la formation de cet horizon jaune soit encore mal élucidée on pense actuellement qu'il serait dû, parfois à un lessivage des oxydes de fer après complexation par les produits de décomposition de l'humus grossier, ou simplement à une complexation sans lessivage). ⁽¹²⁻²²⁾ (2)(3)(4). Au cours de tournées sur la Haute-Matsiatra (région de Fianarantsoa), sur la côte Est et sur le Tampoketsa d'Ankazobe nous avons pu observer que les sols sous prairies secondaires récentes (forêt primaire à proximité) possédaient ce profil à horizon jaune sur horizon rouge.

(1)- Stade de dégradation de la forêt primaire à végétation acidifiante à bases de *Philippia*, *Helychrysium* et *Pteris*.

(2)- Communication orale de M. BOURGEAT.

Ce caractère morphologique n'est jamais observé sur les plateaux du Moyen-Ouest.

- Il est admis que les "lavakas" ne se forment pas sous la forêt (GRANIER). On est donc obligé d'admettre que leur apparition a suivi son départ. Or une tourbière située dans un lavaka, et datée par la méthode du carbone 14, a plus de 12.000 ans (2). (Tourbière située sur les hauts plateaux, au Sud de Tananarive).

A fortiori le lavaka a plus de 12.000 ans. Comme la formation du lavaka est postérieure à la disparition de la forêt nous devons admettre que la cause de cette disparition n'est pas l'homme, installé à Madagascar depuis un millénaire environ.

On peut donc penser que la disparition de la forêt est due à un déséquilibre milieu-végétation, à la suite d'une diminution de volume des pluies. (Certains auteurs pensent que nous nous trouvons actuellement dans une phase interpluviale à climat plus sec. (GRANIER) (20).

Il faut noter que la forêt se maintient le long de certaines vallées et qu'elle a même reconquis d'anciens lavakas (Dans les deux cas la nappe phréatique est proche de la surface et permet une bonne alimentation hydrique même en saison sèche.

1.4.1.2.- Culture

La majeure partie des plateaux est actuellement cultivée. Les cultures effectuées sont le maïs et le manioc essentiellement, parfois l'arachide ou le riz de plateau. On observe également de nombreuses jachères.

Les pentes et les bas fonds ne sont pas cultivés, à l'exception de quelques bas fonds formés par des alluvions latérales et des vallées à alluvions récentes.

1.4.2.- Influence pédogénétique.

Nous devons admettre que l'influence de la végétation actuelle sur la pédogénèse est relativement récente bien que l'on ne puisse pas dater exactement la disparition de la forêt primaire. Il y a quelques millénaires le climat devait être plus humide et le sol recouvert par de la forêt. Nous étions donc dans des conditions ferrallitisantes par excellence.

L'installation de la pseudo-steppe à certainement provoqué un changement dans les processus pédogénétiques, d'autant plus qu'elle ne couvre pas en général entièrement le sol. Or "une végétation couvrant bien le sol serait nécessaire au développement du processus de ferrallitisation, en permettant le maintien d'une humidité constante tout au long de l'année dans le sol et dans l'air au contact du sol (1). Le pédoclimat n'est donc plus favorable en surface à la ferrallitisation au moins pendant 5 à 6 mois de l'année.

La végétation forestière aurait également un autre rôle dans le processus de ferrallitisation : la remontée biotique de cations dans l'horizon supérieur. Cette remontée n'est pas assurée par une végétation graminéenne.

Enfin le fait que les sols ferrallitiques se forment préférentiellement sous une végétation fermée provoque une morphologie particulière, du profil, avec une forte accumulation de matière organique en surface et une transition très tranchée avec les horizons sous-jacents. La présence de la végétation graminéenne est à l'origine d'une répartition très différente de la matière organique. On peut dire qu'il y a l'heure actuelle une véritable "steppisation" des sols ferrallitiques de "Moyen-Ouest" Malgache.

Dans les bas fonds, l'installation d'une prairie continue couvrant entièrement les sols est un des facteurs empêchant la formation d'un réseau hydrographique organisé. La prairie provoque une répartition en nappe de l'eau et est ainsi la cause d'un engorgement permanent de toute la superficie des bas fonds. Sous cette végétation se forment donc des sols hydromorphes riches en matière organique.

Par contre lorsque le bas fond est occupé par une forêt galerie un réseau hydrographique s'organise, provoquant un drainage naturel de bas fond. De plus dans ces cas là l'érosion sur les pentes est beaucoup plus forte. Il se forme alors des sols évoluant suivant les processus pédogénétiques zonaux, souvent fortement colluvionnés, ou des sols peu évolués sur colluvions. L'hydromorphie ne se manifeste plus qu'en profondeur.

1.5.- Homme

L'homme agit de plusieurs façons sur le milieu naturel dans le secteur étudié.

- La mise en culture des terres de plateaux a une action importante sur les sols tant au point de vue chimique que physique. Cette action a d'ailleurs été étudiée (deuxième partie de ce rapport). Lorsque cette mise en culture est faite sans précaution on aboutit rapidement à une dégradation de l'horizon superficiel et à une érosion intense.

A l'heure actuelle très peu de bas fonds, sont cultivés; seuls quelques sols sur matériau récent sont mis en valeur. La culture pratiquée est la rizière. L'action de l'homme dans ce cas se traduit par une accélération des processus d'hydromorphie, au moins en surface.

- L'élevage extensif pratiqué aboutit obligatoirement à la création de zones sous-exploitées et de zones surpaturées (GRANIER 20) : Dans celles-ci la végétation disparaît petit à petit et le sol reste à découvert, ce qui facilite les phénomènes d'érosion. De plus sur les zones surchargées de bétail il se crée des passages préférentiels, des chemins plus ou moins creusés, en particulier sur les pentes. Ces chemins canalisant l'eau de ruissellement et sont souvent à l'origine de ravines d'érosion, voire même de "lavaka".

- Les feux de brousse, très généralisés sur tout le périmètre ont deux actions essentielles :
 - destruction de la matière organique et très souvent perte des éléments minéralisés car les cendres sont emportées par le vent.
 - dénudation de la surface du sol au début de la saison des pluies supprimant la protection contre l'effet de "splashing" des gouttes d'eau et aggravant ainsi les phénomènes d'érosion.

1.6.- La durée

Etant donné l'âge de la surface d'érosion sur laquelle se situe la zone étudiée la durée est un facteur très important dans l'évolution des sols.

Dans des conditions géologiques, topographiques et de végétation normales nous devons trouver des sols climaciques fortement évolués. Du fait même de la longueur de la durée d'évolution il est fort probable qu'au cours de la période évolutive, le climat ait varié, provoquant ~~des~~ des variations dans l'orientation des processus évolutifs. (Actuellement le milieu est sans doute moins ferrallitisant qu'il y a quelques millénaires).

L'âge des sols est important également à considérer dans des conditions topographiques particulières (pentes, bas fonds).

Sur les pentes nous aurons fréquemment des sols rajournis évoluant vers le climax à partir de la zone d'altération mise à jour par l'érosion.

Dans les bas fonds l'érosion d'un seuil peut provoquer la descente de la nappe phréatique. Dans ces cas il arrive fréquemment de voir des sols ferrallitiques hydromorphes ou même des sols hydromorphes dans des stations actuellement bien drainées. Le caractère d'héritage de l'hydromorphie est dans ces cas là indiscutable.

L'influence de l'âge du sol apparaît aussi au moment de l'observation des sols formés sur les deux niveaux d'alluvions anciennes, les sols formés sur le niveau le plus récent étant moins évolué.

Enfin il y a sur le périmètre quelques matériaux récents (alluvions récentes, colluvions, alluvions de faible déplacement) sur lesquelles on trouvera des sols n'ayant pas encore subi l'action prolongée des facteurs pédogénétiques.

1.7.- Conclusions.

Le milieu naturel sur le secteur étudié est relativement homogène.

Les conditions générales du milieu sont celles du domaine ferrallitique, mais les processus de ferrallitisation sont à l'heure actuelle freinés par une végétation non favorable et par l'existence d'une saison sèche très marquée de 5 mois. Il est d'ailleurs probable que cette végétation provoque une "steppisation" des sols du périmètre.

Certaines conditions particulières de socle et de topographie expliquent la présence, à côté des sols ferrallitiques, de sols :

- ferrallitiques plus ou moins tronqués ou rajeunis sur les pentes.
- minéraux bruts ou peu évolués sur versants très érodés, sur matériau originel peu altérable ou récent.
- hydromorphes dans les cuvettes, les amphithéâtres perchés et les bas-fonds:

Tous les intermédiaires pourront être trouvés entre les sols climaciques des plateaux et les sols hydromorphes de cuvettes par exemple, de même qu'entre les sols de plateau et les sols tronqués jusqu'à la zone de départ sur les pentes.

2. - Inventaire des principaux sols observés

2.1.- Classification utilisée.

La classification utilisée est la "classification pédologique utilisée en France", présentée par le Professeur AUBERT au 3^{ème} symposium international sur la classification des sols à Gand en 1965, en ce qui concerne les sols minéraux bruts, les sols peu évolués et les sols hydromorphes. Pour les sols ferrallitiques nous avons utilisé la nouvelle classification proposée par Messieurs AUBERT et SÉGALEN lors de la réunion des pédologues de l'O.R.S.T.O.M. en 1966 à Paris.(2-3)

Cette classification nous a été précisée sur le terrain par Messieurs ROEDERER, BOURGEAT, pédologues O.R.S.T.O.M. et KILIAN, pédologue I.R.A.M.

Le tableau des principaux sols observés sur le périmètre est donné dans les pages suivantes :

Tableau .../-

2.2.- Sols minéraux bruts

2.3.- Sols peu évolués

Classe	Sous-Classe	Groupe	Sous-Groupe	Faciès	Famille
Sols minéraux bruts	D'origine non climatique	Sol squelettique	Régosol		sur quartz
		Sols bruts d'apport	Fluviatile		sur alluvions récentes
			Fluviatile Continental		sur alluvions latérales
			Continental		sur colluvions
Sols peu évolués	D'origine non climatique	d'érosion	Régosolique		sur migmatite
		d'apport	Modal	Modal	sur alluvions latérales
				Hydromorphe	sur alluvions récentes
					sur alluvions latérales

2.4.- Sols ferrallitiques

Classe	Sous-Classe	Groupe	Sous-Groupe	Faciès	Famille	Série	
Ferrallitique	Faiblement désaturés	Typique	Humique	steppisé	migmatite	sol complet	
						sol érodé	
	Moyennement désaturés	Typique	Humique	steppisé	migmatite	sol complet	
						sol érodé	
						Alluvions anciennes de niveau I	sol complet
						sol érodé	
				rouge-jaune	A... de niveau II		
				hydromorphe	migmatite	sol complet	
					A.A. de niveau II	sol colluvionné	
				Induré	migmatite		
	Remanié	Modal	steppisé	migmatite	sol complet		
					sol érodé		
Rajeunis	Humique		migmatite				
				Hydromorphe	migmatite		
Fortement désaturés	Humifère	Modal	Hydromorphe de profondeur	colluvions			

2.5.- Sols hydromorphes

Classe	Sous-Classe	Groupe	Sous-Groupe	Faciès	Famille		
Hydromorphes	Organiques	Tourbeux	Oligotrophe		migmatite		
	moyennement organiques	Humique à gley	à anmoor acide	sans horizon fibreux de surface	migmatite colluvionnée		
					migmatite		
					alluvions anciennes niveau II		
	Minéraux	à gley	à stagno-gley	à pseudo-gley	avec horizon fibreux de surface	migmatite	
					d'ensemble	hérité	migmatite
						actuel	migmatite
					de surface		alluvions latérales
						anthropique de surface	alluvions récentes
							A.A. niveau II
						d'ensemble	alluvions récentes
			alluvions colluvions				
			à concrétions et carapaces	migmatite			
		à cuirasse	migmatite				

2.2.- Sols minéraux bruts.

Les sols minéraux bruts observés sur le secteur sont d'origine non climatique, les conditions atmosphériques favorisant un pédoclimat permettant l'évolution du sol.

2.2.1.- Sol squelettique

Profil BS 235

Date d'observation ; 21/4/67

Conditions atmosphériques : début de saison sèche

Emplacement du profil.

Site : terrain plat

Situation : sommet d'une colline allongée dont l'existence est due à la présence d'un filon de quartz.

Drainage : interne et externe bon

Erosion : nulle

Occupation du sol : steppe ouverte à Hétéropogon et Hyparrhenia
(recouvrement 30 %)

Roche-mère : quartz.

Description du profil.

0 - 15 cm : Horizon gris brun essentiellement formé de graviers et de blocs de quartz dont le diamètre peut atteindre 40 cm, entre les blocs et les graviers il y a une partie fine limono-argileuse. L'enracinement est relativement abondant dans les interstices. L'horizon est sec.

15 - 73 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/6) essentiellement formé de graviers et de blocs de quartz. L'enracinement est bien développé jusqu'à 60 cm. Ensuite il disparaît progressivement. L'horizon est sec jusqu'à 40 cm, ensuite il est frais.

Type génétique du sol :

Regosol sur quartz.

Commentaire

L'existence d'un tel sol dans la zone étudiée s'explique uniquement par la présence d'une roche mère particulière : le quartz. Le quartz en effet, quand il est en filon, résiste très bien à l'altération, même en climat chaud et humide.

La présence d'éléments fins est sans doute due au piégeage des poussières éoliennes dans les fissures. Ce piégeage a été encore plus important après l'installation de la végétation.

La couleur rouge du sol indique une ferrallitisation des impuretés contenues dans le quartz.

- Importance géographique et utilisation.

Ce type de sol n'occupe qu'une très faible surface. Il n'a été observé qu'en un seul endroit.

La valeur agricole est nulle et il doit être laissé en végétation naturelle. Etant donné le statut hydrique de ce sol il n'est pas possible de le reboiser. Au moment de la description, 15 jours après les dernières pluies, la végétation commençait déjà à se dessécher.

2.2.2.- Sols bruts d'apport

2.2.2.1.- Sur alluvions fluviatiles

Profil BS 7023

Date d'observation : 29/5/67

Conditions atmosphériques : temps sec (saison sèche)

Emplacement du profil :

Site : terrain plat

Situation : sommet de bourrelet de berge.

Drainage : bon

Erosion : alluvionnement

Occupation du sol : Savane à Hyparrhenia

Roche-mère : alluvions récentes sableuses.

Description du profil :

- 0 - 14 cm : Horizon rouge jaune (5 YR 4/6), limono-sabbux fin, frais, friable, de structure continue à particulaire. Enracinement important. Présence de quartz et de micas.
- 14 - 40 cm : Horizon brun rouge (2,5 YR 5/4), sablo-limoneux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Racines moins nombreuses mais encore bien représentées. Présence de micas.
- 40 - 53 cm : Horizon brun rouge foncé, limono-argilo-sableux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Présence de quelques racines. Présence de grains de quartz et de mica fins.
- 53 - 110 cm : Horizon brun rouge, sablo-limoneux, frais, facilement pénétrable à la tarière. Présence de quartz et de micas.
- 110 -200 cm : Horizon brun rouge foncé, sablo-limoneux, frais, facilement pénétrable à la tarière. Présence de quartz et de micas.

200 - 220 cm : Horizon beige avec quelques taches rouilles, sablo-limoncux, humide, facilement pénétrable à la tarière. Présence de quartz et de micas.

Type génétique de sol

Sol minéral brut d'apport sur alluvions fluviales récentes sableuses.

- Variations

Le profil BS 70²⁵ ne présente qu'un exemple des sols bruts d'apports sur alluvions récentes. Il arrive assez fréquemment que le bourrelet de berge ne soit pas occupé par la végétation. Dans ces cas là, en général, le sol est plus clair, beige jaunâtre.

- Pédogénèse.

On observe ces sols uniquement en bordure de l'Ithazomay, seule rivière ayant un débit important dans le périmètre étudié. En saison des pluies les crues sont importantes (montée du niveau des eaux de plusieurs mètres) et sont causes des dépôts sableux le long des rives. Ces dépôts étant très fréquents, le sol n'a pas le temps d'évoluer.

La texture grossière et l'alternance rapide des horizons est une caractéristique des bourrelets de berge.

En saison des pluies, et hors des moments de crues (qui sont assez brefs) le niveau de la rivière remonte quand même, provoquant une montée de la nappe phréatique. Ceci est provoqué d'une légère hydromorphie en profondeur. (6^e horizon).

- Importance géographique, utilisation.

Ces sols n'occupent qu'une très faible surface. Leur valeur agricole est très faible; leur position exclue les cultures en saison des pluies, leur caractère très drainant exclut les cultures en saison sèche. Ces sols sont à laisser à l'état naturel quand ils sont colonisés par la végétation, à embroussailler quand ils sont nus.

2.2.2.2.- Sur alluvions latérales

Profil BS 29

Date d'observation : 24/4/67

Conditions atmosphériques : temps sec (saison sèche)

Emplacement du profil :

Site : terrain en pente très légère

Situation : zone surclevée dans un bas fond

Drainage : bon

Erosion : alluvionnement

Occupation du sol : Taillis de goyavier et son cortège

Roche-mère : alluvions latérales

Nappe phréatique : à 170 cm

Description :

- 0 - 21 cm : Horizon rouge (5 YR 4/6) limono-argilo-sabbeux, frais, ferme à friable, de structure continue à éclats anguleux. Racines bien représentées. Présence de nombreux quartz et de micas fins.
- 21 - 40 cm : Horizon rouge pailleté, limono très sableux, frais, friable, de structure continue à particulaire. Racines. Présence de micas nombreux, de quartz.

(graviers de taille allant jusqu'à quelques mm), de quelques cristaux de feldspath altéré. On note également quelques concrétions durcies qui ne semblent pas s'être formées en place.

40 - 123 cm : Horizon rouge très pailleté, limono très sableux, à sablo-limoneux, frais, friable, de structure continue à particulière. Quelques racines. Présence de micas très nombreux, de quartz, de feldspath et de quelques minéraux noir.

123 - 189 cm : Horizon rouge légèrement veiné de rouge plus foncé, limono très sableux, humide, facilement pénétrable à la tarière. Présence de micas, de quartz et de feldspath.

189 - 220 cm : Horizon rouge avec des veinules rouge brique et des veinules jaunes. Limono-argilo-sableux gorgé d'eau, facilement pénétrable à la tarière. Présence de micas.

Caractères analytiques (voir tableau)

Résultats de l'analyse triacide (horizon 3)

Porteau	Residu	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$
feu %	%	%	%	%	%	
11,06	15,46	29,6	14,6	24,9	1,75	2,0

Type génétique de sol.

Sol minéral brut d'apport sur alluvions latérales récentes.

Profondeur	.....	0-21	21-40	40-123	123-189	189-220
pH	.....	4,4	4,5	4,5	5,5	5,5

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	24,76	46,70	49,62	42,68	35,28
Sable fin	%	.....	18,47	24,25	18,64	19,69	12,52
Sable très fin	%	.....	8,14	3,04	8,48	8,48	7,61
Limons fins	%	.....	22,50	8,50	12,00	12,00	21,00
Argile	%	.....	23,00	15,50	9,50	15,50	22,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	1,23	0,55	0,42	0,37	0,31
Matière organique	%	.....	2,12	0,95	0,72	0,64	0,53
Azote	‰	.....	1,16	0,48	0,38	0,30	0,40
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	10,60	11,46	11,05	12,33	7,50

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assim.	‰	.....	0,020	0,016	0,014	0,018	0,016
Ca échangeable	(m.c. %	.....	1,24	0,82	1,24	1,24	1,65
	(‰	.....	0,250	0,166	0,250	0,250	0,332
Mg	(m.c. %	.....	1,64	0,98	2,63	2,63	3,28
	(‰	.....	0,200	0,120	0,320	0,320	0,400
K	(m.c. %	.....	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10
	(‰	.....	0,100	0,040	0,040	0,040	0,040
Na	(m.c. %	.....	0,01	0,01	0,01	0,05	0,08
	(‰	.....	0,004	0,004	0,004	0,012	0,020
Somme des bases échangeables							
	S m.c. %	.....	3,14	1,91	3,98	4,02	5,11
Capacité d'échange							
	T m.c. %	.....	8,00	3,80	5,80	4,60	7,00
Degré de saturation							
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	39,25	50,26	68,62	87,39	73,00

Pédogénèse.

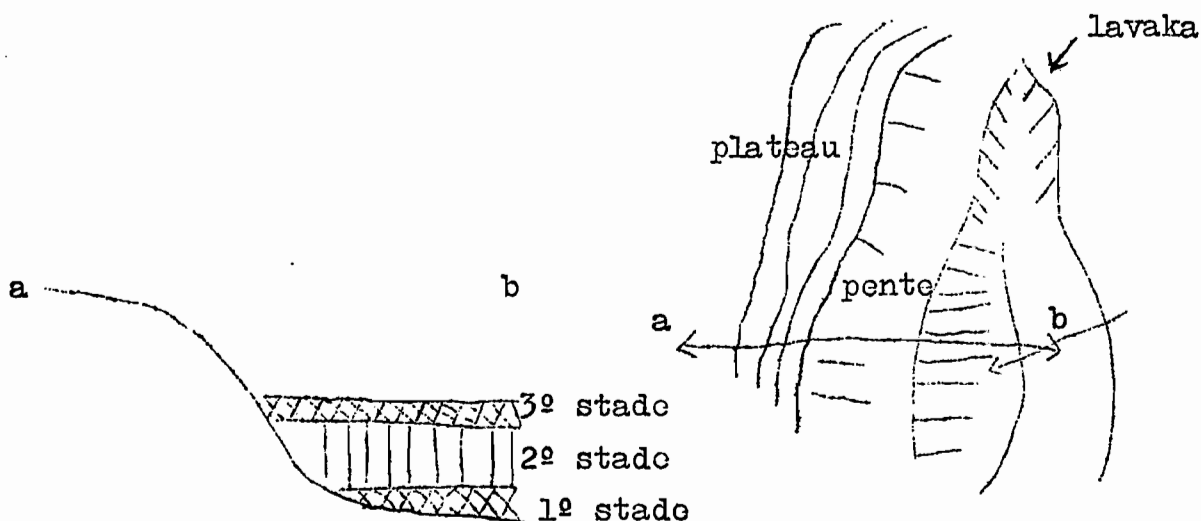
Ici aussi le sol est formé sur un matériau très récent, ce qui explique son absence d'évolution.

L'individualisation des strates n'est pas due à des processus pédogénétiques mais à un triage textural des éléments apportés. Cependant comme le transport a été effectué sur une faible distance (une centaine de mètres) la texture est assez homogène.

Les différences de texture du premier et du dernier horizon peuvent s'expliquer de la façon suivante :

Dans le stade de jeunesse le lavaka évacuait une forte proportion d'éléments fins des horizons superficiels en mélange avec les éléments de la zone d'altération. Au cours de sa maturité l'essentiel des déjections est formé par la zone de départ de texture grossière.

A l'heure actuelle le lavaka est stabilisé et les apports correspondent à l'érosion en nappe sur les versants. Cette érosion en nappe attaque les horizons superficiels des sols ferrallitiques riches en éléments fins.



Ceci explique également l'absence de concrétions durcies dans les horizons intermédiaires, alors que l'on en trouve dans les horizons inférieurs et supérieurs.

L'action de l'eau sur le profil est très faible et commence à être sensible à partir de 1,50 m de profondeur.

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est égal à 2. Ceci est dû au fait que le sol se forme actuellement sur un matériau provenant de la zone d'altération non encore très ferrallitisée. C'est une preuve du peu d'évolution du sol étudié.

Variations :

Certains des sols que nous avons classés de la même façon présentent les différences suivantes avec les sols décrits ci-dessus :

- Lorsque le lavaka à l'origine de l'alluvionnement est plus important le transport a parfois été un peu plus long et le triage des éléments est plus net (profil 357)

- La texture générale du sol est parfois plus fine (profil 7013)
Cette différence texturale peut être attribuée

à une influence nette de l'apport des horizons ferrallitiques : on trouve en effet dispersés dans le profil des agrégats argilo-limoneux (véritables galets d'argile) rouge-brique provenant obligatoirement des horizons B de sol ferrallitique.

- Importance géographique, utilisation.

Ces sols sont assez nombreux sur le périmètre étudié mais ils se présentent par taches très localisées, de faibles superficies. (De quelques centaines de mètres carrés à un hectare au maximum).

Du point de vue agronomique ces sols homogènes, profonds et friables, ayant un bon régime hydrique sont intéressants. Chimiquement ils ont les qualités et les défauts inhérents à leur mode de formation ;

- Pauvreté en matière organique
- Teneur moyenne en bases échangeables, avec certainement une bonne teneur en éléments totaux. (Nombreux minéraux en voie d'altération).
- Teneur faible en phosphore assimilable.

Ces sols sont aptes à porter toutes les cultures effectuées dans la région. Du fait de leur position dans les bas fonds à l'abri du vent nous proposons qu'ils soient plantés préférentiellement en arbres fruitiers.

2.2.2.3.- Sur colluvions

Profil BS 53

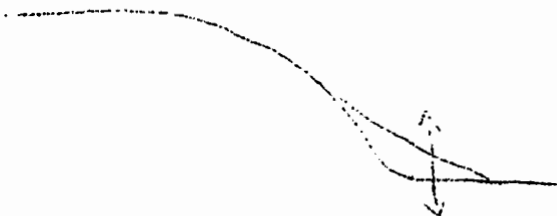
Date d'observation : 11/5/67

Conditions atmosphériques : temps sec (saison sèche)

Emplacement du profil :

Site : terrain en pente (10 % environ)

Situation : zone de raccordement d'un versant et d'un bas fond.



Drainage : bon

Erosion : colluvionnement

Occupation du sol ; taillis de goyavier et son cortège

Roche-mère : colluvions récentes.

Description :

- 0 - 4 cm : Horizon beige, limono-argilo-sableux, sec, meuble, de structure particulière.
Quelques radicelles et quelques grosses racines.
Présence de quartz fins et de micas fins. Mélangés à la partie minérale des brindilles et des branches.
- 4 - 25 cm : Horizon brun orangé, limono-argilo-sableux, sec à peu frais, ferme, de structure continue à éclats anguleux. Quelques radicelles et quelques grosses racines. Présence de quartz (grains et graviers) et de micas très fins.
- 25 - 84 cm : Horizon rouge orangé, limono-argilo-sableux, frais, friable, de structure continue à éclats arrondis. Quelques radicelles. Quelques graviers de feldspaths, micas très fins.
- 84 - 123 cm : Horizon brun rouge foncé, limono-argileux, frais, facilement pénétrable à la tarière. Présence de quartz
- 123 - 210 cm : Horizon brun beige, limono-argilo-sableux, frais, Présence de quartz (sable et graviers), de quelques micas très fins et de quelques cristaux de feldspath.
- 210 - 220 cm : Horizon rouge orangé, limono-argilo-sableux, frais, Présence de quartz fin, de petites concrétions rouges durcies, de micas. L'horizon est beaucoup plus résistant.

Profondeur	.....	0-4	4-25	25-84	84-123	123-210	210-220
pH	.....	5,1	4,4	4,2	4,3	4,5	4,6

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	40,52	42,83	38,91	39,21	39,70	39,57
Sable fin	%	.....	20,72	24,21	23,38	20,60	20,16	19,22
Sable très fin	%	.....	0,74	0,80	3,32	3,00	0,76	3,25
Limon	%	.....	11,50	10,00	10,50	14,50	18,50	16,00
Argile	%	.....	23,00	19,50	21,50	19,50	19,50	20,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	1,43	0,92	0,78	1,23	0,21	0,25
Matière organique	%	.....	2,47	1,59	1,35	2,12	0,36	0,43
Azote	‰	.....	1,78	0,86	0,66	0,86	0,66	0,34
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	8,03	10,70	11,82	14,30	3,75	7,35

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	‰	0,018	0,012	0,014	0,018	0,016	0,022	
Ca échangeable	(m.c. %	.....	2,90	0,40	0,40	0,40	0,40	0,82
	(‰	.....	0,582	0,082	0,082	0,082	0,082	0,166
Mg "	(m.c. %	.....	2,63	1,31	0,98	0,98	1,31	0,65
	(‰	.....	0,320	0,160	0,120	0,120	0,160	0,080
K "	(m.c. %	.....	0,15	0,02	0,05	0,05	0,02	0,10
	(‰	.....	0,060	0,010	0,020	0,020	0,010	0,040
Na "	(m.c. %	.....	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,10
	(‰	.....	0,004	0,012	0,004	0,004	0,004	0,024
Somme des bases échangeables								
	S m.c. %	.....	5,69	1,78	1,44	1,44	1,74	1,67
Capacité d'échange								
	T m.c. %	.....	6,20	3,60	3,60	8,60	4,60	4,20
Degré de saturation								
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	....	91,77	49,44	40,00	16,74	37,82	39,76

- Données analytiques. Voir tableau

- Résultats de l'analyse triacide (Horizon 3)

Perte au feu %	Résidu %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$
13,58	16,47	27,2	9,10	28,7	1,70	1,6

- Pédogénèse.

Ici encore nous avons un sol formé sur matériau récent, ce qui explique son faible degré d'évolution. Le colluvionnement à l'endroit étudié est encore dans une phase active (le versant qui domine le profil est fortement érodé, ce qui explique la possibilité de formation du talus de raccordement) (paragraphe 2.3.2. page).

La description morphologique et les résultats analytiques montrent que sur la profondeur prospectée, il y a deux sols superposés. Le changement brutal de couleur à partir de 84 cm correspond également à une augmentation de la teneur en matière organique.

A partir de 84 cms nous avons donc un sol qui s'était formé avant la reprise de l'érosion.

La grande homogénéité de la texture est caractéristique des colluvions.

Le rapport SiO₂/Al₂O₃ est de 1,6. Ceci ne veut pas dire que le sol soit ferrallitique. A la différence du sol précédent, qui se formait sur une zone de départ, le sol étudié ici se forme sur colluvions formées à partir de l'horizon B de sol ferrallitique, dont le rapport SiO₂/Al₂O₃ est déjà de l'ordre de 1,6.

Type génétique de sol :

Sol minéral brut d'apport sur colluvions ferrallitiques, recouvrant un sol ferrallitique.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols sont très rares sur le secteur étudiés, et ne forment

que quelques taches de très faible superficie.

Leur texture est un peu plus fine que celle du sol précédent (formation à partir d'horizon plus fin) mais leurs caractéristiques physiques sont semblables (piabilité, régime hydrique).

De fait même de leur formation ils sont pauvre chimiquement (l'horizon B du sol ferrallitique dont les colluvions sont originaires sont fortement lixiviés).

Nous pensons cependant qu'ils pourront porter les mêmes cultures que les sols précédents si on leur apporte une fumure.

2.3.- Sols peu évolués.

Comme pour les sols minéraux bruts, la cause du manque d'évolution des sols considérés n'est pas climatique. Pour certains c'est l'érosion, pour d'autres c'est l'âge récent du matériau originel.

2.3.1.- Sol d'érosion.

Profil BS 77⁸

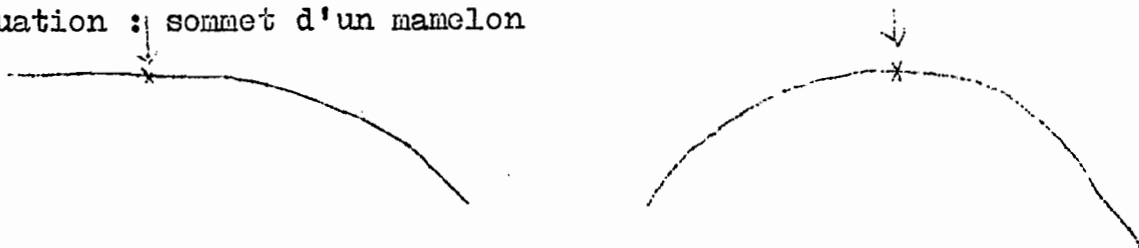
Date d'observation : 30/5/67

Conditions atmosphériques: beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil :

Site : pente légère (10 %)

Situation : sommet d'un mamelon



Drainage : bon

Erosion : en nappe forte. Présence de très nombreux cailloux de quartz en surface. Il y a également quelques galets roulés provenant du niveau d'alluvions anciennes situé au-dessus.

Occupation du sol : steppe très ouverte ^à Aristida multicaulis et Hyparrhenia dissoluta.

Roche-mère : migmatite quartzo-feldspathique.

Description :

- 0 - 6 cm : Horizon brun beige, limono-argilo-sableux, sec, friable, de structure grumelleuse fine à moyenne. Racines nombreuses. Présence de sables grossiers quartzaux et de cailloux de quartz.
- 6 - 20 cm : Horizon jaune brun (10 YR 7/6) avec des taches rouges, limono-argilo-sableux, peu frais, ferme, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Présence de grains de quartz nombreux et quelques cristaux de feldspaths.
- 20 - 100 cm : Horizon jaune beige strié d'orange et de blanchâtre limono-sableux, frais, extrêmement ferme, de structure continue à éclats anguleux. Traces de racines. Cristaux de quartz et de feldspath nombreux. Le litage de la roche en place est reconnaissable.

Pédogénèse.

Au moment de la reprise d'érosion qui a demantelé la surface le sol a été tronqué jusqu'au plus profond de sa zone d'altération (L'érosion intense s'explique par la topographie; le profil observé est sur une petite butte).

La reprise d'évolution du sol est sans doute récente, et elle est toujours freinée par une érosion active.

De plus la roche mère est une roche acide, pauvre en minéraux ferro-magnésiens, résistante à l'altération, ce qui se traduit par une zone d'altération extrêmement ferme et qu'il faut creuser à la barre à mine.

Une faible végétation graminéenne a cependant pu s'installer, limitant ainsi l'érosion et permettant la formation, sur quelques centimètres, d'un horizon humifère (certainement assez pauvre en matière organique), bien structuré.

Type génétique de sol : sol peu évolué d'érosion regosolique sur zone de départ ferrallitique.

Variations :

Ce type de sol se rencontre également sur des roches mères plus altérables. Dans ce cas ils sont un peu plus profond et surtout la zone de départ est plus friable.

- Importance géographique - utilisation.

Ces sols occupent de très faibles superficies, toujours sur pentes fortes.

L'horizon humifère est peu profond et les horizons sous jacents sont souvent fermes. On peut penser qu'ils sont assez riches en éléments totaux.

D'une façon générale se sont des sols très médiocres qu'il faut reboiser quand cela est possible ou même laisser en végétation naturelle et réembroussailler.

2.3.2.- Sols d'apport

Dans les sols peu évolués d'apport nous distinguons les sous groupes modal et hydromorphe et dans le sous groupe modal le faciès modal et le faciès hydromorphe.

2.3.2.1.- Modaux.

1.1.- Avec formation d'un horizon humifère (faciès modal)

1.1.1.- Sur alluvions latérales

Profil BS 7138

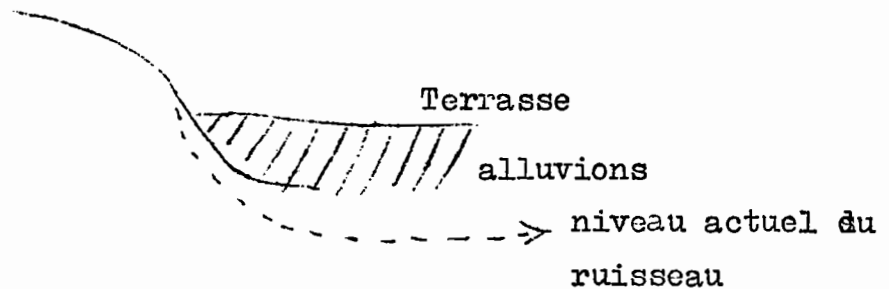
Date d'observation : 16/6/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil.

Site : Pente de 2 à 3 %

Situation : terrasse formée par des alluvions de faible déplacement situées au pied d'un lavaka qui est dans une nouvelle phase d'érosion. L'érosion a entaillé les alluvions, la zone d'altération sur laquelle reposaient ces alluvions et a découvert la roche mère dure à 10 m de profondeur environ.



Drainage : excellent

Erosion : nulle

Occupation du sol : Savane à Hyparrhenia rufa, quelques Aristida et quelques Pterix aquilina.

Roche mère : alluvions latérales

Description du profil :

- 0 - 8 cm : Horizon gris brun, limono-argileux, sec à peu frais, friable, de structure grumeleuse fine à moyenne. Racines nombreuses et bien développées. Présence de cristaux de quartz, feldspath et micas.
- 8 - 23 cm : Horizon rouge orangé, limono-argilo-sableux, peu frais, ferme, de structure continue à particulaire. Quelques racines de graminées et quelques racines de fougères. Cristaux de quartz, feldspath et micas fins.
- 23 - 200 cm : Horizon rouge avec des strates rouges plus foncées et des strates plus beiges, limono-sableux, frais,

très friable, de structure particulière. Nombreux cristaux de micas, quartz et feldspath.

Entre 90 et 100 cm une strate de sables grossiers avec de gros graviers de quartz.

Pédogénèse.

Ce sol est très semblable au sol sur alluvions de faible déplacement décrit plus haut (3.2.2.2.). Il est différent cependant par l'existence d'un horizon humifère structuré bien différencié.

Ceci est dû au fait que le matériau originel est en place depuis un peu plus longtemps. Il correspond en effet à une phase d'érosion plus ancienne et appartient à un niveau plus élevé.

L'âge du sol étant plus grand, une végétation graminéenne a pu s'établir et permettre la formation de l'horizon supérieur. Cependant le sol est encore jeune et les processus d'altération des minéraux qui doivent être importants sous ce climat chaud et humide, n'ont pas eu le temps de prendre beaucoup d'ampleur.

Type génétique de sol :

Sol peu évolué d'apport modal à faciès modal

Variations :

Elles portent sur l'épaisseur de l'horizon humifère.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols n'occupent que de très petites surfaces. Ce sont de bons sols pour l'agriculture (caractère physique et chimique). Cependant il faut les utiliser en culture pluviale car leur position élevée rend difficile l'irrigation artisanale et il n'est pas envisageable de faire de gros investissements pour les micro-zones où ils se trouvent (quelques centaines de mètres carrés en général).

2.3.2.1.1.2.: Sur alluvions récentes :

Profil BS 7135

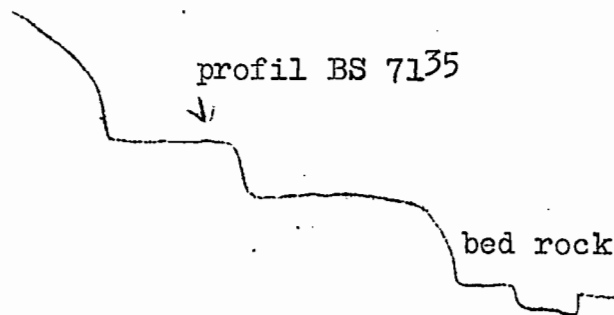
Date d'observation : 16/6/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil

Site : terrasse alluviale plane

Situation : le sol observé se trouve sur une terrasse d'alluvions récentes, terrasse se trouvant actuellement à quelques mètres au-dessus du lit de la rivière. Ceci correspond à une reprise récente de l'érosion. La rivière a d'ailleurs comme tributaire le ruisseau émis par le lavaka originare des alluvions de faible déplacement décrites ci-dessus. Nous pouvons donc penser que les deux sols ont à peu près le même âge.



Drainage : excellent

Erosion : nulle

Occupation du sol : forêt

Roche-mère : alluvions récentes

Description du profil

- 0 - 25 cm : Horizon rouge orangé, limono-argileux, peu frais, ferme à friable, de structure grumeleuse. Racines assez nombreuses, quelques grosses racines. Présence de micas fin, de quelques cristaux de quartz et de feldspath.
- 25 - 56 cm : Horizon semblable, de structure continue à particulaire. Présence dans cet horizon d'une poche sableuse particulaire contenant des cristaux de quartz, de feldspaths et de gros cristaux de micas (25 mm de diamètre)
- 56 - 83 cm : Horizon beige avec quelques filets rouilles limono-argileux mais plus argileux que le précédent, frais, meuble (horizon très soufflé), de structure polyédrique à cubique très grossière. Les agrégats ont des faces lisses et incurvées. Quelques racines. Présence de micas fins.
- 83 - 88 cm : Horizon jaune orangé, sableux, fin, frais, très friable, de structure particulaire. Quartz, feldspath et micas.
- 88 - 100 cm : Horizon rouge, limono-argilo-sableux, frais, très friable, de structure continue à particulaire. Quelques racines. Quartz feldspath, micas. Dans l'horizon, intercalation de quelques stries plus fines où se localisent les racines.
- 100 - 115 cm : Horizon beige, limono-argileux, frais, friable, de structure primaire continue, secondaire polyédrique quelques cristaux de quartz, micas et feldspath très fins.

Pédogénèse.

L'évolution pédogénétique de ce sol à l'heure actuelle est très semblable à celle du sol décrit précédemment, bien qu'elle se fasse sous forêt. Dans l'horizon supérieur l'activité faunique est grande. Les deux profils diffèrent cependant par un point, la présence de l'horizon 3, à structure large et à agrégats séparés par des vides importants. Ceci est certainement dû à une hydromorphie ancienne qui affectait le sol avant la reprise d'érosion, au moment où la terrasse était proche du lit de la rivière. Cette hydromorphie a eu une action notable sur l'horizon de texture la plus fine, provoquant un élargissement de la structure, un gauchissement des faces des agrégats, la formation de faces lissées. Après la descente de la nappe phréatique des phénomènes de retrait ont eu lieu, provoquant ainsi de nombreux vides dans l'horizon.

Les traces d'hydromorphie actuelles sont donc héritées.

Type génétique de sol :

Sol peu évolué d'apport sur alluvions récentes à faciès modal et à traces d'hydromorphie ancienne.

Il aurait certainement fallu rangé ce sol dans les sols peu évolués à faciès hydromorphe si les caractères d'hydromorphie avaient affecté plus d'un horizon.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols n'occupent que de très petites superficies et leur occupation actuelle est la forêt. Nous pensons qu'il faut les laisser en végétation naturelle car leur mise en valeur demanderait un gros travail, non proportionné aux surfaces récupérables.

De plus l'existence de ces forêts ripicoles est certainement nécessaire à l'équilibre biologique de la région et elle permet la fourniture en bois des populations autochtones.

2.3.2.1.2.- A faciès hydromorphe.

2.1.- Sur alluvions latérales

Profil BS 7151

Date d'observation : 3/7/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil :

Site : pente 5 %

Situation : A la partie inférieure d'un cône de déjection de lavaka.

Drainage : bon

Erosion : nulle

Occupation du sol : végétation mixte de Psidium Phragmites
Hyparrhenia et Leersia

Roche-mère : alluvions de faible déplacement

Nappe phréatique : 140 cm

Description du profil :

- 0 - 14 cm : Horizon gris brun, limono-argilo-sableux, frais à humide, à tendance plastique, de structure continue. Racines nombreuses. Cristaux de micas et de quartz.
- 14 - 32 cm : Horizon brun rouge orangé avec quelques points rouges correspondant à des agrégats d'horizon B de sol ferrallitique), limono-sableux, humide, friable, de structure

continue à particulaire. Racines bien représentées. Cristaux de micas, de quartz et de feldspaths.

32 - 70 cm : Horizon rouge-beige avec quelques tâches noires, limono-argileux, humide, quelques racines. Quelques cristaux de micas, de quartz et de feldspath.

70 - 150 cm : Horizon rouge jaune avec des poches rouges et des zones grises au niveau des racines, limono-argileux, humide. Nombreux cristaux de micas, quelques cristaux de quartz et de feldspath.

150 - 220 cm : Horizon brun avec des zones rougeâtres et des taches jaunes, limono-argilo-sableux, gorgé d'eau. Cristaux de micas. Cet horizon semble riche en matière organique.

Pédogénèse.

Ici l'épaisseur des alluvions latérales est faible (150 cm). On retrouve en effet à partir de 150 cm l'horizon supérieur du sol hydromorphe organique de bas fond dans lequel se sont déposées ces alluvions.

L'épaisseur du sol étant faible, l'influence de la nappe phréatique se fait sentir assez haut dans le profil. Elle n'est cependant pas prédominante dans l'orientation du processus évolutif pédogénétique. Elle se manifeste dans le troisième et le quatrième horizon par des trainées beiges, grises et des tâches noires.

Type génétique de sol

Sol peu évolué d'apport modal sur alluvions latérales
à faciès hydromorphe.

Importance géographique, utilisation

Ce type de sol n'occupe que de très faibles superficies en bordure des zones où se trouvent les sols minéraux bruts et les sols peu évolués d'apport sur alluvions latérales

La fertilité chimique de ces sols doit être à peu près la même que celle des sols minéraux bruts, c'est-à-dire qu'ils ont une teneur moyenne en éléments assimilables, mais élevée en éléments totaux. Par contre la teneur en matière organique doit être plus élevée.

La position topographique de ces sols fait qu'ils sont en général facilement drainables et irrigables. Ils sont donc aptes à porter les principales cultures traditionnelles de la région : riz, cultures vivrières et maraichères, fourrages.

2.2.- Sur alluvions fluviatiles récentes :

Profil 71⁶⁶

Date d'observation le 4/7/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil :

Situation : terrasse d'alluvions récentes en bordure de la rivière
Ihazomay

Site : terrain plat

Erosion : alluvionnement

Occupation du sol : savane à Hyparrhenia rufa brûlée. Nombreuses repousses d'Imperata cylindrica.

Roche-mère : alluvions fluviatiles récentes.

Description du profil.

- 0 - 10 cm : Horizon beige, sablo-limoneux, sec, meuble, de structure particulière. Racines nombreuses et bien réparties. Cristaux de quartz, de feldspaths et de micas.
- 10 - 20 cm : Horizon beige orangé, limono-sableux, peu frais, ferme à friable, de structure continue à polyédrique grossière. Quelques racines. Cristaux de micas nombreux.
- 20 - 128 cm : Horizon orangé beige, sablo-limoneux, frais, meuble, de structure particulière. Cristaux de micas, de quartz et de feldspath.
- 128 - 178 cm : Horizon gris-beige, limono-argileux, humide, facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de micas, quelques cristaux de quartz.
- 178 - 200 cm : Horizon beige avec des taches ôcres et destaches grisos, limono-sableux, très humide, facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de quartz, de feldspath, quelques minéraux noirs.

Pédogénèse.

Les alluvions étant récentes, elles sont peu évoluées. On note cependant à la base du profil une légère évolution hydromorphique se traduisant par une couleur générale grise à partir de 128 cm et par des taches grises et rouilles.

Type génétique de sol

Sol peu évolué d'apport sur alluvions fluviatiles récentes, à faciès hydromorphe.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols n'occupent que de faibles superficies le long des vallées de l'Ihazomay et des ruisseaux principaux. Ils sont inondables en saison humide et ne peuvent donc qu'être utilisés pour des cultures de décrue. Ils sont particulièrement aptes à porter des cultures maraichères et vivrières.

2.4.- Les sols ferrallitiques.

Les trois sous-classes des sols ferrallitiques sont représentées dans le Moyen-Ouest Malgache. Dans ces sous-classes nous avons distingué un certain nombre de groupes, de sous-groupes, et parfois de faciès, de familles et de séries.

La sous-classe des sols ferrallitiques moyennement désaturés étant, et de beaucoup, la mieux représentée, c'est par elle que nous commenceront l'inventaire des sols ferrallitiques.

2.4.1.- Les sols ferrallitiques moyennement désaturés.

2.4.1.1.- Typique

2.4.1.1.1.- Humique

2.4.1.1.1.1.- à faciès steppisé

1.1.- à profil complet

Profil BS 2

Date d'observation : le 5/4/67

Conditions atmosphériques : fin de la saison des pluies

Emplacement du profil

Site : pente faible de 1 à 2 %

Situation : milieu d'un plateau en pente faible.

Erosion : nulle

Occupation du sol : végétation post-culturale (après manioc) de très belle venue à base d'Hyparrhenia et de Rynchelytrum repens. Couverture du sol de l'ordre de 70 %

Roche-mère : migmatite.

Description du profil :

0 - 10 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, frais, meuble de structure particulière (poussièrèux) avec quelques agrégats grumeleux.

Bon enracinement bien réparti. Présence de quartz fin à moyen.

10 à 17 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, frais, ferme, de structure polyédrique moyenne. Enracinement moins important que dans l'horizon précédent.

17 - 93 cm : Horizon rouge-brun, limono-argileux, frais, ferme, de structure primaire/^{continu,} secondaire polyédrique moyenne. Quelques racines. Des cristaux de quartz. Quelques agrégats plus durcis, arrondis, de même couleur que le reste.

93 - 197 cm : Horizon rouge, limono-argileux, frais, très fin, de structure continue avec quelques éclats polyédriques, Rares racines. Nombreux cristaux de quartz.

197 - 220 cm : Horizon rouge plus clair, limono-argilo-sableux, frais. Très riche en quartz.

Les transitions sont progressives entre tous les horizons.

Caractéristiques analytiques (voir tableau)

N° de l'échantillon	.....		B S	2
Profondeur	.....	0-17	17-93	93-197
pH	.....	4,7	4,1	4,5

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	21,50	20,13	25,42
Sable fin	%	.....	7,70	15,87	16,90
Sable très fin	%	.....	3,30	12,23	13,22
Limon	%	.....	29,00	17,50	13,50
Argile	%	.....	29,50	32,00	29,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	1,66	0,58	0,43
Matière organique	%	.....	2,86	1,00	0,74
Azote	%	.....	1,70	0,72	0,38
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	9,76	8,05	11,31

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	.....	0,016	0,012	0,022
Ca échangeable	(m.e. %	.....	0,79	1,32	1,32
	( %	.....	0,160	0,266	0,266
Mg "	(m.e. %	.....	0,52	0,49	0,16
	( %	.....	0,064	0,060	0,020
K "	(m.e. %	.....	0,08	0,06	0,10
	( %	.....	0,032	0,024	0,040
Na "	(m.e. %	.....	0,02	0,02	0,02
	( %	.....	0,006	0,006	0,006
Somme des bases échangeables					
	S m.e. %	.....	1,41	1,89	1,60
Capacité d'échange					
	T m.e. %	.....	7,80	3,80	3,60
Degré de saturation $V = \frac{S}{T} \times 100$...					
		.....	18,07	49,73	44,44

Analyses triacides.

	Perte au feu %	Résidu %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	Total %	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
Horizon 3	14,18	10,39	26,86	11,30	33,19	2,35	98,27	1,4
Horizon 4	13,66	7,77	31,96	9,80	34,28	1,75	99,22	1,6

Analyses d'argiles

- Par diffraction des rayons X

Horizon 1 : Kaolinite (60-70 %)

Gibbsite (20-30 %)

Hématite (5-10 %)

Horizon 3 : Kaolinite (60-70 %)

Gibbsite (20-30 %)

Hématite (5-10 %)

Les chiffres entre parenthèses indiquent la concentration très approximative:

- Par analyse thermo-différentielle

Les courbes obtenues pour les trois horizons 1, 3 et 4 sont très semblables et marquent :

+ un crochet endothermique entre 130° et 140°C

+ un crochet endothermique de moyenne importance aux alentours de 300-310°C

+ un fort crochet endothermique entre 520 et 550°C

+ une bosse exothermique vers 860°C

Le premier crochet endothermique correspond au départ de l'eau intercalaire.

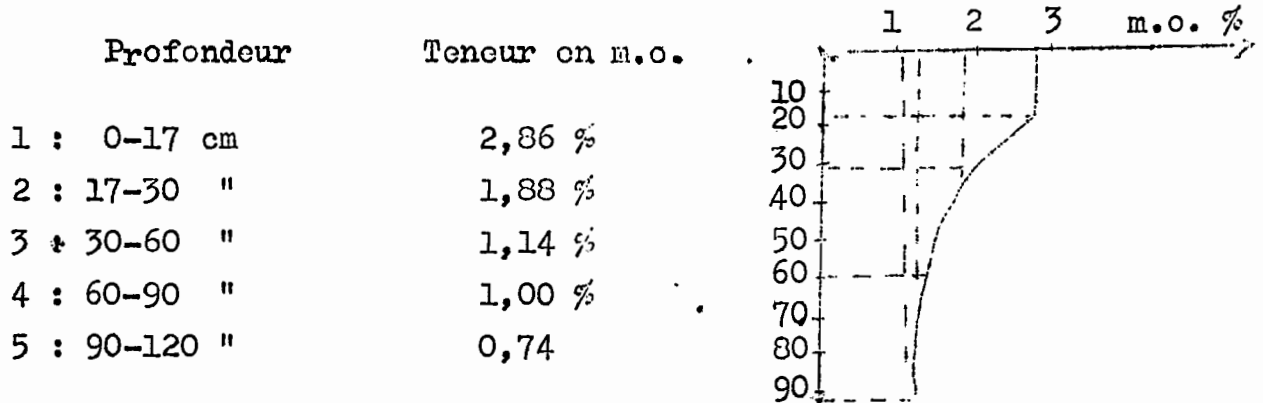
le deuxième crochet indique la présence de gibbsite.

le troisième crochet est caractéristique de la kaolinite.

La bosse exothermique vers 860°C serait due à la kaolinite et correspondrait au crochet aigu caractéristique de 950°C, la température étant abaissée par la présence d'hématite.

Répartition de la matière organique.

Afin d'étudier la répartition de la matière organique dans le profil les prélèvements suivants ont été effectués :



Pédogenèse :

Il est certain que depuis le début d'évolution du sol la région a connue des variations climatiques, sans doute plusieurs. Comme il ne nous est pas possible pour le moment de les connaître, nous avons schématisé à l'extrême ces variations en supposant qu'il n'y en avait que deux phases : une phase sous forêt puis une phase sous prairie.

Après la formation de la surface d'érosion une végétation forestière s'installe.

Les conditions sont, à ce moment là, les suivantes : climat chaud et humide, végétation forestière sempervirente, paysage plat sur un socle de migmatite relativement riche en minéraux ferro-magnésiens.

Par suite de ces conditions de milieu les résidus organiques qui tombent sur le sol sont rapidement minéralisés avec une forte production de gaz carbonique. L'eau qui percole à travers le sol est abondante, de température élevée, riche en gaz carbonique et en oxygène. Les processus d'altération sont donc intenses;

- dissolution
- oxydation
- hydrolyse

Les minéraux constitutifs de la roche se décomposent rapidement, d'autant plus facilement que certains sont riches en potassium et en fer, éléments qui sont en général les points faibles des réseaux cristallins (potassium par hydrolyse, fer par oxydation).

Il y a libération des différents éléments constitutifs de la roche mère: bases, silice, et hydroxydes métalliques.

Dans les conditions de pH de la zone d'altération (pH d'abrasion de l'ordre de 8) les éléments métalliques (Fe et Al) ont tendance à donner des oxydes stables, alors que la silice et les bases sont entraînées sous forme soluble (même la silice).

Nous aboutissons donc rapidement à un sol profond s'appauvrissant en silice et en bases et s'enrichissant relativement en sesquioxydes métalliques (10 % de Fe_2O_3 et 34 % de Al_2O_3).

Cependant un facteur vient freiner ce processus évolutif : la topographie plane. Si le drainage interne du sol est bon, le drainage général du paysage est médiocre. La vitesse des phénomènes d'hydrolyse et de dissolution dépendant en grande partie de la concentration de la solution du sol, puisque l'écoulement en profondeur se fait mal, la solution du sol restera concentrée. Une partie de la silice restera donc. Ceci a une importance essentielle sur la nature des produits de néosynthèse. En effet la silice et l'aluminium

libérés restant en contact un certain temps il se forme une argile de type 1/1: la kaolinite, qui, elle, migre difficilement. Dans le cas présent, la surface d'érosion ayant une pente légère il n'y a pas stagnation complète de l'eau et une partie de la silice est éliminée. C'est ce qui explique la formation d'une petite quantité de gibbsite (20 à 30 % de la fraction argileuse).

Cette perte en silice se traduit également par un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ inférieur à 2 (1,4).

A une certaine époque un changement climatique provoque une modification intense de la végétation, remplaçant la forêt par une steppe graminéenne.

Ce changement joue de trois façons différentes sur l'évolution du sol :

- modification du cycle biotique des éléments minéraux du sol.
 - répartition différente de la matière organique dans le profil.
 - modification du régime hydrique de sol, tout du moins dans les horizons de surface.
- Le changement du cycle biotique des éléments minéraux se traduit par une acidification intense des horizons superficiels : sous forêt le système racinaire prélève les bases échangeables profondément au niveau de la zone d'altération, ces bases étant restituées aux horizons supérieurs lors de la chute des feuilles et des branches; sous graminées les racines se cantonnent à moyenne profondeur et s'alimentent dans un horizon déjà lixivié.
- L'installation d'une végétation graminéenne a aussi une grande importance sur la répartition de la matière organique : le système racinaire des graminées est très important par rapport aux parties aériennes. Le volume occupé par les racines est important en surface et diminue progressivement en profondeur. Une grande partie de ce

système racinaire meurt tout les ans, apportant une grande quantité de matière organique dans le sol. Cette matière organique ne se situe pas dans un horizon tranché, elle se répartit régulièrement en diminuant vers la profondeur. La teneur est encore de 1 % à 1 m de profondeur.

- La modification du régime hydrique n'est sensible que dans les un ou deux premiers mètres. Seule la partie supérieure du sol est desséchée pendant les 5 mois de saison sèche. Or dans ces premiers mètres tous les minéraux, à part le quartz ont été altérés. Le changement n'aura donc plus d'importance sur l'état final de l'évolution des minéraux de la roche-mère. Par contre la modification peut avoir une influence sur les deux points suivants ;

- . Retardement de la lixiviation par remontée capillaire tant que l'horizon superficiel n'est pas tout à fait desséché.

- . Concentration absolue des sesquioxydes en saison sèche.

Par contre il n'y a pas de modifications en profondeur. La quantité d'eau est toujours importante et la nappe phréatique coule en permanence dans la zone d'altération. On peut donc supposer que l'altération^y est toujours actuelle. Elle n'est cependant pas très intense car là où la zone d'altération est accessible (tranchée de route, fond de lavaka) on se rend compte qu'elle est poudreuse, ce qui n'est pas dans les zones très ferrallitiques.

Actuellement nous avons donc un sol à matière organique rapidement minéralisée (C/N de l'ordre de 12) à accumulation de sesquioxydes et dont les éléments silice et alumine sont dans un rapport inférieur à 2. L'horizon d'accumulation des sesquioxydes est fortement coloré en rouge. Les argiles sont formées de kaolinite et de gibbsite. C'est un sol ferrallitique.

La teneur en bases échangeables de l'horizon B est de 1,8 méq., le degré de saturation est de 45 % et le pH de 4,3. C'est un sol ferrallitique moyennement désaturé.

L'horizon organique n'est pas caractéristique des sols ferrallitiques typiques. L'horizon B est faiblement structuré et il est extrêmement ferme en saison sèche, ce qui n'est pas le cas non plus pour les sols ferrallitiques typiques.

Type génétique de sol ; sol ferrallitique moyennement désaturé typique humique à faciès steppisé sur migmatite, à profil complet

Ce type de sol ferrallitique sous prairie, à répartition isohumique de la matière organique se rencontre assez fréquemment à Madagascar. (Moyen-Ouest, Tampoketsa, Ankazobe).

Il serait intéressant de regarder si on le retrouve dans d'autres parties du monde.

Nous n'avons pas pu étudier la nature de la matière organique dans ce sol. Il faudrait faire cette étude et voir en particulier si les teneurs en acides humiques par rapport à celles en acides fulviques sont plus importantes que dans les sols ferrallitiques typiques sous forêt.

Si cela était nous pensons qu'il serait intéressant de créer un nouveau sous-groupe dans le groupe de sols ferrallitiques typiques : le sous-groupe "stéppisé".

Variations :

Les variations essentielles de ce type de sol portent sur l'épaisseur de l'horizon humifère et sur l'état structural de cet horizon.

Ces deux caractéristiques dépendent de la position du sol dans le paysage et de l'action de l'homme.

- l'épaisseur de l'horizon humifère varie de 20 cm à 4 ou 5 cm suivant la pente et l'étendue du plateau où se trouve le sol, pour les sols vierges : sur plateau étroit l'horizon humifère est peu épais, sur plateau large et de pente très faible (1 à 2 %) l'horizon humifère est épais. Pour les sols cultivées l'épaisseur de l'horizon supérieur dépend essentiellement de la profondeur de labour; elle varie de 10 cm à 25 cm.

- L'état structural dépend de l'action de l'homme. Les sols sous prairie naturelle ont un horizon bien structuré, de structure grumelleuse fine à moyenne stable (S HENIN de l'ordre de 0,4 à 0,5) Lorsque ces sols sont cultivés l'horizon supérieur est destructuré (poussière en saison sèche, S HENIN de 0,8 à 1,2).

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol occupe la totalité des plateaux de la zone étudiée à l'exception de celui situé sur la colline d'Imchy.

C'est un sol moyennement pourvu en matière organique, pauvre en calcium, en magnésium et en potassium échangeables (Somme des bases échangeables 1,41, 1,89 et 1,60). Ces sols, bien cultivés peuvent porter de belles cultures de manioc, maïs, arachide et riz pluvial (Voir deuxième partie du rapport).

1.2.- A profil érodé.

- Profil BS 77²⁴

Date d'observation du profil : 31.5.67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil :



Zone d'altération poudreuse
Le niveau de la route se trouve environ
à 10 mètres de profondeur

site : terrain en pente forte (35 %)

situation : partie supérieure d'un versant

Erosion : en nappe forte. Présence en surface de nombreux blocs et cailloux de quartz.

Occupation du sol : stoppe très dégradée à base d'Aristida et d'Hyparrhenia (recouvrement de 25 % environ)

Roche-mère : migmatite

Description du profil

En surface couverture de mousse séchée

- 0 - 2 cm : Horizon brun-rouge, limono-argileux, sec, meuble, de structure grumoleuse fine à moyenne. Cet horizon est discontinu et se trouve essentiellement sous les touffes de graminées.
- 2 - 14 cm : Horizon rouge jaune, limono-argileux, sec, ferme, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines Cristaux de quartz.
- 14 - 52 cm : Horizon rouge orangé, limono-argileux, peu frais, extrêmement ferme, de structure continue à éclats anguleux. Peu de racines. Cristaux de quartz.
- 52 - 100 cm : Horizon rouge, limono-argileux, frais, extrêmement ferme, de structure continue à éclats anguleux. Rares racines. Cristaux de quartz.
- A partir de 100 cm il n'est plus possible de creuser ni à l'angady ni à la tarière.

Pédogenèse :

Les processus fondamentaux d'évolution du sol sont les mêmes

que ceux décrits pour le sol précédent. La différence essentielle tient en l'absence d'horizon humifère. Ceci est dû à la position topographique du sol observé. Au cours de la phase d'érosion intense qui a provoqué la dislocation de la surface pénéplanée l'horizon supérieur a été enlevé. Actuellement l'érosion en nappe forte qui affecte le versant empêche sa reformation et continue peut être à tronquer le profil.

Type génétique de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé
typique sur migmatite à profil érodé.

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol occupe une très grande superficie, car il est très souvent observé sur les pentes.

Etant donné sa position il n'est pas cultivable. Il faut le boisser quand cela est possible. Sinon il faut le réembroussailler.

Ces sols n'occupent pas tous les versants. En effet certains versants sont plus érodés que d'autres et sur un même versant il y a des zones où l'érosion est plus forte. A côté de ces sols tronqués dans l'horizon A existent des sols beaucoup plus érodés où une partie ou la totalité de l'horizon B a été enlevée.

2.4.1.1.1.1.2.- Sur alluvions anciennes.

1. - Profil complet

Profil BS 73

Date d'observation : le 12.7.67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil.

site : pente de 10 %

situation : profil situé au-dessus de la rupture de pente d'un plateau.

Erosion : en nappe forte

Occupation du sol : steppe à Aristida, Hyparrhenia et Hétéropogon

Roche-mère : alluvions anciennes.

Description du profil

- 0 - 4 cm : Horizon brun rouge, limono-argilo-sableux, sec, meuble, de structure grumuleuse fine à agrégats cohérents, Racines nombreuses. Cristaux de quartz.
- 4 - 24 cm : Horizon rouge brun, limono-argilo-sableux, sec, ferme avec par endroit des poches plus friables, de structure continue à éclat anguleux. Racines assez nombreuses. Cristaux de quartz.
- 24 - 74 cm : Horizon rouge, argilo-sableux, sec à peu frais, extrêmement ferme, de structure continue à tendance polyédrique moyenne. Quelques racines. Cristaux de quartz.
- 74 - 210 cm : Horizon rouge, limono-argilo-sableux, frais, très ferme, de structure continue à éclats anguleux. Cristaux de quartz.

A 210 cm présence d'un lit de galets roulés.

- Données analytiques : voir tableau

- Résultats de l'analyse triacide.

Horizon	Perte au feu %	Résidu %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$
2	13,74	13,38	27,2	10,90	30,0	2,45	1,5
4	13,81	5,86	27,4	10,80	33,0	1,80	1,4

- Pédogénèse.

Le sol est très semblable aux sols des plateaux. Les processus pédogénétiques qui ont aboutit à sa formation sont les mêmes.

On peut noter cependant une différence dans le profil : l'existence d'un horizon de texture plus fine entre 24 et 74 centimètres. Ces variations granulométriques sont caractéristiques des sols formés sur alluvions. Cet horizon est d'ailleurs plus ferme et mieux structuré que les autres, car il est de texture plus fine.

Type de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé typique humique à faciès steppisé sur alluvions anciennes à profil complet.

Importance géographique ; utilisation

Ces sols occupent de faibles superficies, par lambeaux, le long de la vallée de l'Ihazomay.

La présence de ces lambeaux d'alluvions anciennes ferrallitisées prouvent que l'Ihazomay suit son cours actuel depuis fort longtemps. Ceci nous fait penser qu'elle est actuellement surimposée, ce qui explique sa position élevée par rapport à l'Imanga.

N° de l'échantillon			B S 73		
Profondeur	.....	0-4	4-24	24-74	
pH	.....	4,7	4,3	4,0	

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	37,26	38,53	30,54	32,82
Sable fin	%	.....	13,81	16,97	14,50	20,72
Sable très fin	%	.....	5,30	4,24	6,26	7,08
Limon	%	.....	12,50	16,00	9,50	10,00
Argile	%	.....	26,00	21,50	37,00	28,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	2,36	0,98	0,67	0,18
Matière organique	%	.....	4,07	1,69	1,16	0,31
Azote	‰	.....	1,76	1,10	0,72	0,32
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	13,41	8,91	9,30	5,62

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	‰		0,028	0,018	0,022
Ca échangeable	(m.e. %)	.....	0,82	0,40	0,40
	(‰)	.....	0,166	0,082	0,082
Mg	(m.e. %)	.....	0,65	0,65	0,65
	(‰)	.....	0,080	0,080	0,080
K	(m.e. %)	.....	0,25	0,05	0,02
	(‰)	.....	0,100	0,020	0,010
Na	(m.e. %)	.....	0,01	0,01	0,01
	(‰)	.....	0,004	0,004	0,004
Somme des bases échangeables	S m.e. %	.....	1,73	1,11	1,08
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	5,00	3,60	3,80
Degré de saturation $V = \frac{S}{T} \times 100$		..	34,60	30,83	28,42

L'utilisation de ces sols doit être la même que celle des autres sols ferrallitiques de plateaux.

2. - Profil érodé :

Les processus de troncature observés sur les sols formés sur migmatite existent également sur ceux formés sur alluvions anciennes.

A titre d'exemple voici la description d'un sol ferrallitique tronqué sur alluvions anciennes de niveau I.

Profil BS 779

Date d'observation : 30.5.1967

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil

site : pente de 11 %

situation : en haut d'un versant

Erosion : en nappe forte

Occupation de sol : steppe ouverte à Aristida, Hyparrhenia et Hétéropogon.

Roche-mère : alluvions anciennes

Description du profil :

- 0 - 4 cm : Horizon rouge jaune (2,5 YR 3/6), limono-argilo-sabloux, sec, faible, de structure grumeleuse fine à grossière. Nombreuses racines. Cailloux, graviers et grains de quartz.
- 4 - 43 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/6), limono-argileux, peu frais, ferme, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Grains et graviers de quartz.

Entre 26 et 45 cm lit de quartz comprenant de très nombreux galets roulés.

43 - 117 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/8), limono-argileux, frais, extrêmement ferme, de structure continue à éclats anguleux. Racines rares. Grains et graviers de quartz.

2.4.1.1.1.2.- Faciès rouge jaune.

Les sols ferrallitiques à faciès rouge jaune ont été uniquement observés sur le niveau II d'alluvions anciennes.

Profil BS 7.

Date d'observation : le 5/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps (fin de saison des pluies)

Emplacement du profil :

site : terrain plat

situation : terrasse alluviale située à 3 mètres au-dessus du niveau de la rivière actuelle.

Erosion : nulle

Occupation du sol : végétation post-culturale à base d'Hyparrhenia et de Rynchelitrum.

Roche-mère : alluvions anciennes de niveau II (niveau le plus bas).

Description du profil :

0 - 20 cm : Horizon brun, limono-argilo-sableux, frais, friable, de structure particulière avec présence de quelques agrégats polyédriques moyens de faible cohésion.

Racines assez nombreuses. Quelques graviers de quartz et cristaux de quartz fins.

20 - 34 cm : Horizon brun, argilo-sabbeux, frais, ferme, de structure continue avec éclats. Quelques racines. Quelques graviers de quartz rares. Cristaux de quartz fins.

34 - 110 cm : Horizon rouge jaune, argileux, frais, très ferme, de structure primaire continue, secondaire polyédrique moyenne; agrégats peu cohérents. Quelques racines. Graviers et cristaux de quartz.

Entre 110 et 130 cm un niveau de galets émoussés de 5 à 15 cm de diamètre. Présence de galets roulés.

Ce lit de galets surmonte une zone d'altération jaunâtre où les minéraux constitutifs de la roche support sont reconnaissables et lités.

Caractéristiques analytiques : voir tableau

Résultats de l'analyse triacide sur l'horizon 3.

L'analyse triacide n'a pas été effectuée sur le profil BS 7 mais sur un sol tout à fait semblable morphologiquement.

Perte au feu %	Résidu %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	Total %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
14,64	8,63	32,41	6,30	34,34	1,15	97,47	1,6

Pédogénèse.

Morphologiquement et chimiquement ce sol est aussi évolué que les sols ferrallitiques sur plateaux.

Les deux différences essentielles sont les suivantes :

- Hétérogénéité texturale des différents horizons. C'est un caractère général des sols formés sur alluvions.

- Couleur rouge moins franche. Cette intensité moindre de la couleur peut être attribuée à la position du sol dans le paysage. Le drainage du sol sur la terrasse doit être moins bon que celui des sols sur plateaux. L'eau stagne ainsi plus longtemps au contact du sol et les oxydes métalliques doivent être légèrement hydratés. Ceci explique la tendance jaune de la coloration de l'horizon d'accumulation des sesquioxydes.

Type génétique de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé
typique humique à faciès rouge jaune sur
alluvions anciennes de niveau II.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols occupent de très faibles superficies et sont très localisés en quatre points du secteur.

Ils sont pauvres chimiquement et devront recevoir une fumure importante au moment de leur mise en culture. Suivant la hauteur de la terrasse au-dessus du lit de la rivière l'économie en eau du sol variera. Si la terrasse est basse on pourra y faire des cultures maraichères, sinon on devra y faire des cultures annuelles comme sur les plateaux.

Parfois les lambeaux d'alluvions se réduisent à des buttes à pentes fortes qu'il faudra reboiser ou laisser en végétation naturelle.

N° de l'échantillon			B S 7		
Profondeur	.....	0-20	20-34	34-110	
pH		4,5	4,3	4,5	

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	36,02	31,65	22,01
Sable fin	%	.....	18,74	14,00	11,45
Sable très fin	%	.....	7,50	8,50	7,50
Limon	%	.....	11,50	8,50	7,50
Argile	%	.....	21,50	37,00	50,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	2,15	1,41	0,56
Matière organique	%	.....	3,71	2,43	0,97
Azote	%	.....	1,44	0,96	0,68
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	14,9	14,6	8,2

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	...	0,018	0,016	0,018
Ca échangeable	(m.e. % % )	.....	1,47	0,91	1,47
		.....	0,296	0,184	0,296
Mg	(m.e. % % )	.....	0,48	0,52	0,83
		.....	0,059	0,064	0,102
K	(m.e. % % )	.....	0,25	0,06	0,20
		.....	0,100	0,024	0,080
Na	(m.e. % % )	.....	0,01	0,01	0,02
		.....	0,004	0,004	0,006
Somme des bases échangeables	S m.e. %	.....	2,21	1,50	2,52
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	5,00	3,80	6,00
Degré de saturation $V = \frac{S}{T} \times 100$		.....	44,20	39,47	42,00

2.4.1.1.1.3.- Faciès hydromorphe

2.4.1.1.1.3.1.- Sur migmatite

1. - Profil complet

Profil BS 21

Date d'observation du profil : 21/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps (début de saison sèche)

Emplacement du profil :

site : pente de 7 et 8 %

situation : bas de pente dominant une cuvette (voir schéma général page 158)

Erosion : en nappe faible

Occupation du sol : prairie dense à base d'Imperata cylindrica.

Quelques Hyparrhenia rufa.

Roche-mère : migmatite

Description du profil :

- 0 - 10 cm : Horizon brun rouge, limono-argilo-sableux, frais, ferme, de structure primaire continue, secondaire grumelleuse fine à grossière. Racines très nombreuses. Cailloux et graviers de quartz.
- 10 - 28 cm : Horizon rouge brun, limono-argilo-sableux mais nettement plus argileux que l'horizon précédent, frais, très ferme, de structure continue avec éclats anguleux. Racines nombreuses. Grains de quartz nombreux.
- 28 - 47 cm : Horizon rouge jaune, limono-argileux, frais, ferme de structure continue à éclats émoussés. Quelques racines. Grains de quartz répartis dans toute la masse.

- 47 - 65 cm : Horizon jaune beige avec quelques taches rouilles, limono-argilo-sableux, très frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Racines rares. Quartz. Quelques concrétions en voie de formation.
- 65 - 110 cm : Horizon gris et jaune avec des taches noires et des taches rouilles, limono-argilo-sableux, frais. Cristaux de quartz, de micas et de feldspath.
de 110 à 230 cm zone d'altération très marmorisée.
- 110 - 180 cm : Horizon rouge clair tacheté de blanc (feldspath), limono-argilo-sableux, frais. Cristaux de micas et feldspath très nombreux en lits. Quelques cristaux de quartz.
- 180 - 228 cm : Horizon strié rose, beige, jaune, limono-sableux très micassé. Humide.

Caractéristiques analytiques : voir tableau.

Pédogénèse :

Ce sol est un sol ferrallitique dont l'évolution a été modifiée par deux influences différentes :

- La pente : le sol se trouve sur une pente dans une zone où la roche mère est résistante à l'altération (zone de cuvette), ce qui explique que le sol sans minéraux reconnaissables est peu épais.

- L'hydromorphie : du fait de la proximité de la cuvette et de la zone d'altération où se trouve la nappe phréatique, l'évolution du sol est en partie orientée par la présence de l'eau. Celle-ci se traduit par la couleur générale jaune du profil, par quelques taches beiges et rouilles et par un début de concrétionnement.

N° de l'échantillon	B S 21				
Profondeur	0-10	10-28	28-47	47-65	65-110
pH	4,8	4,8	4,4	4,4	4,4

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	31,53	28,40	28,84	20,56	46,02
Sable fin	%	.....	17,65	11,51	13,47	28,09	18,55
Sable très fin	%	.....	5,63	5,46	6,76	1,78	2,48
Limon	%	.....	12,00	14,00	17,00	17,00	4,00
Argile	%	.....	24,50	36,50	30,00	30,00	26,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	4,43	1,75	1,66	0,89	0,81
Matière organique	%	.....	7,65	3,02	2,87	1,54	1,40
Azote	%	.....	1,80	1,30	0,90	0,58	0,54
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	24,61	13,46	18,44	15,34	15,00

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	‰	0,018	0,020	0,018	0,086	0,072
Ca échangeable	(m.e. %	.....	1,24	0,82	0,82	0,82
	‰	.....	0,250	0,166	0,166	0,166
Mg	(m.e. %	.....	0,98	0,32	0,32	0,65
	‰	.....	0,120	0,040	0,040	0,080
K	(m.e. %	.....	0,25	0,12	0,07	0,10
	‰	.....	0,100	0,050	0,030	0,040
Na	(m.e. %	.....	0,03	0,03	0,01	0,03
	‰	.....	0,008	0,008	0,004	0,008
Somme des bases échangeables						
	S m.e. %	.....	2,50	1,29	1,22	1,60
Capacité d'échange						
	T m.e. %	.....	6,60	4,80	4,60	3,40
Degré de saturation						
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	....	37,87	26,87	26,52	47,05
						29,25

D'une façon générale tous les sols ressemblant au profil décrit se trouvent dans des conditions identiques de roche mère et de topographie (voisinage d'un bas fond ou d'une cuvette). Il arrive parfois que la nappe phréatique disparaisse (érosion d'un verrou par exemple). Dans ce cas nous avons toujours des sols ferrallitiques à faciès hydromorphe mais les caractères d'hydromorphie sont hérités (Profil 186 par exemple).

Type génétique de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé
typique humique à faciès hydromorphe sur
migmatite.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols sont observés assez fréquemment sur le périmètre mais ils n'occupent que de très faibles superficies en bordure des cuvettes et sur des zones de roche plus résistante dans les bas-fonds.

Ils sont en général très désaturés et de texture assez grossière. Leur utilisation dépendra essentiellement de leur position topographique. Comme ils sont en général irrigables ils pourront porter des cultures maraichères, des fourrages ou des rizières. Dans les autres cas ils seront à laisser en végétation naturelle ou à reboiser.

2.- Profil colluvionné.

Profil BS 17

Date d'observation : le 19/4/67

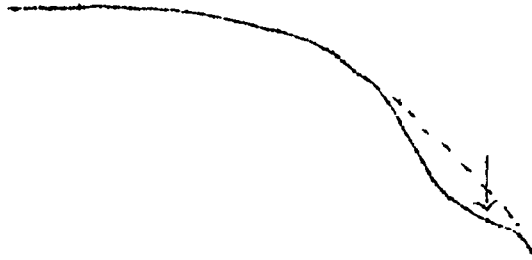
Conditions climatiques : beau temps (début de saison sèche)

Emplacement du profil :

site : pente 3 et 4 %

situation : le profil a été observé à la base d'une loupe de

glissement qui s'était créé sur un versant.



Erosion : colluvionnement

Occupation du sol : Psidium, Aristida, Hyparrhenia, Imperata,
Sarcobotrya strigosa.

Roche-mère : migmatite

Nappe phréatique : à 118 cm

Description du sol :

- 0 - 10 cm : Horizon brun, limono-argilo-sableux, sec, friable, de structure grumelleuse fine à grossière. Racines nombreuses, rhizomes. Quartz nombreux assez grossiers.
- 10 - 33 cm : Horizon rouge jaune (5 YR 4/6), limono-argilo-sableux, frais, ferme, de structure continue à éclats anguleux, Racines nombreuses. Nombreux quartz, plus fins que dans l'horizon précédent.
- 33 - 67 cm : Horizon brun rouge foncé (5 YR 3/4) limono-argilo-sableux frais, ferme, de structure primaire continue, secondaire grumelleuse moyenne. Nombreuses racines, quartz.
- 67 - 120 cm : Horizon jaune rouge, limono-argilo-sableux, frais, ferme de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de quartz.

120 - 190 cm : Horizon gris-beige à taches jaunes, argilo-sableux, gorgé d'eau. Cristaux de quartz, feldspath et micas. Minéraux noirs.

190 - 220 cm : Horizon gris clair avec des veinules jaunes, argilo-sableux, gorgé d'eau. Gros cristaux de quartz et de feldspath; fins cristaux de micas assez nombreux.

Caractéristiques analytiques (voir tableau)

Pédogenèse.

Nous pensons que le sol considéré était avant le décollement un sol ferrallitique sur pente.

Après le décollement il s'est passé les deux phénomènes suivants :

- En surface colluvionnement sur 33 cm. Le troisième horizon est plus brun que le second, plus riche en matière organique et mieux structuré.

- En profondeur, le décollement faisant descendre la masse de sol, rapproche celle-ci de la nappe phréatique. Il se produit alors des phénomènes d'hydromorphie en profondeur qui se traduisent par des changements de couleur. Les horizons deviennent gris.

Type génétique de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé
typique humique à faciès hydromorphe sur
migmatite, colluvionné en surface.

Variations :

Les variations qui affectent ce type de sol portent surtout sur deux points :

- l'épaisseur des colluvions en surface
- le niveau d'action de la nappe phréatique en profondeur.

N° de l'échantillon		B S 17					
Profondeur							
pH		4,5	4,3	4,4	4,5	5,3	5,2
<u>GRANULOMETRIE</u>							
Sable grossier	%	42,41	44,31	43,44	45,63	37,11	35,53
Sable fin	%	10,82	13,52	13,14	10,36	9,40	10,61
Sable très fin	%	1,45	4,27	3,13	6,05	4,20	2,17
Limon	%	14,00	12,50	12,50	9,50	7,00	10,50
Argile	%	24,50	21,50	23,50	26,50	40,50	39,50
<u>ELEMENTS ORGANIQUES</u>							
Carbone	%	3,35	1,66	1,90	0,52	0,44	0,39
Matière organique	%	5,78	2,87	3,28	0,90	0,76	0,67
Azote	%	2,36	1,14	1,42	0,60	0,30	0,22
Rapport $\frac{C}{N}$		14,19	14,56	13,38	8,67	14,67	17,73
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>							
Acide phosphorique assimilable	%	0,018	0,016	0,014	0,014	0,032	0,026
Ca échangeable	(m.e. %)	1,65	0,82	0,82	0,82	2,07	
	(%)	0,332	0,166	0,166	0,166	0,416	
Mg	(m.e. %)	0,98	0,65	0,65	0,65	0,65	
	(%)	0,120	0,080	0,080	0,080	0,080	
K	(m.e. %)	0,15	0,07	0,07	0,05	0,20	
	(%)	0,060	0,030	0,030	0,020	0,080	
Na	(m.e. %)	0,01	0,03	0,03	0,05	0,05	
	(%)	0,004	0,008	0,008	0,012	0,012	
Somme des bases échangeables	S m.e. %	2,79	1,57	1,57	1,57	2,97	
Capacité d'échange	T m.e. %	7,80	4,20	4,80	2,80	4,40	
Degré de saturation							
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	35,76	37,38	20,12	56,07	67,50	

Importance géographique, utilisation.

Ces sols sont représentés en de très nombreux points du périmètre mais ils occupent toujours de très faibles superficies.

Ils sont pauvres chimiquement mais du fait de leur position ils sont riches en matière organique et ont un bon régime hydrique. De plus ils sont facilement drainables, et en général irrigables. Ils sont aptes à porter un très grand nombre de cultures. Du fait de leur position basse, à l'abri du vent, nous pensons qu'ils devraient être plantés en arbres fruitiers.

2.4.1.1.1.3.2.- Sur alluvions anciennes de niveau II.

Profil BS 8

Date d'observation du profil : 5/4/67

Conditions atmosphériques : fin de saison des pluies

Emplacement du profil :

site : pente légère

situation : profil situé sur une pente aboutissant à une légère dépression.

Erosion : en nappe

Végétation : post culturale à base de Rynchelitrum repens et d'Hyparrhenia rufa.

Roche-mère : alluvions anciennes de niveau II

Nappe phréatique : 125 cm

Description du profil :

En surface sur 1 à 2 cm lit sableux poudreux et blanchâtre dû à l'action de l'érosion en nappe qui emporte les éléments fins.

- 0 - 20 cm : Horizon brun gris, limono-argilo-sableux, frais, ferme de structure continue. Racines assez nombreuses. Cristaux de quartz.
- 20 - 36 cm : Horizon brun beige, limono-argilo-sableux, frais, ferme de structure continue. Quelques racines. Quartz grossier. Transition diffuse avec l'horizon supérieur.
- 36 - 45 cm : Horizon jaune grisâtre très légèrement taché de gris foncé, argilo-sableux, très frais, ferme, de structure continue. Quelques racines. Cristaux de quartz fins à grossiers. Transition diffuse avec l'horizon supérieur.
- 45 - 130 cm : Horizon jaune légèrement grisâtre, avec taches rouilles de plus en plus nombreuses vers la base, argilo-sableux, humide, ferme, de structure continue.
- 130 - 180 cm : Horizon gris et rouille, limono-argilo-sableux, gorgé d'eau, durcissant rapidement au soleil.
- 180 - 330 cm : Horizon gris clair, limono-très-sableux, gorgé d'eau, très ferme, durcissement rapidement au soleil.

Caractéristiques analytiques : voir tableau.

Pédogénèse.

Ce sol se forme dans des conditions très voisines de celles du sol rouge-jaune sur alluvions anciennes de niveau II (profil BS 7). La différence principale tient en la présence d'une nappe phréatique à faible profondeur. Cette nappe modifie l'évolution du sol en lui imposant certains caractères d'hydromorphie : quelques taches grises et taches rouilles entre 45 et 130 cm et à partir de 130 cm des horizons de pseudo-gley, puis de gley.

N° de l'échantillon	B S 8					
Profondeur						
pH	4,3	4,3	4,4	4,5	4,9	5,0

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	54,63	41,82	37,94	38,67	45,57	56,09
Sable fin	%	8,92	16,01	14,43	13,83	12,68	16,15
Sable très fin	%	2,93	1,84	2,51	2,53	1,42	1,48
Limon	%	4,50	6,50	7,00	7,00	13,50	5,50
Argile	%	23,50	30,50	36,00	36,00	25,50	19,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	2,58	1,29	0,64	0,63	0,14	0,12
Matière organique	%	4,45	2,23	1,10	0,91	0,24	0,21
Azote	%	1,80	1,14	1,02	0,72	0,18	0,10
Rapport $\frac{C}{N}$		14,33	11,31	6,27	7,36	7,78	12,00

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	0,016	0,022	0,016	0,020	0,026	0,028
Ca échangeable	(m.e. %)	0,99	0,49	0,32	0,32	0,99	0,65
	(%)	0,200	0,100	0,066	0,066	0,200	0,132
Mg	(m.e. %)	0,49	0,16	0,16	0,16	0,49	0,32
	(%)	0,060	0,020	0,020	0,020	0,660	0,040
K	(m.e. %)	0,10	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05
	(%)	0,040	0,020	0,030	0,020	0,020	0,020
Na	(m.c. %)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06
	(%)	0,008	0,008	0,008	0,008	0,012	0,016
Somme des bases échangeables	S m.e. %	1,61	0,73	0,58	0,56	1,58	1,08
Capacité d'échange	T m.e. %	4,00	3,80	3,00	3,40	2,20	2,60
Degré de saturation							
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	40,25	19,21	19,33	18,66	46,47	41,53

Il peut sembler que par rapport aux sols ferrallitiques sur migmatiques nous ayons décalé la classification et que le profil BS 7, que nous avons appelé à faciès rouge-jaune, aurait du être classé déjà dans les sols à faciès hydromorphe. Nous pensons que ce décalage est normal, le sol à faciès rouge-jaune étant formé sans action de nappe phréatique. Tout au plus la position topographique basse défavorise le drainage et provoque une hydratation des oxydes métalliques.

Type génétique de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé typique humique à faciès hydromorphe sur alluvions anciennes de niveau II.

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol n'a été observé qu'en un seul endroit, où il occupe une superficie de l'ordre de l'hectare;

Il est bien pourvu en matière organique, pauvre en éléments minéraux assimilables. Il est irrigable mais les horizons 3 et 4 sont certainement asphyxiant, ce qui élimine les cultures arbustives. Nous pensons que cette zone doit être réservée aux cultures maraichères.

2.4.1.1.2.- Sous groupe à cuirasse et concrétions

Profil BS 41

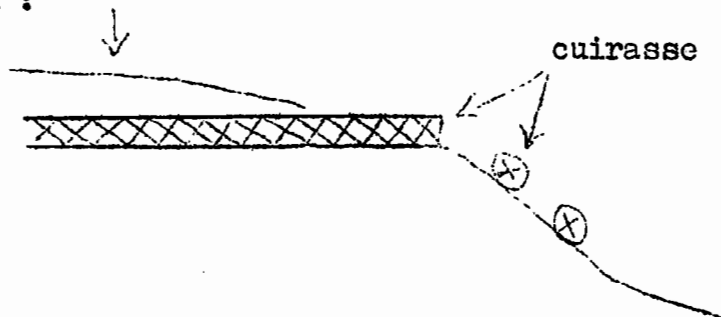
Date d'observation : le 10/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps (début de saison sèche)

Emplacement du profil :

site : pente de 12 %

situation :



Erosion : en nappe très faible

Occupation du sol : steppe à Hyparrhenia et à Aristida

Roche-mère : migmatite

Description du profil

- 0 - 13 cm : Horizon brun rouge, limoneux, sec, ferme, de structure polyédrique éoussée moyenne à grossière. Racines assez nombreuses. Cristaux de quartz.
- 13 - 67 cm : Horizon rouge orangé, limoneux à limono-argilo-sableux, frais, ferme, de structure primaire continue, secondaire polyédrique éoussée grossière. Quelques racines. Cristaux de quartz et concrétions durcies brun rouille.
- 67 - 91 cm : Horizon jaune orangé, limoneux, frais, friable, de structure continue à éclats éoussés. Quelques racines. Cristaux de quartz et concrétions durcies.
- 91 - 120 cm : Horizon jaune beige, limoneux, frais. Cristaux de quartz, très nombreuses concrétions noires.
- 120 - 193 cm : Cuirasse scoriacée à taches rouilles noires où sont inclus des cristaux de quartz et de micas. Cuirasse que l'on peut casser au piochon.

N° de l'échantillon		B	S	41
Profondeur	.....	0-13	13-67	67-91
pH	.....	4,9	4,7	4,3

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	23,55	20,14	18,56
Sable fin	%	.....	16,17	15,87	16,23
Sable très fin	%	.....	8,06	8,59	10,34
Limon	%	.....	26,50	25,50	26,50
Argile	%	.....	21,00	28,00	26,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	2,15	0,51	0,48
Matière organique	%	.....	3,71	0,88	0,83
Azote	%	.....	1,50	0,62	0,48
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	14,33	8,22	10,00

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	....	0,018	0,020	0,022
Ca échangeable	(m.e. % % )	.....	2,44	1,25	0,40
		.....	0,490	0,250	0,080
Mg	" (m.e. % % )	.....	1,64	0,65	0,65
		.....	0,200	0,080	0,080
K	" (m.e. % % )	.....	0,25	0,13	0,05
		.....	0,100	0,050	0,020
Na	" (m.e. % % )	.....	0,01	0,01	0,03
		.....	0,004	0,004	0,008
Somme des bases échangeables	S m.e. %	.....	4,34	2,04	1,13
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	6,60	3,80	3,40
Degré de saturation $V = \frac{S}{T} \times 100$		.....	65,75	53,68	33,23

- 193 - 243 cm : Horizon jaune, limoneux, frais, très ferme, de structure continue. Cristaux de quartz et nombreuses concrétions noires. Quelques cristaux de micas et de feldspath.
- 243 - 320 cm : Horizon gris beige avec des taches jaunes, limoneux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Fragments de roche en voie d'altération. Cristaux de quartz et de feldspath.
- 320 - 460 cm : Horizon gris beige, sablo-limoneux, frais, friable. Cristaux de quartz, de feldspath et de micas en lit
Zone d'altération.

Caractéristiques analytiques : voir tableau.

Pédogenèse :

Ce sol est un sol ferrallitique cuirassé à cuirasse en profondeur. Etant donné le contexte pédoclimatique de la région et la position topographique de la cuirasse nous pouvons affirmer qu'il ne s'agit pas ici d'une accumulation relative de sesquioxydes mais d'une accumulation absolue.

La couleur de la cuirasse nous fait penser qu'elle est essentiellement à base d'oxyde de fer.

Un certain nombre de processus sont à l'origine de sa formation.

- L'individualisation des oxydes de fer: Cette individualisation dans ce domaine ferrallitique est normale; La cuirasse étant ancienne, ces phénomènes ont dû se passer dans des conditions encore plus ferrallitisantes qu'à l'heure actuelle.

- La mobilisation de ces oxydes individualisés :

La mobilisation est rendue possible ici par la grande quantité d'eau qui se trouve dans le sol au niveau de la zone d'altération. Cette grande masse d'eau favorise la réduction du fer qui se trouve alors soluble. (Actuellement tous les bas-fonds à la Sakay sont recouverts en grande partie d'un précipité rouille floconneux d'oxydes ferriques dû à la précipitation au contact de l'air quand la nappe quitte la zone d'altération).

De plus, en saison chaude et humide, l'importante activité végétale et biologique provoque un fort dégagement de gaz carbonique. La pression partielle de l'eau en gaz carbonique augmente, ce qui fait diminuer la pression partielle en oxygène, donc augmente le pouvoir réducteur de l'eau.

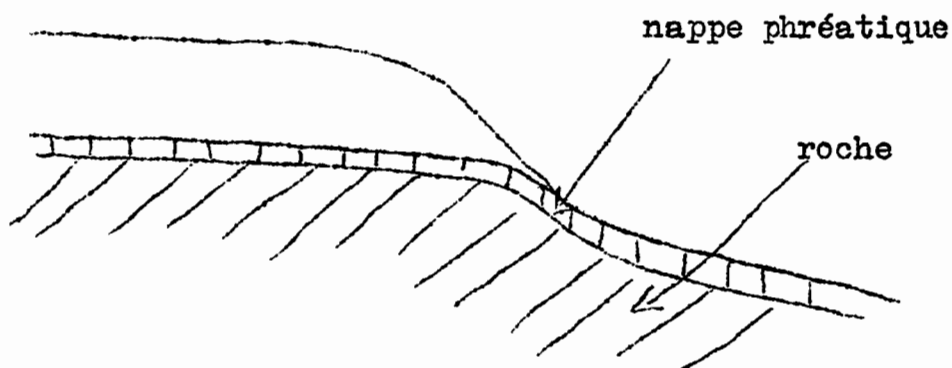
- Le transport des produits mobilisés :

Ce transport est effectué par la nappe phréatique qui coule dans la zone d'altération. (Les plateaux de la région ont en général une pente légère). En conditions normales cette nappe phréatique s'écoule jusqu'au bas-fond sous jacent où elle entre au contact de l'air, au moins en partie; le fer floculé est entraîné par l'eau de ruissellement.

Dans le cas présent une particularité du versant a provoqué :

- L'accumulation des produits transportés :

En effet, alors qu'en général la roche mère reste plus ou moins parallèle à la surface, ici la présence d'un noyau plus dur a provoqué un rapprochement de la roche de la surface.



Au niveau du seuil il se produit donc une accumulation d'eau et, par voie de conséquence, d'éléments ferreux contenus dans cette eau.

En plus de l'accumulation ces conditions topographiques provoquent :

- L'immobilisation des produits concentrés :

en favorisant une réoxygénation de l'eau. En effet à ce niveau l'eau arrive en surface au contact de l'air. Le fer, qui était à l'état ferreux passe à l'état ferrique insoluble dans les conditions normales de pH et de concentration (il faut en effet que le pH soit inférieur à 3 pour que même à de très faibles concentration le fer ferrique soit soluble sous forme de Fe^{+++} .)

Le fer insoluble précipite et se dépose sur les éléments du sol les plus grossiers en général. Ceci explique la présence dans la cuirasse de cristaux de quartz et de micas qui sont pris dans la masse.

Tous ces processus aboutissent à la formation d'une cuirasse, appelée "cuirasse de pente".

L'importance du rôle de l'eau dans le développement de ce sol explique également la couleur des horizons 2 et 3, dont les oxydes de fer ont certainement subi une certaine hydratation.

Type génétique de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé
typique induré sur migmatite.

Importance géographique.

Ce type de sol n' a été rencontré avec des caractères aussi nets qu'en un seul endroit. Des processus analogues moins accentués et découlant de mêmes conditions topographiques ont été observés en deux ou trois points.

2.4.1.2.- Groupe remanié

1.- Profil entier.

Date d'observation : le 12/5/67

Conditions atmosphériques: beau temps (début de saison sèche)

Emplacement du profil :

site : pente de 1 à 2 %

situation : plateau.

Erosion : non aperçue

Occupation du sol ; maïs envahi par une végétation post-culturale
graminéenne.

Roche-mère :migmatite

Description du profil :

0 - 14 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, sec à peu frais, meuble, de structure particulière à grumeleuse fine à moyenne. Racines nombreuses. Cristaux de quartz.

14 - 28 cm : Horizon rouge brun, limono-argileux, frais, ferme, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de quartz.

- 14 - 28 cm : Horizon rouge brun, limono-argileux, frais, ferme, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de quartz.
- 28 - 160 cm : Horizon rouge, limono-argileux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux; quelques racines. Cristaux de quartz, quelques concrétions rouilles peu durcies.

A 160 cm un lit de quartz anguleux.

Pédogénèse : L'évolution de ce sol est la même que celle du sol typique sur migmatite.

La seule différence est la présence d'un lit de cailloux de quartz à 160 cm.

Ici se pose le problème de l'origine de ces lits de quartz. Pour essayer de comprendre ce phénomène sur le secteur étudié nous avons systématiquement observé toutes les coupes naturelles (lavaka) et les talus en bordure des routes. Il résulte de ces observations que les lits de quartz sont peu fréquents. A notre avis ils n'indiquent pas un remaniement général de la surface avec colluvionnement ensuite.

Leur existence serait due à la présence de filons de quartz très localisés. Nous avons pu observer deux ou trois fois la disposition signalée par ^{LAPORTE} un filon de quartz en place oblique s'incurvant dans sa partie supérieure et s'étirant en devenant parallèlement à la surface du sol.

Ceci pourrait être expliqué par un glissement du sol. (Les glissements sur pentes fortes sont importants dans la région. Il se peut qu'ils affectent aussi les pentes faibles, mais de façon moins spectaculaire) Nous ne voulons pas dire par là qu'il n'y a aucun phénomène de colluvionnement dans la région (Nous avons observé quelques cas où cela était indiscutable) mais seulement que ce n'est pas un phénomène systématique.

1.2.- Profil érodé :

Comme les sols typiques, certains sols remaniés sur pente sont tronqués (profil BS 7628)

2.4.1.3.- Groupe rajeuhi

1.- Humique.

Profil BS 5

Date d'observation : le 5/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps (fin de saison des pluies)

Emplacement du profil:

site : pente de 45 %

situation : en bas d'un versant à pente forte.

Erosion : nulle en surface actuellement car excellent recouvrement graminéen.

Occupation du sol : steppe graminéenne à basé d'Hyparrhenia. Quelques Sarcobotrya stigosa.

Roche-mère : migmatite

Nappe phréatique à 225 cm

Description du profil :

- 0 - 12 cm : Horizon rose brun, limono-argilo-sableux, frais, ferme, de structure polyédrique à grumeleuse moyenne bien développée. Racines très nombreuses. Cristaux de quartz, trace de cristaux de micas.
- 12 - 67 cm : Horizon jaune rouge (5 YR 4/8), limono-argilo-sableux, frais, ferme, de structure primaire continue, racines secondaire polyédrique moyenne. Racines assez nombreuses mais diminuant en profondeur où elles deviennent rares. Cristaux de quartz nombreux, quelques micas. La transition avec l'horizon supérieur est très progressive et se fait sur 10 à 12 cm.
- 67 - 125 cm : Horizon jaune rouge, limono-très-sableux, frais, ferme au sommet, friable à la base, de structure continue. Cristaux de quartz et de micas, gros cristaux de feldspath.
- 125 - 280 cm : Horizon jaunâtre, sableux, humide, à partir de 180 cm et gorgé d'eau à partir de 220 cm: les minéraux constitutifs de la roche, lités, sont reconnaissables.

- Données analytiques : voir tableau

- Résultats de l'analyse triacide sur l'horizon 3.

Perte au feu %	Résidu %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Total %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
13,13	14,16	31,75	7,20	29,69	1,20	97,13	1,8

- Nature des argiles

Horizon 2 : kaolinite dominante (70-80 %)

Illite (10-15 %)

Gibbsite (10-15 %)

Traces de Goethite.

N° de l'échantillon		B	S	5	
Profondeur	.....	0-12	12-67	67-125	125-280
pH	.....	4,9	4,6	5,0	5,3

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	37,30	40,20	60,30	62,45
Sable fin	%	.....	10,65	12,87	17,02	23,10
Sable très fin	%	.....	3,27	5,26	2,65	2,63
Limon	%	.....	12,50	7,50	9,00	5,00
Argile	%	.....	32,50	32,00	9,50	5,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	1,57	0,63	0,25	0,15
Matière organique	%	.....	2,71	1,09	0,43	0,26
Azote	%	.....	1,40	0,74	0,34	0,12
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	11,21	8,51	7,35	12,50

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	.....	0,022	0,026	0,016	0,018
Ca échangeable	(m.e. %)	.....	0,95	0,63	0,79	1,19
	(%)	.....	0,192	0,128	0,160	0,240
Mg	(m.e. %)	.....	0,92	0,87	0,83	0,96
	(%)	.....	0,112	0,107	0,102	0,117
K	(m.e. %)	.....	0,22	0,12	0,22	0,20
	(%)	.....	0,088	0,048	0,088	0,080
Na	(m.e. %)	.....	0,01	0,01	0,04	0,02
	(%)	.....	0,004	0,004	0,010	0,006
Somme des bases échangeables						
	S m.e. %	.....	2,10	1,63	1,88	2,37
Capacité d'échange						
	T m.e. %	.....	4,40	4,00	2,80	3,00
Degré de saturation $V = \frac{S}{T} \times 100$		.....	47,72	40,75	67,14	79,00

Horizon 3 : Kaolinite dominante (75-85 ‰)

Illite (5-10 ‰)

Gibbsite (10-15 ‰)

Traces possibles d'hématite

Les chiffres entre parenthèse indiquent la concentration en ‰ très approximative.

Pédogénèse :

Le sol considéré se trouve sur une zone d'altération très épaisse qui ne s'explique pas si l'on considère la profondeur et le degré d'évolution du sol considéré.

Cette zone d'altération correspond certainement à un ancien sol ferrallitique qui a été totalement érodé au cours de la phase érosive intense qui a affecté le secteur au moment du démantèlement de la surface d'érosion.

Sur cette zone d'altération une végétation importante s'est installée et étant donné les conditions atmosphériques chaudes et humides du secteur un nouveau sol s'est développé. Ce sol évolue vers un sol ferrallitique mais il n'en a pas encore acquis les caractères fondamentaux. En particulier il y a encore quelques micas, rares il est vrai, dans l'horizon de 12 à 67 cm. La nature des argiles également montre que nous avons affaire à un sol jeune pour un milieu ferrallitique. La présence d'Illite ne peut s'expliquer que par un héritage de la roche-mère. Or, dans les sols ferrallitiques évolués l'illite est détruite. Cependant le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est de 1,8. (Une analyse triacide d'alluvions latérales non évoluées, c'est-à-dire correspondant à la zone d'altération de la migmatite en place, donne un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 2).

Il s'agit donc d'un sol se formant sur la zone d'altération d'un ancien sol ferrallitique enlevé par l'érosion et qui évolue lui-même dans le sens de la ferrallitisation.

Type génétique de sol :

Sol ferrallitique moyennement désaturé rajeuni humique sur migmatite.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols sont observés en de nombreux points du périmètre mais n'occupent que de faibles superficies sur les versants, juxtaposés à des sols tronqués.

Leur intérêt agricole est certainement beaucoup plus grand que celui des sols tronqués jusqu'à l'horizon B et même que celui des sols tronqués jusqu'à la zone d'altération qui sont en général extrêmement fermes.

En raison de leur position topographique, et compte tenu des conditions démographiques actuelles, il faut les reboiser.

2.- Hydromorphe.

Profil BS 44

Date d'observation : 10/5/67

Conditions climatiques : beau temps. Début de saison sèche

Emplacement du profil :

site : pente de 36 %

situation : profil situé sur un versant au-dessous d'un léger replat dû à la présence d'une roche résistante à l'altération.

Erosion : en nappe très faible car le recouvrement végétal est bon.

Occupation de sol : steppe dense à Hyparrhenia rufa et Aristida multicaulis.

Roche-mère : migmatite.

Description du profil :

- 0 - 2 cm : Horizon brun jaune, limono-argilo-sableux, sec, meuble, de structure grumeleuse fine à moyenne. Racines assez nombreuses. Quelques concrétions rouges plus durcies et quelques concrétions rouilles.
- 2 - 15 cm : Horizon jaune brun, taché de rouge brique, limono-argilo-sableux, très frais, friable de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de quartz et concrétions en voie de formation. Les tabhes rouges briques correspondent aux concrétions en voie de formation.
- 15 - 39 cm : Horizon beige grisâtre taché de rouge, limono-argilo-sableux, très frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de quartz, concrétions en voie de formation, quelques micas fins.
- 39 - 63 cm : Horizon gris beige taché de rouge, limono-argilo-sableux à limono-sableux, humide, friable, de structure continue à éclats anguleux. Rares racines. Cristaux de quartz, de micas et de feldspath. Quelques minéraux noirs.
- au-dessous de 63 cm : roche altérée extrêmement ferme, difficile à couper à la bêche, gorgée d'eau.

Caractéristiques analytiques : voir tableau page 109

Pédogénèse :

Les conditions de formation sont très semblables à celles du profil BS 21 (ferrallitique à faciès hydromorphe) :

- Roche mère dure et pauvre en bases (très faible teneur en calcium), sol se formant sur pente : ces deux facteurs étant à l'origine d'un sol peu profond (La zone d'altération à 63 cm est limono-sableuse).

- Faible épaisseur de sol : l'eau provenant du haut de la pente et circulant dans la zone d'altération occupe la presque totalité du profil et provoque ainsi des processus importants d'hydromorphie.

Nous avons cependant classé ce sol dans les sols ferrallitiques pour son aspect général sur le terrain et parce que les minéraux dans les trois premiers horizons sont complètement altérés à l'exception du quartz et du micas à la base du troisième horizon.

Type génétique de sol : sol ferrallitique moyennement désaturé
rajeuni hydromorphe sur migmatite.

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol n'a été observé qu'en un seul endroit, sur une forte pente (voir page 164).

Etant donné la pente et la faible épaisseur de sol il faut le laisser en végétation naturelle qui couvre bien.

N° de l'échantillon	B S 44				
Profondeur	0-2	2-15	15-39	39-63	< 63
pH	5,0	4,9	4,9	5,0	5,1

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	40,03	37,48	41,67	39,09	69,81
Sable fin	%	.....	13,28	13,86	18,13	15,28	20,08
Sable très fin	%	.....	1,17	6,48	2,57	2,30	0,96
Limon	%	.....	11,00	15,50	13,00	20,50	2,00
Argile	%	.....	29,00	23,50	22,50	21,00	6,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	2,58	1,21	0,59	0,45	0,07
Matière organique	%	.....	4,45	2,09	1,02	0,78	0,12
Azote	%	.....	1,94	1,22	0,70	0,44	0,08
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	13,30	9,92	8,43	10,23	8,75

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	0,012	0,012	0,010	0,010	0,008
Ca échangeable	(m.e. %	.....	0,83	0,41	0,41	0,41
	( %	.....	0,166	0,083	0,083	0,083
Mg "	(m.e. %	.....	2,30	1,64	1,64	2,79
	( %	.....	0,280	0,200	0,200	0,320
K "	(m.e. %	.....	0,30	0,15	0,15	0,20
	( %	.....	0,120	0,060	0,060	0,080
Na "	(m.e. %	.....	0,01	0,01	0,01	0,03
	( %	.....	0,004	0,004	0,004	0,008
Somme des bases échangeables						
	S m.e. %	.....	3,44	2,21	2,21	3,43
Capacité d'échange						
	T m.e. %	.....	8,60	5,20	4,20	5,40
Degré de saturation						
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	40,00	42,50	52,61	63,51
						74,33

2.4.2.- Sols ferrallitiques faiblement désaturés.

2.4.2.1.- Profil complet.

Profil BS 30

Date d'observation : 25/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps (début de saison sèche)

Emplacement du profil :

site : pente de 4 %

situation : sommet d'une butte d'altitude supérieure à l'altitude moyenne de secteur, qui pourrait être le jalon d'une surface plus ancienne.

Erosion : en nappe très faible. Le profil observé se trouve sur une parcelle comprise dans un système antiérosif.

Occupation du sol ; belle culture de maïs, complantée d'ambrevade
Quelques Hyparrhenia.

Roche-mère : migmatite

Description du profil.

- 0 - 18 cm : Horizon brun rouge foncé (5 YR 3/4), limoneux, frais, (sec sur les premiers centimètres), meuble, de structure particulière avec quelques agrégats grumeleux. Racines nombreuses. Quelques cristaux de quartz.
- 18 - 34 cm : Horizon brun rouge foncé (2,5 YR 3/4), limoneux, frais, ferme, de structure continue à tendance polyédrique. Quelques racines. Cristaux de quartz. Quelques pseudo-concrétions en voie de durcissement.
- 34 - 170 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/6), limoneux, frais, très ferme, de structure polyédrique fine à moyenne. Cristaux de quartz. Petites concrétions durcies.

N° de l'échantillon		B S 30			
Profondeur		0-18	18-34	34-170	170-220
pH	.....	4,5	4,4	4,9	5,1

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	19,83	25,09	19,31	17,86
Sable fin	%	.....	9,97	7,40	9,83	11,68
Sable très fin	%	.....	9,23	2,93	7,55	15,31
Limon	%	.....	35,50	35,00	34,50	31,50
Argile	%	.....	21,00	26,50	27,00	21,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	2,00	1,17	0,45
Matière organique	%	.....	3,45	2,02	0,78
Azote	%	.....	2,46	1,32	0,98
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	8,13	8,86	4,59

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	...	0,030	0,018	0,018	0,024
Ca échangeable	(m.e. %	.....	4,99	1,65	2,07	2,07
	( %	.....	1,000	0,332	0,416	0,416
Mg "	(m.e. %	.....	2,63	1,64	1,64	1,31
	( %	.....	0,320	0,200	0,200	0,160
K "	(m.e. %	.....	0,32	0,20	0,10	0,20
	( %	.....	0,124	0,080	0,040	0,080
Na "	(m.e. %	.....	0,05	0,01	0,02	0,01
	( %	.....	0,012	0,004	0,008	0,004
Somme des bases échangeables						
	S m.e. %	.....	7,99	3,50	3,83	3,59
Capacité d'échange						
	T m.e. %	.....	13,40	6,80	5,00	3,80
Degré de saturation						
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	59,62	51,47	76,60	94,47

170 - 220 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/8), limoneux à limono-argilo-sableux, frais, ferme. Cristaux de quartz nombreux quelques cristaux de feldspaths.

De 170 à 190 cm : zone de transition de couleur.

- Caractéristiques analytiques: Voir tableau

- Pédogénèse.

Morphologiquement ce sol est très semblable aux sols ferrallitiques moyennement désaturés déjà décrits, et il a subi le même processus évolutif. Il en diffère cependant par deux points essentiels :

- La couleur générale du sol est d'un rouge plus vif.
- L'horizon B de concentration des sesquioxydes est beaucoup mieux structuré.

On peut noter également la présence de concrétions qui ici sont nettement durcies, noires et bien individualisées.

Chimiquement il est beaucoup moins désaturé (0,416 ‰ de Ca échangeable au lieu de 0,266 ‰ dans le profil BS 2 et 0,200 ‰ de Mg échangeable au lieu de 0,020 ‰). (Horizon B).

Cette différence provient probablement d'une différence de roche-mère. Le sol se trouve en effet sur un plateau plus élevé que les autres plateaux du secteur. On peut penser que cette différence topographique est due à une érosion différentielle et que la roche-mère de la butte d'Imehy résiste mieux à l'altération que les migmatites de la zone étudiée (structure plus fine).

La structure plus marquée et la couleur plus rouge des sols formés sur roches basiques est d'ailleurs un fait bien connu actuellement.

Dans l'horizon B le pH est de 5, la teneur en bases échangeables de 4 méq/100 g de terre et le degré de saturation du complexe absorbant est de 75 %.

Type génétique de sol : sol ferrallitique faiblement désaturé typique humique à faciès steppisé sur migmatite, à profil complet.

Importance géographique - utilisation.

Ce type de sol n'a été observé que sur les 2 buttes d'Imchy. Il occupe une superficie de quelques dizaines d'hectares.

Bien qu'il soit un peu plus riche en bases que les sols du niveau inférieur, son utilisation doit être identique à celle des autres sols de plateaux.

2.4.2.2.- Profil érodé.

Profil BS 25

Date d'observation : 21/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps (début de saison sèche)

Emplacement du profil : pente forte.

Erosion : en nappe forte. Cailloux de quartz en surface.

Occupation du sol ; steppe très dégradée à Aristida, Hétéropogon et Hyparrhenia (recouvrement de 20 à 25 % environ). La végétation est de faible développement et commence à sécher.

Description du profil.

- 0 - 58 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/6) limono-argilo-sableux, sec, très ferme, de structure polyédrique moyenne. Quelques racines. Cristaux de quartz.
- 58 - 90 cm : Horizon rouge (10 R 4/8), limono-argilo-sableux, frais, ferme, de structure polyédrique moyenne. Cristaux de quartz.

Commentaires.

Nous retrouvons ici dans ce sol tronqué sur pente les caractéristiques du sol décrit précédemment : structure et couleur rouge très marquée.

Type de sol :

Sol ferrallitique faiblement désaturé typique humique à faciès stéppisé sur migmatite, à profil érodé.

3.4.2.- Sols ferrallitiques fortement désaturés

Profil BS 523

Date d'observation : 11/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil :

site : pente 12 %

situation : léger replat sur une pente forte (voir schéma page 164)

Erosion : nulle

Végétation : savane à Hyparrhenia de très belle venue.

Bon recouvrement du sol.

Roche-mère : colluvions

Nappe phréatique : à 112 cm

Description du profil :

- 0 - 4 cm : Horizon gris brun foncé, limoneux, sec à peu frais, meuble, de structure grumoleuse fine à moyenne, racines très nombreuses. Cristaux de quartz et glomérules dus à l'action de la faune.
- 4 - 24 cm : Horizon brun rouge, limono-argilo-sableux, frais, friable, de structure primaire continue, secondaire polyédrique émoussée moyenne à grossière. Racines nombreuses. Cristaux de quartz. Quelques concrétions noires un peu durcies.
- 24 - 83 cm : Horizon brun foncé, limoneux, très frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de quartz. Un bloc de cuirasse de 20 à 30 cm de diamètre.
- 83 - 125 cm : Horizon beige légèrement taché de rouille, limono-très-sableux, humide, très facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de quartz, nombreuses concrétions durcies.
- 125 - 157 cm : Horizon jaune beige, sablo-limoneux, gorgé d'eau, facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de quartz.
- 157 - 220 cm : Horizon beige jaunâtre, limono-sableux, gorgé d'eau où l'on reconnaît les minéraux constitutifs de la roche en place en lits.

Données analytiques : voir tableau

Commentaires; pédogenèse :

La description de ce profil appelle quelques remarques

N° de l'échantillon	B S 52			
Profondeur	0-4	4-24	24-83	83-125
pH	4,8	4,5	4,3	

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	23,20	25,83	28,22	55,61
Sable fin	%	10,67	12,08	15,35	15,51
Sable très fin	%	4,41	5,15	6,93	1,32
Limon	%	31,00	18,00	27,50	11,50
Argile	%	26,50	34,00	17,00	14,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	3,84	2,24	2,27	0,29
Matière organique	%	6,60	3,87	3,92	0,50
Azote	‰	3,08	1,62	1,34	0,60
Rapport $\frac{C}{N}$		12,6	13,83	16,94	4,83

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable ‰ ...					
Ca échangeable	(m.e. ‰	4,56	0,40	0,40	0,40
	(‰	0,915	0,082	0,082	0,082
Mg "	(m.e. ‰	3,94	0,98	0,32	0,98
	(‰	0,480	0,120	0,040	0,120
K "	(m.e. ‰	0,31	0,05	0,12	0,12
	(‰	0,200	0,020	0,050	0,050
Na "	(m.e. ‰	0,01	0,01	0,01	0,01
	(‰	0,004	0,004	0,004	0,004
Somme des bases échangeables					
	S m.e. ‰	8,82	1,44	0,85	1,51
Capacité d'échange					
	T m.e. ‰	15,40	10,40	11,00	4,20
Degré de saturation					
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	57,27	13,84	7,72	35,95

Le changement de couleur entre l'horizon 2 et l'horizon 3 n'est pas dû à une diminution de la teneur en matière organique, comme le montre d'ailleurs les résultats analytiques mais à un changement de l'humidité, les horizons secs des sols ferrallitiques paraissant toujours plus clairs et plus rouges que les horizons humides.

Les concrétions durcies dans le profil et le bloc de cuirasse ne se sont pas formées en place. Ils se trouvaient dans les sols situés au-dessus et qui ont été érodés. Le sol considéré se trouve au-dessous d'une cuirasse mise à nue (sol érodé) et sur une zone de pente plus faible que la pente générale du versant. Les éléments emportés par l'érosion se sont préférentiellement accumulés à cet endroit.

La très faible teneur en bases échangeables semble également prouver l'origine colluviale du matériau originel, la zone d'altération se trouvant à 157 cm de profondeur.

Pédogénèse :

Après la disparition du scuil qui a provoqué la formation de la cuirasse (voir étude de la toposéquence page 164), l'érosion démantèle cette cuirasse et érode les sols sous-jacents. Une partie des éléments érodés s'accumulent sur la zone de pente plus faible située en aval.

Du fait de la présence de la nappe phréatique à faible profondeur (elle devait sans doute sourdre sous la cuirasse) ces colluvions restent meubles et une végétation importante s'installe. Il y a une accumulation très importante de matière organique (4 % sur 80 cm)

Parallèlement à cette accumulation de matière organique, des processus d'altération et de lixiviation ont lieu, provoquant un appauvrissement des horizons. Ces phénomènes ne sont pas freinés par la présence de la nappe phréatique qui n'engorge pas le sol et qui ne stagne à aucun moment. On peut même supposer que cette nappe phréatique, qui doit monter plus près de la surface en pleine saison des pluies provoque un lessivage oblique des horizons 3 et 4, ce qui expliquerait leur granulométrie grossière par rapport à l'horizon 2. La texture grossière de l'horizon supérieur pourrait s'expliquer par érosion en nappe différentielle.

Dans l'horizon B le pH est de 4,3, la somme des bases échangeables est de 0,85 méq pour 100 g de terre et le degré de saturation du complexe absorbant est de 7,72 %.

Type de sol : sol ferrallitique fortement désaturé humifère modal à faciès hydromorphe de profondeur sur colluvions.

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol est très rare sur le périmètre et n'a été observé qu'en deux points : profil BS 52³ et profil BS 77¹⁷.

Etant donné la faible superficie couverte nous ne prévoyons pas d'utilisation particulière. Ce sol sur pente doit être reboisé comme le versant sur lequel il se trouve.

2.5.- Les sols hydromorphes

2.5.1.- Les sols hydromorphes organiques

Profil BS 69

Date d'observation du profil : le 20/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps, début de saison sèche.

Emplacement du profil : pente de 5 %

Occupation du sol : prairie mouilleuse à Leersia hexandra et Aristida similis.

Roche-mère : migmatite

Nappe phréatique : eau coulant en surface. Elasticité du sol sous les pas.

Description du profil :

- 0 - 117 cm : Horizon gris beige devenant plus foncé vers la base, limono-argileux à argileux, gorgé d'eau, mou, de structure fibreuse. Présence de bois pourris.
- 117 - 164 cm : Horizon gris foncé, limono-argileux, à limono-argilo-sableux, gorgé d'eau, facilement pénétrable à la tarière. Nombreuses radicelles, morceaux de bois pourris. Cristaux de quartz.
- 164 - 200 cm : Horizon gris beige, limono-sableux, gorgé d'eau, de tendance plastique. Cristaux de quartz et de micas.
- 200 - 220 cm : Horizon beige grisâtre, sablo-limoneux, gorgé d'eau, de structure particulière. Cristaux de quartz et de feldspath.

Données analytiques (voir tableau)

Pédogenèse :

L'évolution de ce profil est entièrement dominée par l'action de l'eau (submersion)

Cette action de l'eau se traduit essentiellement par deux phénomènes :

N° de l'échantillon			B S 69		
Profondeur	.....	0-117	117-164	164-200	
pH	.....	3,6	3,4	3,6	

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	0,87	30,15	43,82
Sable fin	%	.....	0,31	7,02	12,60
Sable très fin	%	.....	4,78	1,06	2,90
Limon	%	.....	22,00	20,50	16,50
Argile	%	.....	42,50	30,50	19,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	16,48	5,60	2,09
Matière organique	%	.....	28,46	9,67	3,61
Azote	‰	.....	13,54	3,78	1,14
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	12,17	14,81	18,33

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	‰	.....	0,016	0,022	0,046
Ca échangeable	(m.e. %	.....	0,40	0,82	0,82
	( ‰	.....	0,082	0,166	0,166
Mg "	(m.e. %	.....	0,32	0,65	0,32
	( ‰	.....	0,040	0,080	0,040
K "	(m.e. %	.....	0,31	0,17	0,25
	( ‰	.....	0,200	0,070	0,100
Na "	(m.e. %	.....	0,12	0,03	0,01
	( ‰	.....	0,028	0,008	0,004
Somme des bases échangeables					
	S m.e. %	.....	1,15	1,67	1,40
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	21,60	14,00	7,00
Degré de saturation	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	5,32	11,92	20,00

- Une accumulation de matière organique en surface (30 % de matière organique jusqu'à 117 cm et encore 10 % à plus de 150 cm).
Cette matière organique est bien évoluée, ce qui est assez étonnant. Ceci est sans doute dû à la forte température qui règne pendant une grande période de l'année, à la faible épaisseur d'eau au-dessus du sol (2 à 3 cm) et au fait que l'eau coule, ce qui favorise son oxygénation.

- La formation d'un horizon de gley en profondeur. Si l'eau en surface est bien oxygénée, à deux mètres de profondeur de n'est plus le cas. De plus à ce niveau l'écoulement est beaucoup plus lent qu'en surface.
Il faut noter l'existence d'une zone d'altération sablo-limoneuse très riche en sables grossiers (environ 50 %) où l'on reconnaît les quartz et les feldspaths. L'existence de cette zone d'altération a été signalée par RIQUIER ().
Nous pouvons essayer d'expliquer cette existence de la façon suivante :

- En général dans les bas-fonds affleure par endroit une roche quartzo-feldspathique à structure grossière, pauvre en minéraux ferromagnésiens.

- Dans les bas fonds, où l'eau s'accumule en profondeur, le degré de saturation de la solution du sol est élevé. Dans ce cas là les phénomènes d'oxydation, de dissolution et d'hydrolyse sont très restreints et les minéraux résistent beaucoup mieux à l'altération.

Importance géographique - Variations

Ce type de sol se rencontre très fréquemment dans les bas-fonds, dont il occupe souvent une grande superficie.

Les principales variations observées portent :

- sur l'épaisseur de l'horizon organique qui varie de trois à quatre décimètres à plus d'un mètre.
- sur l'état d'évolution de la matière organique. Il arrive parfois que l'horizon supérieur soit très fibreux et ferme, l'essentiel de l'horizon étant formé de racines et de débris organiques enchevêtrés.

Le profil BS 69 que l'on vient de décrire est représentatif des profils à horizon organique épais et à matière organique bien évoluée.

Le profil BS 71³³ représente bien les sols à horizon organique peu épais et à matière organique faiblement décomposée.

Date d'observation : 16/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps. Début de saison sèche.

Emplacement du profil :

site : pente de 4 %

situation : bas fond.

Erosion nulle

Végétation : prairie mouillucuse à Leersia hexandra

Roche-mère : migmatite

Nappe phréatique : eau coulant en surface.

Description du profil :

- 0 - 17 cm : Horizon brun beige, limono-argilleux gorgé d'eau, fibreux, composé à plus de 80 % de racines et de matière organique en décomposition.
- 17 - 50 cm : Horizon gris soutenu, argilo-limoneux, gorgé d'eau, moy. Très nombreuses racines et radicelles. Cristaux de quartz.
- 50 - 160 cm : Horizon gris beige clair, sablo-limoneux (sables grossiers gorgés d'eau, de structure particulière). Cristaux de quartz, de feldspath, quelques minéraux

Utilisation

Ces sols gorgés d'eau ont souvent une pente de quelques degrés. Ils sont donc drainables. De plus l'eau arrivant dans le bas fond au niveau du contact bas-fond versant ils sont également irrigables. Dans l'état actuel, leur meilleure utilisation est la rizière.

La richesse chimique est assez variable. Ils sont pauvres à moyennement pourvus en bases échangeables, pauvres en phosphore assimilable.

2.5.2.- Les sols hydromorphes moyennement organiques, humiques à gley.

2.5.2.1.- Sans horizon fibreux en surface.

2.5.2.1.1.- Sur migmatite colluvionnée.

Profil BS 20

Date d'observation du profil : 20/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps. Début de saison sèche.

Emplacement du profil

site : terrain plat

situation : fond d'une cuvette formée sur plateau.

Erosion : nulle. Sans doute léger colluvionnement

Occupation du sol : cypéracées et polygonacées

Roche-mère : colluvions reposant sur une migmatite

Nappe phréatique : à 45 cm.

Description du profil.

0 - 12 cm : Horizon gris noir, avec quelques taches rouilles, limono-argileux, frais, friable, de structure primaire continue.

secondaire polyédrique émoussée fine à moyenne. Quelques racines. Cristaux de micas fin.

- 12 - 21 cm : Horizon gris foncé taché de rouille, limono-argilo-sableux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de feldspath et de micas fins. Rares cristaux de quartz.
- 21 - 37 cm : Horizon jaune rouille, sableux, humide, marquant un début de durcissement, de structure prismatique. Quelques racines. Cristaux de quartz grossiers nombreux.
- 37 - 80 cm : Horizon beige très taché de jaune, sablo-limoneux, gorgé d'eau, friable, de structure particulière. Concrétions rouilles en voie de formation.
- 80 - 160 cm : Horizon gris à taches noires et taches rouilles en stries, limono-argilo-sableux, compact. Cristaux de quartz. En profondeur des cristaux de quartz et de feldspath sont reconnaissables avec un certain litage.
- 160 - 220 cm : Horizon strié de noir, de beige, de jaune, limono-argilo-sableux à limono-sableux, frais, compact. Cristaux de micas, de feldspath et de minéraux noirs en lits.

Caractères analytiques : voir tableau page 126

Pédogenèse :

L'action de l'eau dans ce profil est prépondérante. Cependant ici le sol n'est pas submergé toute l'année mais seulement au plus fort de la saison des pluies.

La présence d'eau en surface sur une faible épaisseur pendant la saison chaude permet le développement rapide et important d'une végétation abondante amenant une forte accumulation de matière organique en surface. Dès la fin de la saison humide le niveau de la nappe

phréatique s'abaisse, laissant le sol hors d'eau mais encore suffisamment humide. Comme la température est élevée la matière organique évolue. Il se forme un anmoor noir à toucher gras. Le rapport C/N de l'horizon supérieur (0-12 cm) est quand même élevé; (C/N : 20).

En profondeur du fait de la descente de la nappe phréatique, des phénomènes de réoxydation des composés de fer ont lieu. Juste au-dessus du niveau de battement de la nappe l'accumulation du fer et sa réoxydation provoquent un durcissement de l'horizon. Cette réoxydation est d'autant plus importante que l'horizon est riche en quartz grossiers (Pour l'horizon 3, de 21 à 37 cm il ne faut pas trop se fier aux résultats de l'analyse granulométrique. L'horizon étant en partie induré, des particules argileuses sont cimentées, ce qui augmente dans des proportions considérables les teneurs en sable et diminue les teneurs en argile. L'analyse granulométrique devrait être faite après déferrisation du matériau).

Type génétique de sol

Sol hydromorphe moyennement organique humique à gley, ^à anmoor acide à taches et concrétions sur mignatite colluvionnée.

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol ne se rencontre qu'en de très rares endroits, dans le fond des cuvettes sur plateau. Nous pensons qu'il faut les laisser en végétation naturelle, les travaux de mise en valeur qu'ils nécessiteraient n'étant pas justifiés par les superficies occupées.

N° de l'échantillon	B S 20						
Profondeur	0-12	12-21	21-37	37-80	80-160	160-220
pH	3,9	4,2	4,9	4,7	4,2	4,8

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	1,08	28,72	74,52	65,56	35,67	31,91
Sable fin	%	2,15	15,20	13,58	12,87	10,19	12,98
Sable très fin	%	4,49	5,30	3,09	4,58	4,90	9,26
Limon	%	42,00	21,50	5,50	7,50	14,50	23,00
Argile	%	30,50	20,50	1,50	6,00	33,00	20,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	10,80	4,49	0,47	1,41	0,38	1,04
Matière organique	%	18,69	7,75	0,81	2,43	0,66	1,80
Azote	%o ...	5,28	3,18	0,80	1,08	0,36	0,30
Rapport $\frac{C}{N}$	....	20,49	14,12	5,87	13,05	10,55	34,67

COMPLETE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%o	0,173	0,120	0,016	0,018	0,072	0,108
Ca échangeable	(m.e. %	1,24	1,24	0,82	0,82	2,49	4,29
	(%o ...	0,250	0,250	0,166	0,166	0,500	1,000
Mg	(m.e. %	0,65	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65
	(%o ...	0,080	0,040	0,040	0,080	0,080	0,580
K	(m.e. %	0,41	0,31	0,41	0,31	0,10	0,15
	(%o ...	0,162	0,124	0,162	0,124	0,040	0,060
Na	(m.e. %	0,05	0,05	0,03	0,03	0,01	0,01
	(%o ...	0,012	0,012	0,008	0,008	0,004	0,004
Somme des bases échangeables	S m.e. % ..	2,35	1,92	1,58	1,81	3,25	5,80
Capacité d'échange	T m.e. % ..	26,20	15,20	20,00	17,80	5,00	10,00
Degré de saturation							
$V = \frac{S}{T} \times 100$	....	8,96	12,63	7,90	10,16	65,00	/

2.5.2.1.2.- Sur alluvions anciennes du niveau II

Profil 6919

Date d'observation du profil : 23/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps, saison sèche

Emplacement du profil :

site : terrain plat

emplacement : bas de la terrasse alluviale d'alluvions anciennes
de niveau II

Erosion : nulle

Occupation du sol : rizière

Description du profil :

- 0 - 18 cm : Horizon gris brun très foncé (10 YR 3/2) taché de rouille, limoneux, frais, friable, de structure polyédrique moyenne à grossière. Racines assez nombreuses. Quelques cristaux de quartz fins.
- 18 - 38 cm : Horizon brun très foncé (10 YR 2/2) légèrement taché de rouille, limono-argileux, frais, friable, de structure polyédrique moyenne à grossière. Quelques racines. Quelques graviers de quartz et rares cristaux de quartz fins.
- 38 - 57 cm : Horizon gris brun très foncé, légèrement veiné de rouille, limono-argileux à limoneux, frais, friable, poreux, de structure continue à éclats anguleux, quelques racines.
- 57 - 96 cm : Horizon gris pâle, limono-sableux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux à tendance particulière. Traces de racines. Cristaux de quartz, concrétions rouilles.

A la base de cet horizon un lit de cailloux de quartz émoussés.

96 - 190 cm : Horizon orangé veiné de gris, limono-argilo-sableux,

frais, cristaux de feldspath altéré, de micas fins et de quartz.

190 - 210 cm : Horizon beige légèrement veiné de gris, limono-argilo-sableux, frais. Cristaux de feldspath, de micas et de quartz.

Les deux derniers horizons correspondent à la zone d'altération sur laquelle s'étaient déposées les alluvions anciennes.

Caractéristiques analytiques : voir tableau

Pédogenèse :

Dans le cas présent l'hydromorphie n'est pas due à l'action d'une nappe phréatique, elle est d'origine anthropique.

Type génétique de sol : sol hydromorphe moyennement organique à gley de profondeur à anmoor acide sur alluvions anciennes.

Importance géographique, utilisation

Ce type de sol n'a été observé qu'en un endroit, sur une superficie de quelques ares. Il est très acide, extrêmement désaturé.

Nous pensons que son utilisation actuelle en rizière est convenable. Il faudrait certainement faire un amendement calcique.

N° de l'échantillon	B S 69 ¹⁹				
Profondeur	0-18	18-38	38-57	57-96
pH	3,8	3,7	3,8	4,0

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	13,14	3,37	4,14	41,93
Sable fin	%	.....	16,55	5,30	3,67	20,61
Sable très fin	%	.....	2,56	4,39	1,75	2,89
Limon	%	.....	31,00	40,00	51,00	17,50
Argile	%	.....	30,50	35,50	28,00	15,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	3,01	6,03	6,03	0,29
Matière organique	%	.....	5,20	10,41	10,41	0,50
Azote	%	.....	1,82	2,44	2,96	0,50
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	16,54	24,71	20,37	5,80

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	....	0,038	0,084	0,092	0,052
Ca échangeable	(m.e. %	.....	0,40	0,40	0,40	0,40
	( %	.....	0,082	0,082	0,082	0,082
Mg "	(m.e. %	.....	0,32	0,32	0,65	0,65
	( %	.....	0,040	0,040	0,080	0,080
K "	(m.e. %	.....	0,07	0,07	0,05	0,02
	( %	.....	0,030	0,030	0,020	0,010
Na "	(m.e. %	.....	0,01	0,01	0,03	0,01
	( %	.....	0,004	0,004	0,008	0,004
Somme des bases échangeables	S m.e. %	.....	0,80	0,80	1,13	1,08
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	13,80	24,80	23,00	2,60
Degré de saturation	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	5,79	3,22	4,91	41,53

2.5.2.1.3.- Sur migmatite.

Profil BS 61

Date d'observation : 18/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps. Saison sèche

Emplacement du profil

site : terrain plat, petite terrasse rizièrle

situation : bas fond de pente générale de quelques degrés

Erosion : nulle

Occupation du sol : chaumes de riz, quelques Leersia hexandra et
Aristida similis.

Roche-mère : migmatite

Nappe phréatique à 20 cm

Description du profil.

- 0 - 30 cm : Horizon noir brun (5 YR 2/1), limono-argilo-sableux, gorgé d'eau, mou, de structure continue. Racines nombreuses, Quelques rares cristaux de quartz et de micas fins.
- 30 - 70 cm : Horizon gris très foncé (7,5 YR 3/1), limono-argilo-sableux, gorgé d'eau, plastique, Quelques rares cristaux de micas et de quartz.
- 70 - 110 cm : Horizon gris (7,5 YR 5/1), sablo-limoneux, gorgé d'eau, à tendance plastique. Cristaux de quartz, rares cristaux de micas fins.
- 110 - 170 cm : Horizon gris (5 YR 5/1), sableux, gorgé d'eau, de structure particulière. Cristaux de quartz, de feldspath quelques minéraux noirs.

Caractéristiques analytiques : voir tableau

N° de l'échantillon			B S	61	
Profondeur	.....	0-30	30-70	70-110	110-170
pH	.....	4,4	4,8	5,3	3,6

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	24,44	21,81	48,85	72,48
Sable fin	%	.....	27,04	18,90	27,37	17,77
Sable très fin	%	.....	1,00	1,91	3,42	0,71
Limon	%	.....	13,00	18,00	5,50	1,00
Argile	%	.....	24,00	29,50	12,50	6,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	5,41	5,10	0,77	0,31
Matière organique	%	.....	9,43	8,81	1,33	0,53
Azote	%	.....	4,18	3,30	0,72	0,26
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	12,94	15,45	10,69	11,92

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	...	0,012	0,046	0,066	0,056
Ca échangeable	(m.e. %)	.....	2,07	7,88	2,49	0,82
	(%o)	.....	0,416	1,580	0,500	0,166
Mg	(m.e. %)	.....	1,31	3,28	2,30	1,31
	(%o)	.....	0,160	0,400	0,280	0,160
K	(m.e. %)	.....	0,05	0,05	0,02	0,05
	(%o)	.....	0,020	0,020	0,010	0,020
Na	(m.e. %)	.....	0,01	0,01	0,08	0,01
	(%o)	.....	0,004	0,004	0,020	0,004
Somme des bases échangeables						
	S m.e. %	.....	3,44	11,22		
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	15,20	18,00		
Degré de saturation	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	22,63	62,33	/	/

Type génétique du sol : sol hydromorphe moyennement organique à gley de profondeur à anmoor acide sur migmatite.

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol a été rencontré plusieurs fois sur le périmètre. Il se trouve toujours dans les bas fonds et en général est cultivé en rizière. C'est sans doute la mise en culture qui provoque l'évolution de la matière organique.

Ces sols organiques, délicats à drainer et à mettre en valeur doivent être cultivés en rizières dans un premier stade.

2.5.2.2.- Avec horizon fibreux en surface.

Profil BS 18

Date d'observation : le 20/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps

Emplacement du profil :

site : pente de 12 ‰

situation : centre d'un bas fond à pente longitudinale forte.

Erosion : nulle

Végétation : prairie mouilleuse à Leersia hexandra

Roche-mère : migmatite

Nappe phréatique : eau riche en fer ferrique flocculé coulant en surface.

Description du profil :

0 - 12 cm : Horizon brun beige, limono-argileux, gorgé d'eau, mou, fibreux, Horizon consistant à 95 ‰ de racines, radicelles et résidus organiques

12 - 58 cm : Horizon gris brun, limono-argileux, gorgé d'eau, mou, à teneur fibreuse. Racines extrêmement nombreuses. Cristaux de quartz grossiers.

- 58 - 110 cm : Horizon gris noir, limono-argileux, gorgé d'eau, mou. Racines très nombreuses. Cristaux de quartz fins.
- 110 - 148 cm : Horizon grisâtre, sablo-limoneux, gorgé d'eau, de structure particulière. Cristaux de quartz et de feldspath.
- 148 - 220 cm : Horizon gris bleuté, limoneux sableux, humide, extrêmement ferme à la base. Lits de micas, de quartz et de feldspath bien marqué à la base.

Caractéristiques analytiques (voir tableau page 134)

Pédogenèse.

Les processus pédogénétiques sont les mêmes que pour les sols tourbeux décrits précédemment. Pour des raisons diverses (âge, pente) accumulation de matière organique est moins importante.

Type génétique de sol.

Sol hydromorphe moyennement organique à gley de profondeur à horizon fibreux en surface sur gneiss.

Variation.

Comme pour les sols hydromorphes organiques il arrive fréquemment que le sol soit formé sur des colluvions. On a alors affaire à un sol limono-argileux sur plus de 2 m. C'est ce que RIQUER appelle les sols de marais typiques.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols, occupent avec les sols tourbeux la majeure partie des sols de bas fond sous prairie mouilleuse.

Leur utilisation doit être la rizière, tout au moins dans un premier stade.

N° de l'échantillon		B S 18				
Profondeur	.....	0-12	12-58	58-110	110-148	148-220
pH	.....	4,9	4,2	3,9	4,2	4,8

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	6,58	10,63	17,09	59,64	31,36
Sable fin	%	.....	5,95	5,87	8,54	23,55	30,24
Sable très fin	%	.....	7,12	7,59	5,03	2,71	2,60
Limon	%	.....	33,50	33,50	29,00	9,00	13,00
Argile	%	.....	37,50	29,50	28,50	2,50	20,50

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	4,79	6,88	6,27	0,89	0,74
Matière organique	%	.....	8,27	11,88	10,83	1,54	1,28
Azote	%	.....	3,42	7,38	4,08	0,60	0,26
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	14,00	9,32	15,37	14,83	28,46

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	.....	0,018	0,016	0,014	0,034	0,202
Ca échangeable	(m.e. %)	.....	1,24	1,24	1,24	0,82	2,49
	(% )	.....	0,250	0,250	0,250	0,166	0,500
Mg	(m.c. %)	.....	0,98	1,64	0,65	0,65	3,94
	(% )	.....	0,120	0,200	0,080	0,080	0,480
K	(m.c. %)	.....	0,41	0,15	0,15	0,07	0,15
	(% )	.....	0,162	0,060	0,060	0,030	0,060
Na	(m.e. %)	.....	0,17	0,12	0,08	0,05	0,03
	(% )	.....	0,040	0,028	0,020	0,012	0,008
Somme des bases échangeables	S m.c. %	.....	2,80	3,15	2,12	1,59	6,61
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	16,40	31,00	22,40	2,40	9,00
Degré de saturation							
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	17,07	10,16	9,46	66,25	73,44

2.5.3.- Sols hyromorphes minéraux.

2.5.3.1.- A gley d'ensemble

1.- Faciès hérité.

Profil BS 19

Date d'observation : 20/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps

Début de saison sèche

Emplacement du profil:

siège : pont de 3 à 4 m

situation : versant d'une petite butte située dans un bas fond

L'existence de cette butte est liée à un filon de roche plus dure riche en quartz.

Erosion : non aperçue

Végétation : goyaviers, fougères et Imperata

Roche-mère : migmatite

Description du profil

0 - 15 cm : Horizon gris noir très légèrement taché de rouille, limono-sableux, humide, mou, de structure primaire continue, secondaire grumelleuse fine à moyenne. Quelques racines. Cristaux de quartz.

15 - 25 cm : Horizon gris beige, sablo-limoneux, humide, friable, de structure continue à particulaire. Quelques racines. Cristaux de quartz et de feldspath.

25 - 47 cm : Horizon gris très légèrement taché de rouille, sablo-limoneux, humide, friable, de structure continue à particulaire. Rares racines. Cristaux de quartz et de feldspath.

47 - 80 cm : Horizon gris clair très légèrement taché de rouille, sablo-limoneux, gorgé d'eau, friable, de structure continue à particulaire. Cristaux de quartz et de feldspaths. Dans cet horizon très nombreux cailloux de quartz à angles vifs ou légèrement émoussés, correspondant certainement à un filon de quartz.

Caractéristiques analytiques (voir tableau page 137)

Pédogénèse.

La position de ce sol, la nature de la roche mère et la teneur en matière organique évoluée de l'horizon supérieur nous font penser que les caractères hydromorphes de surface sont hérités.

Dans le passé le filon de roche plus dure barrait le bas-fond et la nappe phréatique affleurerait. A ce moment s'est développé un sol hydromorphe organique reposant sur la zone d'altération sablo-limoneuse quartzo-feldspathique classique du secteur.

Puis le filon s'est érodé au niveau d'une zone moins résistante, provoquant l'abaissement de la nappe phréatique.

Cet abaissement se traduit à l'heure actuelle par une forte évolution de l'horizon organique de surface provoquant une diminution du taux de matière organique, du rapport C/N et par l'apparition de quelques taches rouilles dans l'horizon de gley.

Type génétique de sol : sol hydromorphe minéral à gley de surface sur mignatite à faciès hérité.

Importance géographique, variations.

Ce type de sol est rencontré assez fréquemment dans certains bas-fonds (bas fonds type 2², voir page 175). Les principales variations

N° de l'échantillon	B S 19			
Profondeur	0-15	15-25	25-47	47-80
pH	5,3	5,6	5,5	5,4

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	43,01	53,81	58,84	63,54
Sable fin	%	.....	17,29	20,93	22,47	19,96
Sable très fin	%	.....	2,44	4,16	4,09	2,10
Limon	%	.....	12,50	12,50	6,50	8,00
Argile	%	.....	16,50	5,00	6,50	4,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	4,18	1,47	0,32	0,19
Matière organique	%	.....	7,22	2,54	0,55	0,33
Azote	%	.....	3,18	1,34	0,82	0,30
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	13,14	10,97	3,90	6,33

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	.....	0,024	0,018	0,028	0,018
Ca échangeable	(m.c. %	.....	3,32	1,65	0,82	0,82
	(%o	.....	0,666	0,332	0,166	0,166
Mg	(m.c. %	.....	3,28	2,30	0,65	0,65
	(%o	.....	0,400	0,280	0,080	0,080
K	(m.c. %	.....	0,07	0,05	0,05	0,05
	(%o	.....	0,030	0,020	0,020	0,020
Na	(m.c. %	.....	0,08	0,03	0,03	0,05
	(%o	.....	0,020	0,008	0,008	0,012
Somme des bases échangeables	S m.c. %	.....	6,75	4,03	1,55	1,57
Capacité d'échange	T m.e. %	.....	12,00	4,40	1,80	1,40
Degré de saturation						
	$V = \frac{S}{T} \times 100$	.....	56,25	91,59	86,11	/

portent sur l'état de l'horizon humifère et sur les phénomènes de réoxydation de l'horizon de gley. Il arrive en effet souvent que la nappe phréatique soit beaucoup plus profonde que pour le sol décrit. Dans ce cas la teneur en matière organique de l'horizon supérieur est beaucoup plus faible et les phénomènes de réoxydation dans l'horizon de gley sont plus importants. A la limite on arrive parfois à un sol hydromorphe minéral à pseudo-gley.

Utilisation

A l'exception de l'horizon humifère ces sols sont en général très pauvres chimiquement. Cependant en raison de leur position topographique ils sont en général facilement irrigables. Après apport d'une fumure ils sont aptes à porter des cultures maraichères ou fourragères et des rizières.

2.- Faciès actuel.

Profil BS 57

Date d'observation du profil : le 12/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps. Début de saison sèche.

Emplacement :

site : terrain à peu près plat

situation : profil situé dans une gorge formée entre un versant de plateau et une butte plus résistante dans un bas fond.

Erosion : nulle

Occupation de sol : prairie mouilleuse à Leersia hexandra avec fourgères et Aristida similis.

Nappe phréatique : eau riche en oxydes ferriques flocculés coulant en surface.

Description du profil

- 0 - 20 cm : Horizon gris foncé, limono-argileux, gorgé d'eau, plastique, de structure continue. Racines nombreuses, quelques rhizomes. Cristaux de quartz fins.
- 20 - 104 cm : Horizon gris clair, limono-sableux, gorgé d'eau, de structure à tonance particulière. Cristaux de quartz fin à très grossiers.
- 104 - 132 cm : Horizon beige grisâtre, limono-très sableux, gorgé d'eau. Cristaux de quartz, de feldspath et très nombreux micas en lits.

Caractéristiques analytiques:(voir tableau)

Type génétique de sol : sol hydromorphe minéral à gley d'ensemble sur migmatite, à hydromorphie actuelle.

Importance géographique - utilisation.

Ces sols se rencontrent fréquemment dans les bas fonds où ils occupent cependant des superficies moins importantes que les sols hydromorphes organiques et moyennement organiques.

Ils sont facilement drainables et doivent être utilisés pour des cultures fourragères ou des rizières.

N° de l'échantillon		B S 57
Profondeur	.....	0-20 20-104
pH	.....	4,7 5,5

GR. NULOMETRIE

Sable grossier	%	.....	23,86	46,14
Sable fin	%	.....	12,32	18,30
Sable très fin	%	.....	5,90	2,90
Limon	%	.....	17,00	13,00
Argile	%	.....	33,50	18,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	.....	3,69	0,35
Matière organique	%	.....	6,37	0,60
Azote	%	.....	2,22	0,42
Rapport $\frac{C}{N}$		.....	16,62	8,33

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%	.....	0,014	0,016
Ca échangeable	(m.e. % %o	.....	2,07	1,65
		.....	0,416	0,332
Mg	" (m.e. % %o	.....	2,63	2,30
		.....	0,320	0,280
K	" (m.e. % %o	.....	0,20	0,05
		.....	0,080	0,020
Na	" (m.e. % %o	.....	0,03	0,03
		.....	0,008	0,008
Somme des bases échangeables S m.e. %		.....	4,93	4,03
Capacité d'échange T m.e. %		.....	13,60	3,20
Degré de saturation $V = \frac{S}{T} \times 100$		.....	36,25	/

2.5.3.2.- à stagnogley

Profil BS 7014

Date d'observation : 27/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil

site : pente de 3 à 4 %

situation : bas fond



Erosion : nulle

Occupation du sol : prairie mouillouse à *Leersia hexandra*

Roche-mère : alluvions latérales

Nappe phréatique : eau en surface

Description du profil

En surface, chevelu de tiges et de racines sur 5 à 6 cm

0 - 18 cm : Horizon beige, limono-argilo-sableux, gorgé d'eau, ferme. Un très important chevelu racinaire donne à cet horizon une structure fibreuse. Horizon composé à plus de 80 % de racines, radicelles et de matière organique en décomposition. Fins cristaux de micas.

18 - 67 cm : Horizon beige rougeâtre, limono-argileux, humide, ferme, de structure continue. Radicelles et racines nombreuses, surtout à la partie supérieure de l'horizon. Cristaux de micas.

- 67 - 90 cm : Horizon rouge, limono-argilo-sableux, gorgé d'eau, facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de micas de quartz et de feldspaths.
- 90 - 134 cm : Horizon beige-jaunâtre avec quelques zones plus brunes, limono-argilo-sableux, avec de fines strates plus limoneuses, humide, facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de micas, de quartz et de feldspath. Présence de "galets d'argile" rouges.
- 134 - 140 cm : Horizon gris brun foncé, limono-argileux, humide, facilement pénétrable à la tarière. Micas. Résidus organiques non décomposés.
- 140 - 220 cm : Horizon beige, limono-argilo-sableux, humide, facilement pénétrable à la tarière. Quelques radicules. Cristaux de quartz, de micas, de feldspaths. Quelques points rouges.

Pédogenèse.

La nappe phréatique qui coule dans la zone d'altération et qui aboutit dans le bas-fond recouvre la partie basse des alluvions latérales. La présence de l'eau en permanence a permis l'installation d'une prairie mouilleuse à base de Leersia hexandra. Cette prairie mouilleuse provoque l'accumulation en surface de matière organique peu décomposée, favorisant ainsi la création d'un horizon caractéristique de sol hydromorphe. Cependant l'action de l'eau est beaucoup plus rapide sur l'horizon superficiel (action sur la végétation) que sur les horizons profonds qui n'ont pas encore acquis, les caractères des sols hydromorphes.

Remarques : la présence de l'horizon organique entre 134 et 140 cm indique un arrêt dans la phase d'alluvionnement, qui a permis un début d'évolution en surface.

Type génétique de sol :

Sol hydromorphe minéral à stagnogley de surface.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols n'occupent que de faibles superficies en bordure des alluvions latérales. En raison de leur position topographique ils sont facilement irrigables et en général facilement drainables. Ils sont particulièrement aptes à porter des cultures fourragères, des cultures maraichères ou des rizières.

2.5.3.3.- à pseudogley

2.5.3.3.1.- à taches

2.5.3.3.1.1.- à faciès anthropique de surface

1. - Sur alluvions fluviales récentes.

Profil BS 697

Date d'observation : 22/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil.

site : terrain plat

situation : petite terrasse alluviale récente de très faible hauteur au-dessus du ruisseau.

Erosion : alluvionnement

Occupation du sol : rizière récoltée envahie par une graminée adventice (fantotrarana)

Roche-mère : alluvions fluviales récentes.

Description du profil.

En surface, sur 3 à 4 cm, un apport récent de sables.

- 0 - 15 cm : Horizon gris fortement tachée de rouille, limono-argileux (présence d'un peu de sables grossiers), humide, friable, de structure continue. Cristaux de micas fins, de quartz, quelques cristaux de feldspath.
- 15 - 37 cm : Horizon brun, avec veinules rouilles et veinules grises, limono-argileux, humide, friable, de structure continue. Cristaux de micas fins, quelques cristaux de feldspath.
- 37 - 104 cm : Horizon beige rougeâtre, avec de rares taches brun rouille, limono-argileux, gorgé d'eau, facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de micas, quelques cristaux de quartz.
- 104 - 220 cm : Horizon rouge rose, limono-argileux, gorgé d'eau, facilement pénétrable à la tarière. Cristaux de micas et de quartz.

Pédogénèse.

Ce sol se forme actuellement sur des alluvions récentes micacées. L'utilisation du sol en rizière provoque la formation en surface d'un horizon de pseudo-gley très net. L'action de l'eau diminue ensuite en profondeur.

Type génétique du sol.

Sol hydromorphe minéral à pseudo-gley à taches de surface d'origine anthropique, sur alluvions récentes.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols occupent de très faibles superficies dans les vallées des petits ruisseaux. Ils sont inondables en hiver et difficilement drainables car ils sont peu élevés au-dessus du niveau de l'eau. L'utilisation optimale de ces sols est la rizière.

2.- Sur alluvions anciennes de niveau II.

Profil BS 69²⁰

Date d'observation : 23/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement du profil :

site : terrain plat

situation : profil observé sur une terrasse alluviale d'alluvions anciennes du niveau II située à 2 ou 3 m au-dessus du lit de la rivière.

Erosion : nulle

Occupation du sol : rizière (la récolte vient d'être effectuée et le riz est encore sur le terrain).

Roche-mère : alluvions anciennes du niveau II

Description du profil :

0 - 11 cm : Horizon gris beige, taché légèrement de rouille; limono-argilo-sableux, peu frais, friable, de structure continue à éclats émoussés (structure grumeleuse de 0 à 7 cm dans la zone explorée par les racines). Racines très nombreuses, cristaux de quartz fins.

- 11 - 24 cm : Horizon gris beige foncé taché de rouille, limono-argileux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Quelques racines. Cristaux de quartz.
- 24 - 57 cm : Horizon jaune grisâtre légèrement taché de rouille, limono-argileux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Racines rares. Cristaux de quartz fins.
- 57 - 110 cm : Horizon jaune, limono-argileux, frais, friable, de structure continue à éclats anguleux. Racines rares. Cristaux de quartz.
- 110 - 120 cm : Lit de quartz émousés et de concrétions ferrugineuses durcies. Les quartz sont en général enrobés d'une pellicule de fer.
- Au-dessous de 120 cm horizon marmorisé, beige, jaune, blanc, rouge, rouille, limono-sableux, frais où l'on reconnaît les minéraux de la roche (quartz, feldspath, micas fins et minéraux noirs) en lit.

Pédogénèse.

Bien que la nappe phréatique ne soit pas encore atteinte à 180 cm ce sol présente des caractères très nets d'hydromorphie (couleur et taches rouilles). Ces caractères d'hydromorphie sont surtout importants en surface.

Ceci s'explique par l'utilisation actuelle du sol : la rizière. En effet ce sol se trouve dans des conditions identiques à celles du sol rouge-jaune. La culture de riz irrigué provoque un engorgement des horizons supérieurs se traduisant par une hydromorphie de surface.

Type de sol : sol hydromorphe minéral à pseudogley à taches de surface d'origine anthropique sur alluvions anciennes de niveau II.

Importance géographique, utilisation.

Ce type de sol ne recouvre qu'une très faible superficie en un seul endroit. Il est apte à porter des cultures vivrières, maraichères ou des rizières.

2.5.3.3.1.2.- à pseudogley d'ensemble.

1.- sur alluvions récentes.

Profil BS 7154

Date d'observation : 3/7/67

Conditions atmosphériques : beau temps. Saison sèche

Emplacement du profil :

site : terrain à peu près plat

situation : fond d'une cuvette latérale de sédimentation.

Erosion : alluvionnement actuel. Cet alluvionnement actuel est très visible. En surface il y a environ un centimètre d'un limon argileux beige; de plus sur les tiges des plantes on voit un fin dépôt beige indiquant le niveau de la dernière stagnation d'eau dans la cuvette.

Occupation du sol : cyperacées et polygonacées

Roche-mère : alluvions récentes.

Description du profil.

0 - 48 cm : Horizon gris à gris beige fortement taché de rouille entre 20 et 48 cm et légèrement taché de noir. Les taches rouilles se trouvent surtout localisées entre les agrégats. Horizon limono-argileux, humide, très friable, de structure polyédrique à cubique large. Racines nombreuses. Cristaux de micas.

Mais la nappe phréatique étant profonde, au cours de la saison sèche le sol s'assèche (évaporation et drainage). A ce moment là les horizons se réoxygènent et il y a une réoxydation du fer réduit lors de la phase anoxybiontique. Cette réoxydation se traduit par la formation de taches rouilles dans l'horizon gris réduit. Il se forme un horizon de pseudogley.

Type génétique de sol : sol hydromorphe minéral à pseudo-gley à taches d'ensemble sur alluvions récentes.

Importance géographique, utilisation.

Ces sols sont très localisés et n'occupent que quelques cuvettes latérales de sédimentation le long de la rivière Ihazomay.

L'utilisation de ces sols est très difficile étant donné leur texture fine et leur situation inondable une bonne partie de l'année. Nous pensons qu'il ne faut pas les cultiver. Si cette culture s'avère indispensable il faudra les planter en riz dès que la nappe d'eau au-dessus du sol aura une dizaine de centimètre. Dans ce cas il sera nécessaire de prévoir un système d'irrigation en général difficile à installer.

2.- Sur alluvions colluvions.

Profil BS 36

Date d'observation : 28/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps; début de saison sèche

Emplacement du profil :

site : pente de 3 à 4 %

situation : fond d'un bas-fond drainé naturellement par un petit ruisseau. Ce type de bas-fond est rare.

Erosion : non aperçue

Occupation du sol : graminées de station humide et Joncacées. Quelques touffes d'*Hyperbarrenia*.

Roche-mère : Mélange d'alluvions^{et}/de colluvions

Ce type de matériau originel se dépose parfois dans les bas fonds qui se trouvent à proximité des ruisseaux plus importants.

Nappe phréatique : à 120 cm.

Description du profil.

- 0 - 3 cm : Horizon brun rouge très foncé, argileux, frais, de structure fibreuses, essentiellement composé d'un enchevêtrement de racines.
- 3 - 30 cm : Horizon gris bleuté fortement taché de rouille, limono-argileux, frais, mou, de structure primaire continue, secondaire polyédrique moyenne à grossière. Racines assez nombreuses. Rares cristaux de micas, très rares cristaux de quartz fin. Sur les 5 cm inférieurs une zone plus rouille et plus micacée.
- 30 - 32 cm : Horizon gris foncé, argilo-limoneux, frais, poreux avec dépôts rouilles dans les pores. Quelques cristaux de quartz et de feldspaths.
- 32 - 81 cm : Horizon gris foncé taché de rouille, limono très sableux, gorgé d'eau, de structure particulière. Cristaux de quartz. Quelques cristaux de micas fin et de feldspath.
- 81 - 97 cm : Horizon gris taché de rouille, limono-argilo-sableux, gorgé d'eau, de structure continue. Cristaux de quartz fins, quelques cristaux de micas fins.
- 97 - 129 cm : Horizon gris bleu, limono-sableux à limono-argilo-sableux gorgé d'eau, de structure continue. Cristaux de quartz fins;

N° de l'échantillon	B S 36					
Profondeur	0-3	3-30	32-81	81-97	97-129	129-157
pH	4,2	4,5	5,5	5,8	5,5	5,5

GRANULOMETRIE

Sable grossier	%	7,06	10,32	52,73	25,12	34,34	37,02
Sable fin	%	5,14	12,86	23,13	33,16	30,22	23,55
Sable très fin	%	1,01	7,16	1,86	2,26	7,61	8,52
Limon	%	26,50	30,50	3,00	7,00	6,50	8,50
Argile	%	42,50	36,00	18,00	31,00	20,00	21,00

ELEMENTS ORGANIQUES

Carbone	%	9,72	1,20	0,14	0,23	0,15	0,21
Matière organique	%	16,79	2,07	0,24	0,40	0,26	0,36
Azote	%o	5,82	1,20	0,18	0,24	0,22	0,16
Rapport $\frac{C}{N}$		16,70	10,00	7,78	9,58	6,82	13,12

COMPLEXE ABSORBANT

Acide phosphorique assimilable	%o	0,016	0,018	0,016	0,018	0,016	0,018
Ca échangeable	(m.c. % %o	4,18 0,838	1,65 0,332	7,48 1,500	4,15 0,832	4,94 0,990	4,15 0,832
Mg "	(m.e. % %o	4,93 0,600	2,63 0,320	8,22 1,000	5,59 0,680	4,93 0,600	5,91 0,720
K "	(m.e. % %o	0,07 0,030	0,05 0,020	0,15 0,060	0,13 0,050	0,13 0,050	0,13 0,050
Na "	(m.c. % %o	0,08 0,020	0,05 0,012	0,08 0,020	0,05 0,012	0,05 0,012	0,05 0,028
Somme des bases échangeables	S m.e. %	9,26	4,38	15,93	9,92	10,05	10,24
Capacité d'échange	T m.e. %	16,80	3,00	9,00	8,80	8,40	8,60
Degré de saturation							
$V = \frac{S}{T} \times 100$		55,11	/	/	/	/	/

129 - 157 cm : Horizon beige taché de rouille, limono-argilo-sableux, à limono-sableux, gorgé d'eau. Graviers de quartz, cristaux de feldspath et de micas fins.

à 157 cm un lit de cailloux empêchant la tarière de s'enfoncer.

Caractéristiques analytiques : voir tableau

Type génétique de sol : sol hydromorphe minéral à pseudo-gley à taches d'ensemble sur alluvions-colluvions.

(L'horizon humifère de surface ne fait que 3 cm).

2.5.3.3.2.- à concrétions et carapace sur migmatite.

Profil BS 52²

Date d'observation du profil : 11/5/67

Conditions atmosphériques : beau temps (saison sèche)

Emplacement :

site : pente supérieure à 40 %

situation : versant sous une zone cuirassée

(voir séquence de pente page 164)

Erosion : non aperçue

Occupation du sol : steppe à Hyparrhenia et Amistida de très belle venue.

Roche-mère : migmatite

Nappe phréatique : nappe s'écoulant parallèlement à la surface à partir de 84 cm de profondeur.

Description du profil :

- 0 - 8 cm : Horizon brun gris foncé légèrement taché de rouille, limono-argilo-sableux, très friable, de structure particulière. On trouve cependant dans l'horizon quelques agrégats grumeleux faiblement cohérents. Racines nombreuses. Cristaux de quartz fins et quelques concrétions durcies.
- 8 - 21 cm : Horizon bigarré jaune rouille, brun rouille et beige, limono-argilo-sableux, très frais à humide, friable, de structure grumeleuse moyenne à particulière. Racines assez nombreuses. Cristaux de quartz et nombreuses concrétions durcies brun rouille.
- 21 - 47 cm : Horizon jaune foncé, légèrement veiné de rouille, limono-argilo-sableux, humide, friable, grumeleux. Quelques racines. Cristaux de quartz, rares cristaux de micas. Par place des zones indurées.
- 47 - 84 cm : Horizon en voie de durcissement. Des parties indurées brun rouille foncé, des parties friables jaune beige et rouille, limono-argilo-sableux, riches en micas.
- 84 - 220 cm : Zone d'altération gris beige, plus jaune blanchâtre vers la base, sablo-limoneux, gorgé d'eau, facilement pénétrable à la tarière. Nombreux cristaux de micas, de feldspath altéré et de quartz dont le litage est nettement visible à la base.

Pédogénèse.

Ce sol est situé sur un versant formé par une roche peu altérable, proche de la surface et provoquant ainsi une remontée de la nappe phréatique coulant dans la zone d'altération. Ceci explique les processus d'évolution hydromorphique.

Il est de plus situé à quelques mètres au-dessous d'une cuirasse riche en fer. Or dans ces cuirasses le fer est en général peu fixé et relativement soluble. L'eau de la nappe est donc à ce niveau très riche en fer. Ceci explique les importants phénomènes de redistribution de cet élément.

Juste après la cuirasse il y a un léger replat avec des sols assez profonds et riches en matière organique. Ceci favorise la mise et le maintien en solution des composés ferreux. Sur la pente la nappe remonte beaucoup plus près de la surface et la teneur en matière organique des sols est beaucoup plus faible. Il y a alors une oxydation des composés du fer qui dans les conditions de concentration et de pH précipitent, provoquant la formation de concrétions et un début de cuirassement.

Type génétique de sol: sol hydromorphe minéral à pseudogley à concrétions et carapace sur migmatite.

Importance géographique -- utilisation

Ce type de sol n'a été observé qu'en un endroit.

Il faut le laisser en végétation naturelle qui couvre bien le sol. la présence de la nappe à faible profondeur et le durcissement des horizons étant défavorables au reboisement.

2.5.3.3.3.- A cuirasse.

Profil BS 75

Date d'observation : 27/4/67

Conditions atmosphériques : beau temps. Début de saison sèche.

Emplacement du profil :

site : pente de 6 ‰

situation : bordure d'une cuvette située sur un plateau.

Erosion : en nappe légère

Occupation du sol: Prairie à Hyparrhenia recouvrement de 5 %.

Roche-mère : migmatite

Description du profil :

0 - 18 cm : Horizon gris clair (10 YR 6/1) limoneux, sec, meuble, de structure grumeleuse fine à grossière. (Entre les agrégats une partie de l'horizon est particulière). Racines assez nombreuses. Cristaux de quartz, nombreuses concrétions durcies. Horizon légèrement poreux, les pores étant formés par les passages des racines mortes.

18 - 46 cm : Horizon gris clair (10 YR 7/1), limoneux, peu frais, extrêmement ferme, de structure primaire continue, secondaire polyédrique moyenne à grossière. Quelques rares racines. Cristaux de quartz, très nombreuses concrétions rouilles bordées de noir, très dures. Ces concrétions occupent 50 % de l'horizon.

à 46 cm une cuirasse très dure difficilement cassable au piochon.

Pédogénèse.

L'évolution de ce sol est dominé par l'action de l'eau, celle-ci provoquant une redistribution importante du fer avec cuirassement.



Prairie à Hyparrhenia
sur plateau



Prairie à Hyparrhenia
au niveau de la rupture de pente



Prairie très dégradée à Aristida
sur pente



Amphithéâtre presque fermé sur pente, com-
muniqant avec le bas-fond en contrebas
par un étroit verrou



Lambeau d'alluvions anciennes
de niveau II en bordure de
Ithazomay



Cuirasse affleurant
sur la pente



Parcelle labourée sur un plateau



Culture de manioc de dix-huit mois

3. - Essai de synthèse.

Dans ce chapitre nous allons étudier les sols non plus dans le cadre d'une classification, mais dans les unités qu'ils forment dans le paysage.

3.1.- Les sols de plateaux.

3.1.1.- Cas général

Les plateaux sont occupés par des sols ferrallitiques moyennement désaturés typiques modaux à faciès steppisé. Leur formation est certainement complexe et s'est déroulée au cours de plusieurs phases climatiques. Les observations que nous avons effectuées ne nous permettent pas de déterminer ces phases ni de connaître les différentes formations végétales qui occuperont la région au cours de ces différentes phases. Nous admettons avec les botanistes et les phytosociologues qui ont travaillé et qui travaillent encore à Madagascar que l'avant dernière phase fut une phase forestière et qu'elle a été remplacée par la phase actuelle. Nous pensons que ce changement est ancien (voir page 30).

Shématiquement nous pouvons dire que les sols des plateaux ont évolué :

- sous forêt :

Etant donné le temps d'évolution et les conditions de roche, de climat et de végétation il s'est sans doute formé des sols ferrallitiques typiques modaux.

- sous prairie graminéenne

A un certain moment un déséquilibre climatique provoque la disparition de la forêt et son remplacement par une steppe graminéenne. Ce déséquilibre climatique joue de deux façons :

+ Apparition d'une saison sèche absolue de plusieurs mois que provoque un dessèchement total du sol sur un à deux mètres de profondeur :

+ Modification du cycle des bases et de la répartition de la matière organique.

Ces deux facteurs modifient l'évolution du sol en surface. (L'évolution reste certainement la même en profondeur). Les sols ferrallitiques se "steppisent".

3.1.2.- Cas particuliers

Des hauteurs, dominant les plateaux de quelques dizaines de mètres, et des petites cuvettes existent parfois. Dans ce cas les sols observés sont différents.

3.1.2.1.- Les hauteurs.

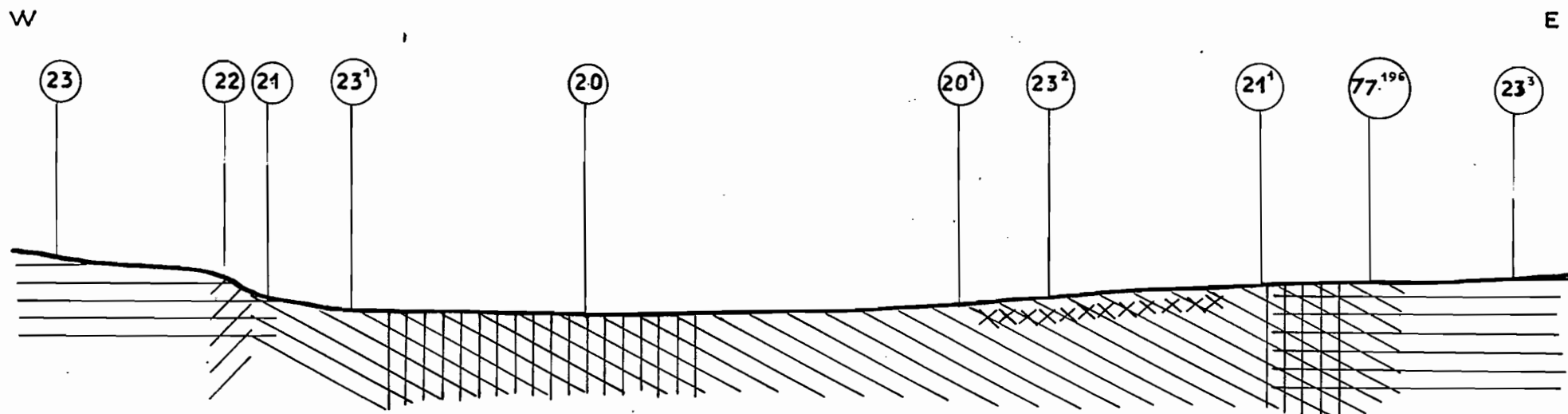
- Certaines sont dues à la présence de filons de quartz importants. Les conditions de roche mère ^{sont} telles qu'il ne peut s'y former des sols évolués. C'est le domaine des sols minéraux bruts squelettiques.

- D'autres sont formées par des zones de migmatites à grains fins résistant mieux que les migmatites formant l'ensemble du socle à l'altération. L'évolution est également freinée, mais beaucoup moins que sur quartz. Il se forme alors des sols ferrallitiques faiblement désaturés.

3.1.2.2.- Les cuvettes.



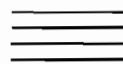
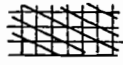
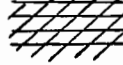
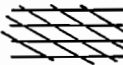
La description générale des cuvettes est donnée page 22

COUPE SCHEMATIQUE DE LA CUVETTE DECRIE EN EXEMPLE



Echelle : 1cm représente 6,5m en abscisse et 3,25m en ordonnée .

LEGENDE

②①	profil décrit		hydromorphe minéral à pseudo-gley .
XXXX	cuirasse		hydromorphe moyennement organique .
	ferrallitique typique .		ferrallitique hydromorphe .
	ferrallitique tronqué .		
	ferrallitique à faciès hydromorphe .		

Dans ces cuvettes existent des chaînes de sols caractéristiques. Nous allons en étudier une à titre d'exemple.

- Description de la cuvette :

Voir le schéma ci-contre :

Un fait frappant est la dissymétrie très nette. La pente du bord nord est beaucoup plus forte que celle du bord sud (30 % au lieu de 5 %).

- Principaux sols rencontrés.

Du Nord au Sud, sur 150 mètres, environ, nous rencontrons les sols suivants.

+ Sur le plateau : un sol ferrallitique typique modal steppisé (formé en conditions normales). (Profil 23).

+ A mi-pente : un sol ferrallitique tronqué (Profil 22).

+ Sur la partie inférieure de la pente : un sol ferrallitique à faciès hydromorphe, l'hydromorphie se traduisant par une dominante jaune dans la couleur du profil (Profil 21). Au niveau de ce profil la zone de départ du matériau originel est très proche de la surface (60 cm environ).

+ En bas de pente : un sol hydromorphe minéral à gley d'ensemble formé sur migmatite recouverte de colluvions. La zone d'altération de la roche en place apparaît à 70 cm. La nappe phréatique est à 130 cm de profondeur.

+ Au centre de la cuvette : un sol hydromorphe moyennement organique à gley de surface. La nappe phréatique est à 45 cm de profondeur.

+ Sur le bord opposé, en remontant la pente : un sol hydromorphe minéral à pseudo-gley à cuirasse et concrétions, un sol ferrallitique hydromorphe à pseudo-gley à concrétions, un sol ferrallitique sur plateau. Les passages entre les différents sols sont très progressifs.

- Commentaires

La présence de la cuvette a totalement modifié l'évolution des sols du plateau, modification due à la présence d'eau à faible profondeur. Suivant la position du sol dans la cuvette, l'hydromorphie se manifeste de différentes façons.

+ Versant Nord

Sur la partie inférieure du versant Nord, dont la pente est assez forte, on passe très rapidement des sols ferrallitiques aux sols hydromorphes. Il existe cependant un faciès d'hydromorphie traduisant un état d'hydratation du profil (Profil 21).

+ Cuvette proprement dite.

C'est le domaine des sols hydromorphes. L'hydromorphie se traduit ici par deux phénomènes.

- Accumulation de matière organique peu décomposée en surface.

- Action sur l'état des oxydes de fer et de manganèse présents dans le sol, aboutissant à la formation d'horizon de gley, de concrétions et de cuirasse.

Ces deux phénomènes ne sont pas également répartis.

Là où la nappe phréatique remonte très près de la surface et où l'engorgement est total une bonne partie de l'année il y a à la fois accumulation de matière organique en surface et réduction des oxydes de fer en profondeur. C'est ce qui se passe au centre même de la cuvette il se forme un sol hydromorphe moyennement organique à anmoor acide.

Par contre sur les parties périphériques la nappe est assez profonde. L'action de l'eau se réduit à une réduction et une redistribution des oxydes de fer et de manganèse. Étant donné la dissymétrie Nord -Sud de la cuvette cette action est différente suivant les endroits considérés : dans la partie Nord et dans le centre les phénomènes de réduction sont plus importants que les phénomènes de réoxydation; par contre dans la partie Sud les phénomènes de réoxydation sont très importants et il se forme des concrétions et des cuirasses. On peut expliquer ce fait de la façon suivante :

Dans la partie Nord l'eau arrive de la profondeur de la zone d'altération; elle est très peu oxygénée et n'entre pas en contact avec l'atmosphère. Les phénomènes de réduction et de mise en solution dominant.

Dans la zone centrale la nappe se rapproche de la surface et affleure même pendant la saison des pluies. Cependant le milieu reste encore réducteur, à cause de la présence, en grande quantité, de matière organique.

Dans la partie Sud la teneur en matière organique diminue, la nappe phréatique est proche de la surface. De plus, et surtout, c'est de ce côté que l'eau s'évacue par la pente voisine. À cet endroit l'eau circule, se réoxygène et les phénomènes d'oxydation deviennent importants. Le fer, qui est en grande quantité, passe à l'état ferrique, se concentre et précipite, donnant naissance à des concrétions et des cuirasses. Ces processus se matérialisent sur une soixantaine de mètres environ. Nous avons dans la partie Sud, à partir du centre :

- . Un sol à gley (profil 20)
- . Un sol meuble, riche en concrétions, avec un début d'induration dans la masse vers 60 cm (201)

- . Un sol à cuirasse continue très dure (232)
- . Un sol riche en concrétions avec des blocs indurés entre 30 et 60 cm (211)

+ Versant Sud.

La pente de ce versant est beaucoup moins forte que celle du versant Nord. Le passage des sols hydromorphes aux sols ferrallitiques est très progressif et se fait par l'intermédiaire de sols ferrallitiques hydromorphes.

3.2.- Les sols de versants

3.2.1.- Cas général:

Sur les versants un nouveau facteur très important participe à l'évolution des sols : l'érosion. Les sols formés diffèrent suivant l'importance de l'érosion et l'époque à laquelle cette érosion s'est effectuée.

- Lorsque l'érosion est récente ou actuelle nous avons des sols ferrallitiques érodés, l'épaisseur de la troncature étant variable. Parfois l'érosion n'a emporté que l'horizon humifère de surface, parfois elle a emporté une partie de l'horizon de concentration des sesquioxydes, parfois enfin tout le sol proprement dit a été enlevé et la zone d'altération poudreuse riche en minéraux de la migmatite en place affleure.

- Lorsque l'érosion, après une phase accélérée pendant laquelle le sol a été décapé jusqu'à l'horizon C redevient normale, c'est-à-dire qu'il s'établit un équilibre entre les phénomènes d'approfondissement du sol et les phénomènes d'enlèvement il se forme deux types de sols différents.

- Les sols peu évolués d'origine non climatique sur zone de départ ferrallitique : la reprise d'évolution du sol est récente, l'horizon supérieur est peu épais et repose directement sur la zone de départ ferrallitique.

- Les sols ferrallitiques rejeunis : la reprise d'évolution des sols est plus ancienne. Le sol se présente sous la forme d'un profil complet, avec un horizon humifère bien marqué, un horizon de concentration des sesquioxides peu épais, une zone de départ importante. Ils diffèrent cependant des sols ferrallitiques typiques:

- + Présence de minéraux non altérés très haut dans le profil.
- + Rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de l'ordre de 1,8, alors qu'il est de 1,5 dans les sols ferrallitiques typiques des plateaux.
- + Présence d'Illite dans les argiles.

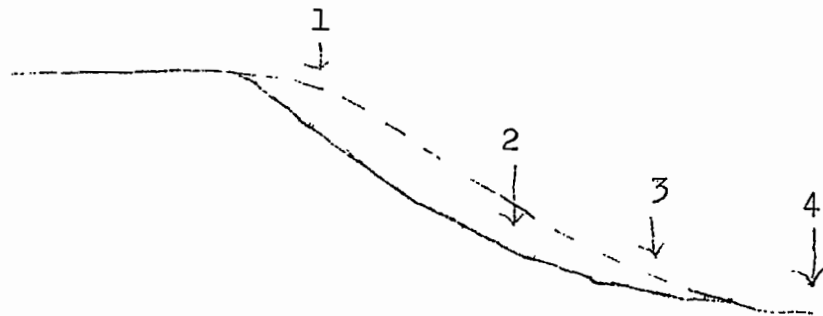
Tous ces caractères sont signes de l'état de jeunesse du sol.

3.2.2.- Cas particuliers

Ils sont au nombre de deux.

3.2.2.1.- Décrochement sur un versant.

Les décrochements sont nombreux, mais ils n'affectent que de faibles superficies. Ils se présentent en général de la façon suivante:



En 1 se trouve un sol ferrallitique tronqué

En 2 un sol ferrallitique tronqué avec en général quelques marques d'hydromorphie très faibles en profondeur (Profil 17¹)

En 3 le profil se présente de la façon suivante (Profil 18)

- eau en surface
- un horizon humifère gorgé d'eau, gris noir, de 10 à 20 cm d'épaisseur.
- un horizon gris de 50 à 80 cm d'épaisseur
- un horizon rouge orangé parfois très épais.

Le passage de l'horizon gris à l'horizon rouge est progressif et entre les deux il y a une zone intermédiaire rouge avec des taches grises. Nous pensons que la formation de ce type de sol, que nous avons observé sur une tranchée, peut s'expliquer de la façon suivante :

Le glissement de terrain provoque un décrochement du sol, une partie des sols du versant se retrouvant en bas de pente. L'horizon rouge de concentration des sesquioxydes se trouve donc au niveau du bas-fond.

En même temps l'horizon supérieur se trouve au niveau de la résurgence de la nappe phréatique qui sourd de la zone d'altération. La partie supérieure du profil s'engorge donc rapidement, le sol prenant des caractères de sol hydromorphe dans les horizons supérieurs.

La pente étant encore légère, l'eau ne s'accumule pas. Les horizons inférieurs ne sont pas engorgés et les caractères d'hydromorphie n'apparaissent pas. Il est probable qu'ils apparaîtront au bout d'un temps plus ou moins long, le milieu riche en fer favorisant l'apparition de ces caractères.

Le sol que nous venons de décrire est un sol hydromorphe minéral à stagno-gley de surface.

En 4 se trouve un sol hydromorphe moyennement organique.

3.2.2.2.- Chaîne particulière liée à l'existence d'une roche sous-jacente plus difficilement altérable.

- Description du versant

Voir schéma

- Principaux sols rencontrés.

Les sols observés sur cette séquence se succèdent ainsi :

+ Sur le plateau : un sol ferrallitique typique, légèrement orangé, avec des concrétions durcies brun-rouille entre 13 cm et 200 cm (Profil 47)

+ Un peu plus bas, sur pente encore faible (de l'ordre de 12 %) : un sol ferrallitique orangé à cuirasse très dure à partir de 120 cm (Profil 41).

+ Au niveau de la première rupture de pente : une cuirasse ferrugineuse, extrêmement dure de 75 cm d'épaisseur environ. (Profil 471).

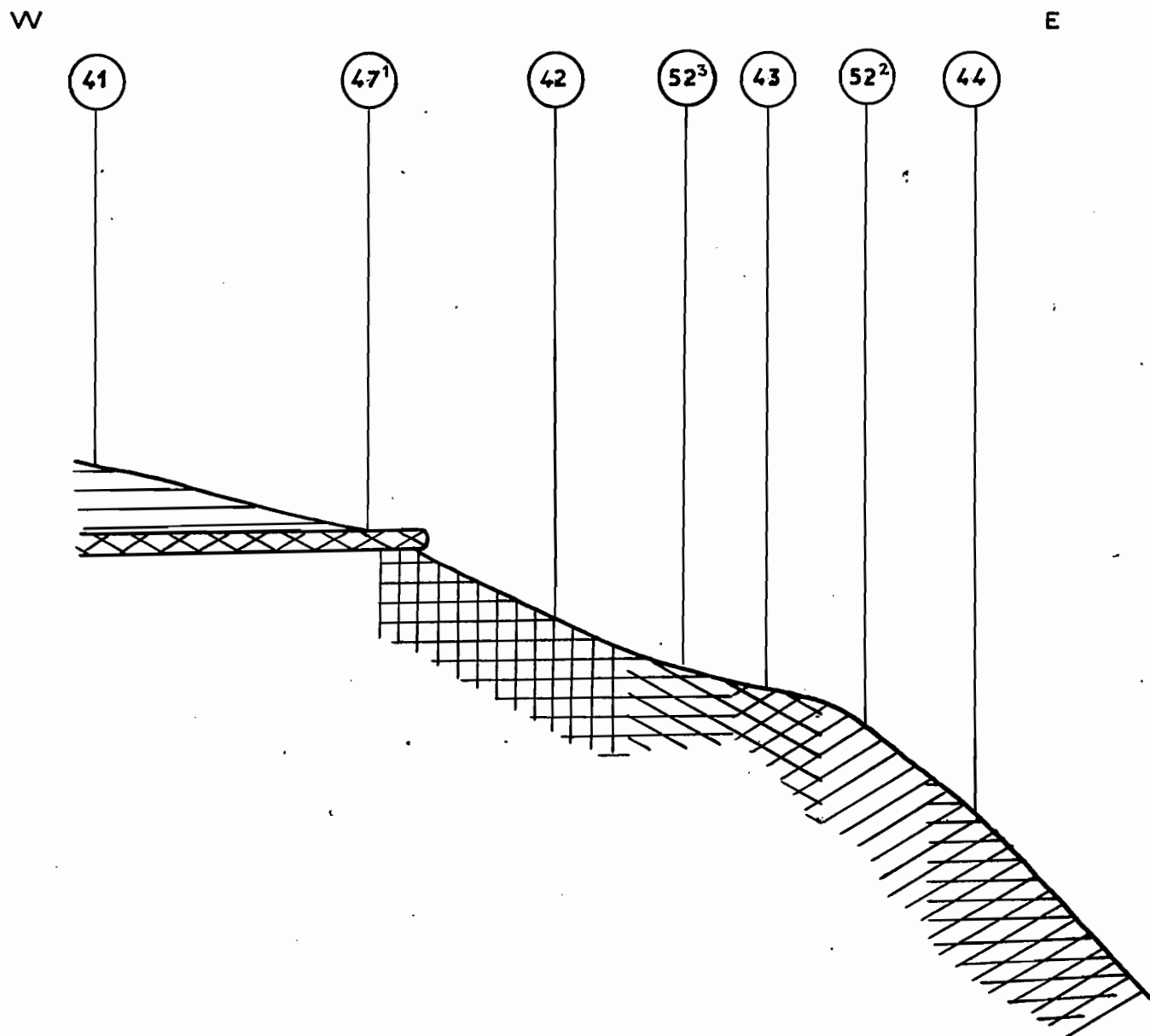
+ Entre la cuirasse affleurante et le replat un sol ferrallitique jaune, riche en concrétions ferrugineuses.

+ Sur le replat : un sol ferrallitique fortement désaturé humifère sur la partie supérieure, un sol hydromorphe minéral à gley sur la partie inférieure.

+ Au niveau de la deuxième rupture de pente : un sol hydromorphe minéral à pseudo-gley, à cuirasse et concrétions.

+ Sur le versant à pente très forte sous la deuxième rupture de pente : un sol ferrallitique rajeuni hydromorphe à pseudo-gley.

COUPE SCHEMATIQUE DE LA TOPOSEQUENSE AVEC CUIRASSE

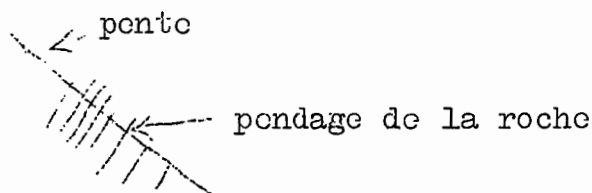


Echelle : 1 cm représente 2,5 m en abscisse et 1,25 m en ordonnée .

LEGENDE	
<p>④① profil décrit</p> <p>××× cuirasse</p> <p>≡≡≡ ferrallitique moyennement désaturé typique induré .</p> <p>▣▣▣ ferrallitique à faciès hydromorphe hérité .</p> <p>▤▤▤ ferrallitique fortement désaturé humifère .</p>	<p>▥▥▥ hydromorphe minéral à gley à anmoor acide .</p> <p>▧▧▧ hydromorphe minéral à pseudo-gley à cuirasse et con- crétions .</p> <p>▨▨▨ ferrallitique rajeuni hydro- morphe .</p>

- Commentaires.

L'existence de cette séquence sur pente, où les phénomènes d'hydromorphie jouent un rôle principal est nous l'avons vu, due à l'existence d'une roche sous-jacente difficilement altérable. Cette roche étant proche de la surface, l'eau qui circule dans la zone d'altération sur le plateau passe obligatoirement très près de la surface et engorge le sol sur la pente. Cette accumulation de l'eau est encore accentuée par le pendage de la roche, qui est opposé à la pente du versant.



C'est aussi cette roche qui provoque les ruptures de pente et la formation du petit replat au milieu du versant.

L'évolution de la séquence est dominée par des processus de redistribution des oxydes de fer et de manganèse. Nous pensons qu'à ce point de vue elle peut être divisée en deux parties comprenant.

- le sol de plateau, le sol cuirassé, la cuirasse affleurante et le sol ferrallitique jaune pour la première.

- le sol ferrallitique humifère, les sols hydromorphes et le sol ferrallitique hydromorphe pour la deuxième.

Les phénomènes de cuirassement sont anciens et actuellement arrêtés dans la partie supérieure de la séquence, alors qu'ils sont actuels dans la partie inférieure.

On peut supposer qu'autrefois la pente était régulière et qu'il n'y avait qu'une seule rupture de pente au niveau de la cuirasse

affleurant actuellement (ou alors que la vallée était moins profonde). Il s'est alors formé à ce niveau une cuirasse (voir page 97).

L'érosion ayant repris, le versant se creuse, mais la présence d'un filon plus dur provoque la formation d'un replat et d'une nouvelle rupture de pente très accentuée. Dans le creux du replat s'accumulent les éléments entraînés de la partie supérieure (éléments du sol et débris de cuirasse) qui forment ainsi un dépôt colluvial. Sur ce dépôt, meuble et riche en eau (la nappe reposant sur la roche mère est proche de la surface) s'installe une végétation importante. Dans la partie la plus élevée se développe un sol ferrallitique très riche en matière organique, très désaturé car formé ici sur un matériau colluvionné, déjà lui-même très désaturé. L'action de la nappe phréatique ne se fait sentir qu'en profondeur. Par contre dans la partie la plus basse du replat, où les colluvions sont moins épaisses, la nappe remonte beaucoup plus haut dans le profil et c'est l'hydromorphie qui devient le caractère prédominant dans l'évolution du sol. C'est alors le domaine des sols hydromorphes minéraux à gley de profondeur.

Au niveau de la rupture de pente, où la roche mère est très proche de la surface, la nappe est presque affleurante et s'enrichit en oxygène. Or, dans le milieu ferrallitisant où nous nous trouvons l'eau est riche en fer. Cette rupture de pente est, de plus, située au-dessous de l'ancienne cuirasse, dans laquelle le fer n'est pas entièrement fixé et se mobilise facilement. La coexistence des deux phénomènes (réoxygénation de la nappe et eau riche en fer) provoque une réoxydation du fer qui précipite : il se forme ainsi un sol hydromorphe minéral à pseudo-gley à cuirasse et concrétions.

3.3.- Les sols de bas-fonds.

Les bas-fonds et les vallées étant par leur position topographique les lieux d'accumulation de l'eau et des éléments solides transportés (alluvions et colluvions) les deux facteurs pédogénétiques les plus importants seront :

- le facteur eau
- le facteur âge

Cependant, l'hydromorphie imprimant très rapidement ses caractères sur un sol, c'est le facteur eau qui l'emportera dès que la nappe sera présente, même dans des matériaux très récents.

3.3.1.- Sols formés sur matériaux d'apport récent.

Deux cas sont à considérer :

3.3.1.1.- Les matériaux d'apport récents ne subissent pas l'action de la nappe phréatique.

Nous sommes dans le domaine des sols minéraux bruts et des sols peu évolués d'apport. Pour distinguer ces deux classes nous nous sommes servi des caractères morphologiques du profil.

- Les sols minéraux bruts sont les sols qui n'ont pas d'horizon supérieur bien individualisé, structuré par l'action d'un système racinaire important. La présence de matière organique n'a pas été jugée être un facteur suffisant pour parler de début d'évolution, car il est souvent difficile dans le cas des colluvions et des alluvions latérales de savoir si elle provient d'une accumulation sur place ou d'un transport avec le matériau originel.

- Les sols peu évolués d'apport sont ceux qui ont un horizon humifère structuré bien individualisé. Ils existent sur des matériaux couverts par une végétation importante. L'apport du matériau originel doit être un peu plus ancien que dans le cas précédent.

3.3.1.2.- Les matériaux d'apport récent subissent l'action de la nappe phréatique.

Les sols observés sont différents suivant qu'ils se forment sur alluvions latérales ou sur alluvions fluviales.

- Les alluvions latérales.

Elles se déposent dans les bas fonds dont un des versants est attaquée par un lavaka. Quand l'épaisseur des alluvions est grande nous avons des sols minéraux bruts ou peu évolués d'apport. Mais en général l'épaisseur n'est pas constante et va en diminuant latéralement et vers l'aval du bas-fond.

La nappe remonte alors de plus en plus dans le profil et nous passons insensiblement à des sols peu évolués à faciès hydromorphe, à des sols peu évolués hydromorphes à pseudo-gley de profondeur, enfin à des sols hydromorphes à pseudo-gley d'ensemble.

Il arrive en plus fréquemment que dans les parties basses des bas-fonds les alluvions de faible déplacement soient recouvertes par la nappe phréatique qui sourd de la partie amont, souvent beaucoup plus haute (La pente des bas-fonds est, nous l'avons vu, assez forte). L'hydromorphie se traduit alors de façon différente : en surface se développe un horizon réduit grisâtre très riche en racines encore vivantes. Les horizons profonds sont très peu marqués par l'hydromorphie. Ces sols, une fois drainés, reprenant en quelques semaines la couleur rouge du matériau originel. Nous les avons classés dans les sols hydromorphes minéraux à stagno-gley de surface.

- les alluvions fluviatiles. .

+ les alluvions des ruisseaux de faible importance sont en général homogènes (peu de variations latérales de faciès) et le passage progressif que nous avons vu pour les sols formés sur alluvions latérales s'y observe également. Le dernier cas décrit (sol hydromorphe minéral à stagno-gley de surface) n'existe pas.

Il arrive parfois que ces alluvions subissent une hydromorphie de surface, dans le cas où l'homme les a utilisées pour installer des rizières. La submersion n'est pas permanente aussi ne se forment ni l'horizon organique vivant (qui évoluera sans doute avec le temps vers un horizon tourbeux) ni l'horizon de gley de surface. Dans ce cas le sol est hydromorphe minéral à pseudogley de surface. Le pseudogley est d'origine anthropique.

+ Les alluvions de l'Ithazomay présentent des variations latérales de faciès dont dépendent les sols. On y distingue souvent un bourrelet de berge et une cuvette latérale de débordement. La texture du bourrelet de berge est moyenne à grossière, celle des dépôts de la cuvette latérale fine à très fine. De plus le bourrelet de berge est en général bien drainant et élevé au-dessus de la nappe phréatique, alors que la cuvette latérale est basse, à un mauvais drainage interne et accumule les eaux de débordement, de pluie et de ruissellement. Nous passons rapidement d'un sol minéral brut sur le bourrelet de berge à un sol hydromorphe minéral à gley de profondeur ou à gley d'ensemble dans la cuvette.

3.3.2.- Sols formés sur matériaux anciens.

L'évolution de tous ces sols/^{est}dominée par l'action de l'eau.

La plupart d'entre eux est gorgée d'eau toute l'année. Certains, cependant subissent l'action d'une nappe phréatique, de profondeur variable.

- Quand les sols sont gorgés d'eau toute l'année des sols hydromorphes organiques ou moyennement organiques, acides, se développent.

+ S'ils sont formés sur migmatite en place, en général surmontée par une zone de départ ferrallitique, les minéraux en voie d'altération des horizons profonds gardent leur forme primitive mais sont blanchis par entraînement du fer. Ce sont alors des sols ayant un horizon humifère plus ou moins épais (de 20 à 30 cm à 200 cm et plus) reposant sur un sable quartzo-feldspathique très blanc, particulière.

La teneur en matière organique et son état d'évolution dépendent de la pente du bas-fond. On rencontre cependant sur ce matériau, essentiellement des sols hydromorphes moyennement organiques à anmoor acide.

+ S'ils sont formés sur matériau argilo-limoneux ce sont les sols que RIQUIER appelle sols de marais ordinaires. Ces sols, à couleur grise d'ensemble, ont un horizon organique épais (au moins 60 cm) qui repose sur un horizon de gley. Ils se trouvent en général dans les parties les plus basses et sont souvent très organiques.

- Quand les sols ne sont pas gorgés d'eau toute l'année, ce sont des sols hydromorphes minéraux à gley d'ensemble. On les rencontre sur des zones légèrement surélevées, qui correspondent à des affleurements de roches un peu plus dures. Ils sont donc formés sur migmatite et l'horizon humifère repose en général sur un horizon blanchâtre sableux quartzo-feldspathique.

Il arrive même que dans certains bas-fonds il y ait des bombements assez prononcés, sur lesquels la nappe n'a pas d'action. C'est alors le domaine des sols hydromorphes minéraux à gley ou pseudo-gley, ou des sols ferrallitiques hydromorphes. Dans ce cas les caractères d'hydromorphie sont hérités d'une époque plus ancienne au cours de laquelle le niveau de base local était plus élevé.

3.4.- Les sols de la zone de contact versant bas fond.

Ces sols dépendent essentiellement du type de contact : ces types sont au nombre de quatre.

- Contact très brusque d'une pente forte et d'un bas-fond à fond plat. Ce sont les plus fréquents.
- Contact par l'intermédiaire d'un petit ruban colluviale (Rare).
- Contact très progressif d'un versant en pente douce ayant atteint son profil d'équilibre et d'un bas fond assez large en général.
- Contact par l'intermédiaire d'un décrochement plus ou moins important sur le versant.

Dans le premier cas (contact très brusque) on passe très rapidement et presque sans intermédiaires du complexe de pente aux sols hydromorphes du bas-fond.

Dans le second cas (existence d'un petit ruban colluvial) nous avons en général la succession suivante :

- Sol ferrallitique fortement tronqué sur pente
- Sol peu évolué sur colluvions ferrallitiques
- Sol peu évolué hydromorphe sur colluvions
- Sol hydromorphe colluvionné en surface
- Sol hydromorphe.

Le passage entre le sol sur pente et le sol peu évolué sur colluvion est très net, alors que le passage entre le sol peu évolué et le sol hydromorphe est très progressif.

Dans le troisième cas, lorsque le versant a atteint son profil d'équilibre et que le contact versant-bas-fond se fait suivant un angle très ouvert nous observons la succession suivante :

- Sol ferrallitique rajeuni ou sol ferrallitique tronqué
- Sol ferrallitique hydromorphe
- Sol hydromorphe minéral
- Sol hydromorphe moyennement organique de bas-fond.

Ici, le passage est toujours très progressif et l'on passe insensiblement du sol ferrallitique au sol hydromorphe de bas fond en ayant toute une gamme d'hydromorphie croissante.

Le quatrième cas a été étudié dans le paragraphe sur les sols de versant (page 162).

3.5.- Conclusions

Au cours du méso-tertiaire une phase de pénéplanation arase le socle cristallin constituant le "Moyen-Ouest" Malgache. Cette pénéplanation aboutit à la formation d'une vaste surface d'érosion où il y a des cuvettes et d'où émergent quelques hauteurs.

Le climat est un climat tropical humide et la végétation est la forêt sempervirente.

Etant donné le temps d'évolution et les conditions pédogénétiques il s'est sans doute développé sur la surface des sols ferrallitiques moyennement désaturés, sur les hauteurs formées par une migmatite plus résistante à l'altération, des sols ferrallitiques faiblement

désaturés, enfin sur les hauteurs dues à la présence de filons de quartz, des sols minéraux bruts. Les cuvettes sont le domaine des sols hydromorphes.

A un certain moment les conditions climatiques changent, il apparait une saison sèche marquée de plusieurs mois. Ce changement climatique est à l'origine de la disparition de la forêt et de la dislocation de la surface d'érosion. Ceci modifie fortement deux facteurs pédogénétiques.

- le facteur végétation
- le facteur topographie

La modification du facteur végétation est surtout importante sur l'évolution des sols des plateaux résiduels, qui ont été peu affectés par l'érosion. La forêt a été en effet remplacée par une steppe graminéenne. La nouvelle végétation provoque une répartition isohumique de la matière organique, une véritable steppisation du sol ferrallitique. Ce processus est encore accentuée par l'existence d'une saison sèche très marquée de 5 mois.

Le facteur topographie à un rôle essentiel sur les versants et dans les bas-fonds.

Sur les versants l'érosion est importante et domine l'évolution des sols. Nous y trouvons des sols ferrallitiques tronqués, des sols ferrallitiques rajeunis et des sols peu évolués sur zone de départ ferrallitique. Il y existe également des chaines de sols particulières liées à des dénivellements ou à l'existence de roche plus dure.

Dans les bas-fonds ce sont les phénomènes d'accumulation qui l'emportent : accumulation d'éléments minéraux, accumulation d'eau. Les matériaux récents d'apport sont le domaine des sols minéraux bruts et des sols peu évolués quand ils sont exondés. Dans tous les

autres cas les bas-fonds sont occupés par des sols hydromorphes, leur caractère minéral, moyennement organique ou organique dépendant essentiellement de leur position topographique.

Le passage des sols de plateaux aux sols de cuvettes se fait progressivement lorsque le contact du plateau et de la cuvette est en pente douce, brutalement lorsqu'il est en pente forte.

Le passage des sols de plateaux aux sols de versants est toujours très progressif: il se fait par une diminution régulière de l'épaisseur de l'horizon humifère, du centre du plateau vers la rupture de pente.

Le passage des sols de versant aux sols de bas-fonds se fait le plus souvent brusquement. Parfois il se fait plus progressivement et ceci dans trois conditions différentes :

- Existence d'un ruban de colluvions à la base du versant.
- Existence de versants ayant atteint leur profil d'équilibre.
- Existence des zones de glissement importantes sur le versant

4. - Principes de cartographie

Pour effectuer la carte au 1/20.000 des sols du secteur étudié nous disposions d'un photoplan redressé par l'I.G.N. (Institut Géographique National).

Nous avons tracé, à partir de ce photoplan un fond planimétrique faisant apparaître les routes, les cours d'eau, les limites de plateaux et les limites de bas-fonds. Ces limites correspondent aux lignes de rupture de pente entre les plateaux et les versants et entre les versants et les bas-fonds. La pente maximum admise pour les plateaux a été de 12 % environ.

Au cours de la tournée sur le terrain nous avons effectué 600 description de profil et 200 sondages environ pour un secteur de 3.600 hectares. Les descriptions de profil étaient faites sur des fosses creusées à la bêche jusqu'à 80 cm puis continuée à la tarière jusqu'à 220 cm environ. Pour certains profils nous sommes descendu jusqu'à 320 cm.

Nous pensons qu'étant donné la topographie des lieux et les renseignements fournis par les photographies aériennes une telle intensité d'observation n'était pas nécessaire.

L'utilisation des photographies aériennes dans les régions à relief accidenté et à faible recouvrement végétal permet en effet une grande précision dans le tracé de la limite des sols, après la mise au point d'un certain nombre de clefs d'interprétation de la photographie.

L'échelle prévue pour la carte était le 1/20.000. Il nous est rapidement apparu qu'il était absolument impossible à cet échelle de faire apparaître les différents sols constituant les bas-fonds, sol qui sont très nombreux et n'occupent en général que de petites surfaces.



BAS-FOND TYPE 1
 Au premier plan lavaka envahi par la végétation
 Au second plan sols formés sur alluvions latérales



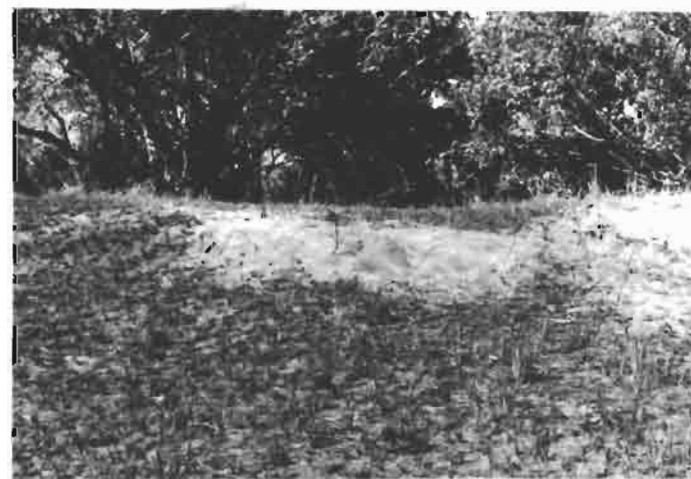
BAS-FOND TYPE 2'
 + Contact bas-fond versant avec décrochement



BAS-FOND TYPE 2²
 + Sol hydromorphe organique o Sol hydromorphe minéral
 Δ Sol ferrallitique hydromorphe



BAS-FOND TYPE 2³
 Sol hydromorphe minéral ; la zone d'altération
 quartzo-feldspathique blanche apparaît nettement .



BAS-FOND TYPE 3
 Sol minéral brut sur bournet de berge



BAS-FOND TYPE 3
 Sol peu évolué hydromorphe

TYPES DE BAS-FONDS

Au 1/20.000 chacun des bas-fonds a été ensuite cartographié comme une juxtaposition de sols et classé dans un des quatre types. Il est bien évident que cette classification n'est pas absolue et qu'elle a été faite suivant un certain nombre de caractères dominants. Il n'est pas exclu par exemple qu'un bas-fond de type 2² ait un de ses versants affecté par un petit lavka ou qu'un bas-fond de type 2¹ soit occupé sur une faible superficie par des sols hydromorphes minéraux formés sur un petit monticule.

Sur les pentes, les variations des sols, liées aux variations des phénomènes d'érosion (variations dans l'intensité ou dans le temps) sont si nombreuses que nous avons adopté la cartographie sous forme de complexe, que ce soit au 1/20.000 ou au 1/5.000.

Pour la différenciation des sols nous avons adopté les divisions suivantes : classe, sous-classe, groupe, sous-groupe, faciès, type et phase. Cependant toutes ces divisions n'ont pas été utilisées pour tous les sols. C'est ainsi que pour les sols ferrallitiques très désaturés humifères nous nous sommes arrêtés au niveau du groupe car ces sols n'occupent qu'une très faible superficie et qu'une différenciation plus fine n'était pas représentable, alors que pour les sols ferrallitiques moyennement désaturés typiques modaux à faciès steppisé nous sommes allés jusqu'à la phase.

Enfin nous avons indiqué sur les cartes au 1/5.000 et au 1/20.000 la position de la séquence de pente étudiée en détail, et sur la carte au 1/20.000 la position d'un sol peu évolué d'érosion sur zone du départ ferrallitique.

Les couleurs adoptées sont celles qui nous ont été préconisées par Monsieur ROLDERER.

- le blanc pour les sols minéraux bruts
- le gris pour les sols peu évolués
- les rouges pour les sols ferrallitiques.

- les bleus et les verts pour les sols hydromorphes
 - bleu foncé pour les sols organiques
 - bleu moyen pour les sols moyennement organiques
 - vert pour les sols minéraux.

Pour les complexes de sols nous avons adopté la couleur grise pour les juxtapositions de vallées ou dominant les sols peu évolués; (bas fond type 3), la couleur bleu moyen pour les juxtapositions de bas fonds ou les sols hydromorphes minéraux sont encore bien représentés (bas fond type 2²), la couleur bleu foncée pour les bas fonds ou les sols hydromorphes organiques et moyennement organiques dominant. (bas fond type 2¹). Enfin pour les bas fonds type 1, ou il y a à la fois des sols hydromorphes et des sols peu évolués nous avons adopté la couleur verte.

5. - Utilisation des sols.

5.1.- Classification utilisée

La classification utilisée est voisine de celle mise au point par J. BOSSER, J. RIQUIER et P. ROCHE pour Madagascar et qui a été présentée par J. RIQUIER, à la deuxième conférence Inter africaine des sols à Léopoldville en 1954.

Nous pensons en effet que les aptitudes culturales d'un sol découlent d'un ensemble de facteurs géomorphologique, physique, physico-chimique et chimique. L'effet simultané de ces différents facteurs fait qu'en général le sol est apte à porter un certain nombre de culture et non une seule culture. Il est donc normal que la classification des sols par aptitude culturelle aboutisse à un certain nombre de classes et non pas à une succession de type de sols correspondant à une culture donnée.

Les classes présentées par RIQUIER en 1954 étaient les suivantes :

- Classe I : Pas de mesures antiérosives nécessaires
- Classe II : Sols de bas-fond à nappe phréatique en surface ou proche de la surface.
- Classe III : Sols soumis à l'érosion (pente $< 15\%$) où la mise en culture exige des mesures antiérosives courantes.
- Classe IV : Sols très érodables ou en pente très forte ($> 15\%$) nécessitant de gros travaux antiérosifs : banquettes, murs de soutènement.
- Classe V : Terres caillouteuses ou trop sèche pour être mise en culture, mais propres aux cultures arbustives ou aux pâturages extensifs.
- Classe VI : Sols trop en pente pour être cultivables ou qu'il serait trop onéreux d'aménager pour la culture.

Classe VII : Terre ne convenant ni à la culture, ni au pâturage, à utiliser sous couverture forestière.

Chaque classe est ensuite divisée en sous classe A, B ou C suivant la valeur du sol ou l'ampleur des travaux de mise en valeur à effectuer, la sous classe A étant la meilleure, venant ensuite la sous classe B,...

Sur le secteur nous avons reconnu :

- La classe I que nous avons divisée en classes Ia et Ib, la classe Ia étant formée par les sols sur alluvions récentes, la classe Ib étant formée par les sols sur alluvions anciennes du niveau II plus pauvres chimiquement.
- La classe II que nous avons divisée en classes IIa et IIb, cette distinction portant sur les modalités du drainage. En classe IIa nous avons des sols hydromorphes minéraux facilement drainables, en classe IIb des sols hydromorphes organiques ou moyennement organiques à drainage délicat.
- La classe III qui comprend les sols ferrallitiques de plateau. Nous n'avons pas fait de différence à l'intérieur de cette classe car nous pensons que tous ces sols ont à peu près la même potentialité.
- La classe III.IV. Nous avons fait une classe mixte pour les sols ferrallitiques colluvionnés, les sols ferrallitiques hydromorphes ou à faciès hydromorphes, les sols hydromorphes minéraux à hydromorphie héritée et les sols minéraux bruts ou peu évolués sur alluvions de faible déplacement. En effet tous ces sols méritent, de par leur position privilégiée, d'être mis en culture. Or ils ont des pentes très variables allant de 4 % à 25 %.

Certains nécessitent donc des travaux antiérosifs très importants, d'autre non.

Nous avons en plus divisé cette classe en deux sous classes, suivant les qualités physiques et chimiques, les sols de la sous classe III.IV a étant supérieur à ceux de la sous-classe III.IV b.

- La classe VI comprend les sols ferrallitiques situés sur des plateaux de faibles dimensions et qui sont donc très sensibles à l'érosion.
- La classe VII comprend les sols situés sur les versants à forte pente et sur lesquels dans les conditions démographiques actuelles il ne faut pas faire de culture. (Une culture en terrasse serait envisageable sur les sols ferrallitiques rajeunis sans doute très fertiles si le besoin s'en faisait sentir).

5.2.- Utilisation des principaux sols rencontrés.

Pour faciliter la consultation de cette partie par les utilisateurs nous avons regroupés les sols par grandes unités topographiques, la mise en valeur se faisant dans le cadre de ces unités.

5.2.1.- Les sols de plateau.

A l'exception des sols de cuvettes, que nous conseillons de laisser en végétation naturelle, les sols de plateau sont des sols ferrallitiques steppisés. Nous n'avons pas fait de différence entre les sols ferrallitiques faiblement désaturés de la colline d'Imchy et les sols moyennement désaturés du reste du secteur car les premiers ne couvrent qu'une faible superficie et nous pensons en outre qu'ils doivent être conduits de la même façon que les seconds.

Pour l'utilisation nous avons séparés les sols de plateau en deux classes, la différenciation étant faite d'après l'épaisseur de l'horizon humifère structuré de surface, épaisseur liée aux processus d'érosion.

Nous avons groupé les sols dont l'horizon humifère a une épaisseur supérieure à 8-10 cm d'une part, inférieur à 8-10 cm d'autre part. Ces derniers correspondent en général à des zones de pente de l'ordre 10 à 15 % ou alors à des plateaux de petite superficie qui sont plus facilement érodés. Ils sont en général à l'heure actuelle sous végétation graminéenne naturelle.

Les premiers constituent la classe III, les seconds la classe VI.

5.2.1.1.- Les sols de la classe III.

Ils occupent la presque totalité des plateaux et sont actuellement tous mis en valeur dans un dispositif anti-érosif, à l'exception d'un plateau se trouvant dans la partie Sud Ouest du périmètre. Ce sont sur ces sols que porte actuellement la majeure partie des efforts de mise en valeur du "Moyen-Ouest"; nous en avons pour cette raison fait une étude agronomique plus précise. (voir la deuxième partie de ce rapport : Evolution des sols sous culture. Fertilisation). Nous allons donner ici les conclusions de cette étude et essayer d'en tirer des méthodes pour la mise en valeur.

5.2.1.1.1.- Etat des sols avant et après culture

- Les sols ferrallitiques des plateaux présentant les caractéristiques suivantes :

+ physiquement ils présentent sur environ 15 centimètres, d'épaisseur un horizon humifère bien structuré. Il n'y a pas de discontinuité nette entre l'horizon humifère grumeleux et l'horizon sous-jacent.

+ chimiquement ce sont des sols dont le pH est voisin de 5,5, très faiblement carencés en potassium et sans doute très faiblement carencés en phosphore, mais par contre fortement carencés en azote (méthode des courbes de réponse).

Les carences en calcium et magnésium n'apparaissent pas.

- Après mise en culture nous observons les transformations suivantes :

+ Au point de vue physique on assiste à une dégradation de la structure, à la formation d'une discontinuité très nette entre l'horizon labouré et l'horizon sous-jacent avec parfois individualisation d'une véritable semelle de labour à structure lamellaire, à peu près impénétrable aux racines.

L'horizon exploité par les racines de manioc et de maïs est réduit à l'horizon labouré.

+ Au point de vue chimique il faut considérer 2 cas :

- la culture se fait avec restitution des pailles.

Dans ce cas la teneur en matière organique change peu, le rapport C/N diminuant légèrement (passage de 13-14 à 11-12).

La teneur en phosphore assimilable (Truog) augmente légèrement

Les teneurs en bases échangeables diminuent fortement, surtout celles en calcium et magnésium.

On assiste aussi à une baisse très dangereuse du pH, de l'ordre de une unité.

- la culture se fait sans restitution des pailles.

Ce que nous venons de dire reste valable, ^{si} ce n'est pour la matière organique dont le taux diminue rapidement.

Après quelques années de mise en culture sans mesures spéciales nous assistons donc à une dégradation du potentiel de fertilité du sol, cette dégradation étant beaucoup plus importante sur les plateaux étroits. En effet dans ce cas la destructuration du sol provoque, malgré la mise en courbe de niveau, une érosion très importante qui se fait par les parties latérales des parcelles. Comme il est difficile d'éviter cette érosion nous pensons que ces plateaux doivent être réservés aux prairies ou au reboisements.

5.2.1.1.2.-- Mesures à respecter pour la mise en culture.

Pour éviter les dégradations chimiques et physiques, la mise en culture des terres de plateau ou la poursuite des cultures déjà commencées devront suivre un certain nombre de règles.

- Etant donné la topographie et l'agressivité érosive du climat, aucune culture ne doit être envisagée avant l'installation préalable d'un système anti-érosif.

- La quantité de terre exploitée par les racines se réduisant à peu près à l'horizon labouré, on aura intérêt à faire des labours profonds de l'ordre de 30 cm. L'approfondissement ne doit pas être fait en une seule fois, mais progressivement. Ceci est facilité par le fait que la texture de l'horizon supérieur et celle de l'horizon sous-jacent sont très voisines.

Le labour provoque souvent la formation d'une semelle compacte. Il n'est pas possible à l'heure actuelle de remplacer le labour par une autre façon culturale (pseudo-labour par exemple) étant donné l'importance des résidus de récolte à enfouir. Nous pensons qu'il serait intéressant de faire des essais de sous-solage sur des parcelles très atteintes par des semelles de labour. Le sous-solage devrait être effectué en fin de saison sèche afin de provoquer l'éclatement et l'émiettement de l'horizon durci.

- Pour éviter une dégradation trop importante de la structure il est indispensable de prévoir une rotation sur les parcelles cultivées. Jusqu'à présent aucune des rotations effectuées ne permet le maintien de la stabilité structurale qu'a le sol sous prairie naturelle. Cependant une rotation de 7 ou 8 ans comportant au moins trois années de prairies à base de graminées maintient la structure dans un état tout à fait acceptable.

- Il faut enfin éviter l'appauvrissement en bases et la chute du pH. Pour cela il n'y a qu'un seul moyen : apporter au sol une fumure, qu'elle soit minérale ou organique.

Deux cas sont à considérer.

+ terre déjà cultivée où le pH est actuellement voisin de 4,5.

Dans ces sols il faut relever le pH de une unité environ. Pour ce faire nous pensons qu'il faut un apport de 1500 kg de dolomie à l'hectare soit 31 kg de Ca et 270 kg de Mg. Une tonne de fumier de bonne qualité à la Sakay apporte environ 2 kg de Ca et 1,7 kg de Mg. Il faudrait donc un apport de 150 T de fumier à l'hectare, ce qui n'est pas envisageable. Une fois le pH corrigé, il faut apporter une fumure de l'ordre de 100 unités de potasse et de 100 unités de phosphore.

En tête de rotation la fumure à apporter serait donc de 40 tonnes de fumier à l'hectare apportant 80 kg de Ca, 68 kg de Mg, 60 unités de phosphore et 100 unités de potassium, compléter par une tonne de dolomie et 100 kg de phosphate bicalcique ou 200 kg de super-phosphate. Cet apport de fumier correspond également à 160 unités d'azote à l'hectare.

Nous pensons que des apports plus importants de fumier seraient une erreur, une grande partie de l'azote apporté étant alors perdue par lessivage.

Une fumure d'entretien organique de 10 à 20 tonnes à l'hectare avant chaque culture avec restitution des résidus de récolte devraient ensuite suffir pendant la rotation.

Pour une ferme de 14 hectares ceci exigerait une production de 200 T de fumier par an.

Dans la mesure où cette production ne pourrait pas être atteinte, ce qui est le cas à l'heure actuelle, il faudrait remplacer la fumure organique par une fumure minérale.

- Défriche récente.

Nous n'avons pas au départ à relever le pH. Les fumures préconisées pour la terre déjà cultivée sont valables, mais il n'est pas utile au départ d'apporter de la dolomie.

Dans les deux cas un contrôle périodique du pH et de la teneur en bases devrait permettre, le cas échéant, de remédier à une diminution de celui-ci et de celles-là.

5.2.1.1.3.- Rotation préconisée.

Cette rotation doit tenir compte des impératifs techniques que nous venons de voir et des impératifs économiques.

- Les impératifs techniques se réduisent à :
 - nécessité dans la rotation d'une prairie de trois ans de graminées ou de graminées et de légumineuses associées.
 - contrôle des pertes minérales par apport d'une fumure organique ou minérale, ou micux organique et minérale associée.

- Les impératifs économiques et financiers.

L'économie agricole de la région étant essentiellement fondée sur la transformation des produits végétaux en viande et les circuits commerciaux étant orientés dans ce sens, les cultures à effectuer sont surtout des cultures d'aliments du bétail.

Les cultures sont essentiellement le maïs et le manioc à l'heure actuelle. Nous pensons que l'introduction de la prairie dans la rotation entre tout à fait dans cet ordre d'idée.

L'assolement devra donc comprendre ces trois spéculations. Nous pensons cependant que l'introduction de deux nouvelles cultures serait intéressante :

- le riz de colline
- l'arachide.

Le riz a une place importante dans l'alimentation. Or les bas-fonds à l'heure actuelle ne sont pas cultivés. La production du riz de colline pourrait donc être un appoint intéressant en attendant une mise en valeur des bas-fonds.

Nous conseillons l'arachide pour une autre raison : la carence la plus importante des sols de la Sakay est une carence en azote. Il serait donc financièrement intéressant de cultiver une légumineuse. Pour le moment cette culture est fortement déconseillée car elle dégrade fortement la structure du sol et elle laisse le sol nu pendant une longue période. Si l'on fait cette culture en association avec une plante qui elle couvrira le sol après l'arrachage de l'arachide, cet inconvénient est en partie pallié. Il faudra faire des études de rotations dans ce sens.

. Rotation préconisée.

- culture associée arachide-manioc
- manioc
- maïs
- riz
- prairie
- prairie
- prairie

5.2.1.2.- Les sols de la classe VI.

Ce sont également des sols ferrallitiques moyennement désaturés typique modaux à faciès steppisé. Cependant ils ont un horizon humifère peu épais, ils sont situés sur des pentes parfois supérieures à 12 % mais en général inférieure à 15 % ou sur des plateaux de petites dimensions qui sont sujets à l'érosion.

Ces sols doivent être cultivés en prairie ou reboisés. Etant donné l'importance que devraient prendre les prairies sur les terres cultivées nous pensons qu'il serait préférable de les reboiser.

Ce reboisement a d'ailleurs une très grande importance et si l'on veut repeupler la région la présence d'arbres est indispensable. Les deux essences à planter sont l'eucalyptus et le pin. Pour le pin il faut planter du pin d'Indochine (*Pinus kashia*) car il résiste mieux à la longue saison sèche.

Dans le cas où les terres seraient mises en prairies nous pensons que la technique d'amélioration des paturages naturels préconisée par l'I.E.M.V.P.T. à Kianjasa, qui est excellente, est tout à fait applicable. Après un certain nombre d'années sous prairie mixte légumineuse-graminée une bonne partie des sols considérés pourront être mis en culture s'il en est besoin.

5.1.2.- Les sols de versants.

Ces sols ont été classés dans la classe VII.

Pendant très longtemps ces sols ont été considérés comme stériles, impropres à toute culture. Ceci est certainement faux, au moins pour ce qui concerne les sols ferrallitiques rajcunis. Ces sols sont en effet moyennement pourvus en bases échangeables et très riches en éléments totaux. Ils sont en général bien structurés.

Cependant, malgré ces conditions de fertilité, dans les conditions démographiques actuelles, nous pensons que ces sols ne doivent pas être mis en culture, étant donné les pentes très fortes des versants sur lesquels ils se trouvent.

Ces sols doivent être reboisés (*Eucalyptus* ou *Pinus kashia*) ou réembroussaillés et ceci pour deux raisons essentielles :

- l'obtention de bois pour les populations locales (construction, feux, etc...)

- l'arrêt de l'érosion sur les pentes qui lorsqu'elle affecte un horizon B désaturé est particulièrement néfaste, les éléments apportés sur les cultures situés dessous étant sans aucune utilité.

Il faut absolument éviter sur ces pentes les feux de brousse et le surpâturage.

5.2.3.- Les sols de bas-fonds.

Ces sols sont, nous l'avons vu, très nombreux. Ils ont été placés dans des classes différentes.

- Les sols minéraux bruts sur bourrelet de berge ont été placés en classe VII. Sur ces sols très sableux et de faible étendue aucune culture n'est possible. Il faut les reboiser quand on le peut, ou les réembroussailler.

- Les sols peu évolués, peu évolués hydromorphes ou hydromorphes à pseudo-gley de surface d'origine anthropique, sur alluvions fluviales récentes ont été placés en classe Ia.

Ce sont de bonnes terres cultivables, avec ou sans irrigation, mais soumises parfois aux inondations, ce qui limite les cultures possibles. On ne peut y faire que des cultures annuelles irriguées ou de décrue.

Le pH est voisin de 5,5, la teneur en éléments assimilables est en général moyenne à faible. On doit noter une carence fréquente en matière organique et en azote. Par contre il y a une forte quantité de minéraux altérables.

L'apport de fumier est à recommander.

La culture à effectuer est le riz essentiellement, étant donné la faible profondeur de la nappe phréatique et les facilités d'irrigation, et les cultures maraichères.

- Les sols ferrallitiques à faciès rouge jaune sur alluvions anciennes de niveau II.

Ils ont été placés dans la classe Ib étant donné leur position plane et leur possibilité d'irrigation.

Ils sont cependant beaucoup plus pauvres chimiquement que les précédents, ce qui justifie leur position en classe Ib.

Ils sont pauvres en phosphore assimilable, en bases échangeables. Ils sont moyennement pourvus en matière organique bien évoluée.

Après une correction des carences par fumure, ces sols seront d'excellents sols de culture pour des plantes annuelles. Pour les arbres la présence d'un horizon argileux plus imperméable vers 40 cm est un facteur limitant.

Les cultures qui nous y préconisons sont des cultures maraichères et vivrières ou du riz. Il vaut mieux cependant planter le riz dans des sols moins favorables à d'autres cultures.

- Les sols hydromorphes minéraux à gley d'ensemble/migmatite, ^{sur} les sols hydromorphes minéraux à stagno-gley de surface et les sols peu évolués hydromorphes sur alluvions de faible déplacement ont été classés en classe IIIa.

Ces sols sont toujours facilement drainables et irrigables.

Ils ont des pH voisin de 5, sont pauvres en phosphore assimilable. La richesse en bases varie suivant que l'on est sur migmatite ou sur alluvions de faible déplacement :

+ sur migmatite les sols sont très pauvres en bases échangeables et sans doute aussi en bases totales (absence de minéraux altérables).

+ sur alluvions de faible déplacement les sols sont encore pauvres en bases échangeables mais ils sont riches en bases totales (présence de minéraux altérables en grande proportion).

La teneur en matière organique bien évoluée est moyenne.

Après une fumure appropriées au type de sol (fumure à déterminer) ces sols doivent être plantés en fourrages.

Suivant la qualité du drainage les espèces à implanter seront :

si le drainage est bon:

Pennisetum purpureum

Trypsacum lacsum

Mucuna utilis

si le drainage est moins bon

Brachiaria rufica

Setaria sphacelata

Ces sols conviendraient également au riz.

- Les sols hydromorphes organiques et moyennement organiques ont été classés en catégorie II b.

Le caractère principal qui doit guider la mise en valeur de ces sols est la présence d'un horizon riche en matière organique actuellement gorgé d'eau en permanence. Cette mise en valeur ne pourra donc pas se faire sans un drainage préalable.

Le drainage des sols hydromorphes organiques doit toujours se faire très progressivement, afin d'éviter la formation d'agrégats organiques hydroboles. La nappe phréatique ne doit pas être rabattue trop rapidement.

Le drainage progressif de la tourbe se traduira par une évolution de la matière organique et par un tassement du sol qu'il est bon de prévoir pour l'installation des systèmes de drainage et d'irrigation.

Ce tassement est variable, mais si nous nous référons à celui obtenu au lac Alaotra à la Somasak il est de l'ordre de 50 à 60 % de l'épaisseur de l'horizon humifère.

Compte tenu de tous ces impératifs nous pensons que dans une première période la plante à cultiver sur ces types de sol est le riz. Après plusieurs années d'évolution on aboutira sans doute à une stabilisation et l'on pourra alors drainer et irriguer de façon plus aisée. A partir de ce moment on pourra envisager d'autres cultures en particulier des fourrages.

Cependant, si, pour des raisons économiques, il faut implanter des fourrages dès le début, *Bracharia mutica* et *Setaria sphacolata* pourront être cultivées avec succès.

Tous ces sols hydromorphes organiques ou moyennement organiques sont très acides et pauvres en phosphore assimilable et en bases. Une correction des carences minérales sera nécessaire si l'on veut obtenir de bonnes récoltes.

- Les sols ferrallitiques colluvionnés (correspondant aux décrochement des bas de versant) et les sols minéraux bruts un peu évolués d'apport sur alluvions latérales ont été placés en classe III-IVa.

Du point de vue physique, ces sols sont les meilleurs de ceux rencontrés sur le périmètre. Ce sont des sols profonds, meubles, alimentés en eau par une nappe phréatique à 1,5 m ou 2 m de profondeur. Le pH est en général bas, de l'ordre de 4,5 à 5. Chimiquement ces sols sont pauvres en phosphore assimilable et en général pauvres en bases échangeables, à quelques exceptions près. Les sols sur alluvions de faible déplacement sont certainement riches en éléments totaux.

La richesse en matière organique est moyenne pour les sols colluvionnés, elle est souvent faible pour les sols sur alluvions de faible déplacement.

Ces sols sont en général à l'abri du vent. Ils sont souvent irrigables.

Très souvent d'important travaux antiérosif seront nécessaires

Nous pensons que leur meilleure utilisation est la culture fruitière. D'après Montagnac la zone de la Sakay serait apte à la culture des agrumes, pruniers, abricotiers, amandiers, avocatiers, manguiers, vignes, ananas, letchis, oliviers, figuiers, et papayers. Nous pensons que les espèces à implanter seraient :

- les agrumes
- les avocatiers
- les letchis

Il est également possible, sur ces sols, de prévoir la culture de caféiers .

- Les sols ferrallitiques hydromorphes ou à faciès hydromorphe, les sols hydromorphes minéraux à hydromorphie hérités, situés sur les bas de pentes équilibrées ou sur des monticules situés dans les bas-fonds ont été classés en classe III-IV b.

Ce sont des sols de faible fertilité chimique, acides, mais leur position topographique les rend intéressants car ils sont irrigables.

Leur teneur en matière organique est faible à moyenne et leur texture est en général bien équilibrée (limon argilo-sableux).

Après un redressement de la fertilité par apport de fumier et d'engrais minéraux (les doses à apporter seront à étudier) et l'installation d'un réseau d'irrigation et de drainage, ces sols seront très intéressants.

Nous pensons qu'ils devront porter essentiellement des cultures fourragères ou maraichères et vivrières. La culture d'ananas peut être envisagée.

Nous venons de voir en détail les possibilités d'utilisation des nombreux types de sol d'un bas-fond. Il n'est pas possible d'envisager dans un bas-fond la mise en valeur d'un sol et de laisser les autres incultes. La mise en valeur d'un bas-fond est un tout qui nécessite toute une série de terrassements de création de réseaux d'irrigation et de drainage. La mise en valeur des bas-fonds a déjà fait l'objet de plusieurs études (20-34).

A l'heure actuelle deux types d'aménagement sont effectués.

- création de un ou plusieurs barrages dans le bas-fond permettant de constituer une réserve d'eau pour l'irrigation, et installation de réseaux d'irrigation et de drainage.

- mise en place à deux ou trois niveaux du bas-fond de drains sur la prairie mouilleuses, drains qui se continueront sur les sols de bas de pente situés en aval où ils serviront de canaux d'irrigation.

Chacune de ces méthodes a ses avantages et ses inconvénients et le choix devra se faire à partir de données d'ordre technique, financier et humain. (Pour plus de détails nous renvoyons l'utilisateur aux ouvrages cités en bibliographie).

Nous insistons cependant sur les points suivants :

- le drainage devra être très progressif en milieu tourbeux
- la pente longitudinale des bas fonds étant forte il faut se méfier des drains centraux qui sont souvent à l'origine d'une érosion intense.

5.3.- Principes de cartographie.

Comme pour la carte des sols, il a été impossible de représenter sur la carte au 1/20.000 les différentes classes des sols des bas fonds. Nous avons donc également adopté la cartographie par bas-fonds types, les 4 types de bas fond définis précédemment étant toujours valables.

- Bas fond type 1 : essentiellement occupé par les sols des classes II a et III-IV a, et parfois par des sols de la classe II b.

- Bas fond type 2¹ : essentiellement occupé par des sols de la classe IIb.

- Bas fond type 2² : tous les sols de bas-fonds y sont représentés

- Bas fond type 3 : essentiellement occupé par des sols de la classe Ia. Des sols de la classe VII sont parfois représentés (bourrelets de berge).

Pour la mise en valeur les bas-fonds les plus intéressants sur les bas fonds type 2², les moins intéressants étant les bas-fonds type 2¹.

Nous avons établis, à titre d'exemple des cartes d'utilisation des sols à l'échelle au 1/5.000 pour chaque bas fond type.

Sur ces cartes chaque classe est représentée par une couleur ou une association de couleurs.

Afin de faciliter la lecture nous avons adopté une couleur par culture.

Ainsi par exemple la classe III.IV b est représentée par un fond orangé, rayé de violet et de bleu. Cela veut dire que dans les conditions actuelles nous pensons que ces sols doivent être surtout plantés en fourrages (orangé) mais que l'on peut également y faire des cultures maraichères et vivrières (violet) ou du riz (bleu).

6. - Conclusions.

- L'étude du secteur nous a montré que les processus pédogénétiques étaient ferrallitisants et que les sols formés sur plateau étaient des sols ferrallitiques. Cependant la végétation graminéenne actuelle à une action importante sur la morphologie du profil et en particulier sur la répartition de type isohumique de la matière organique. Il serait intéressant de voir si cette action porte aussi sur la nature de la matière organique présente dans ces sols. Si cela était nous pensons qu'il serait utile de faire un sous groupe stoppisé dans les groupes typiques des sols ferrallitiques.

Les plateaux conservés ne représentent qu'une faible superficie du secteur (30 % environ), les phénomènes d'érosion ayant provoqué la formation de versant à pentes très fortes et de bas-fonds. Dans le premier cas l'évolution pédogénétique est dominée par des phénomènes d'érosion, dans le second cas par des phénomènes d'hydromorphies et de phénomènes d'apport.

- L'étude pédologique a également permis de déterminer les aptitudes culturales des principaux sols rencontrés. Il apparaît que la zone étudiée a de très fortes potentialités agricoles et qu'une mise en valeur équilibrée, portant à la fois sur les sols de plateau et sur les sols de bas-fond, les sols de versant étant fixés, serait du plus grand intérêt (A l'heure actuelle seuls les plateaux sont mis en valeur).

- Cependant l'étude de l'évolution des sols sous culture nous a montré que les sols de plateaux étaient fragiles, tant sur le plan physique que sur les plans physico-chimique et chimique. La mise en place d'un réseau d'essais va nous permettre de déterminer une formule de fumure et de suivre de façon plus précise l'évolution du sol, tant physique que chimique, sous différents traitements.

Nous pouvons dire dès à présent que la mise en valeur devra respecter un certain nombre d'impératifs techniques et que pour cela un réseau de vulgarisation compétent et actif sera absolument indispensable.

B I B L I O G R A P H I E

- (1)- AUBERT (G) : Cours de Pédologie générale O.R.S.T.O.M. 1965-66.
(document non publié)
- (2)- AUBERT (G) : La classification pédologique utilisée en France.
3ème Symp. intern. class. sols. Gand. 1965.
- (3)- AUBERT (G) et SEGALLEN (P) : Projeçt de classification des sols
ferrallitiques O.R.S.T.O.M. Octobre 1966
- (4)- BIROT (P) : Contribution à l'étude de la désagrégation des
roches. C.D.U. Paris 1962. 230 p.
- (5)- BIROT (P) : Géographie physique générale de la zone intertro-
picale. C.D.U. Paris 1965. 287 p.
- (6)- BIROT (P) : Contribution à l'étude morphologique des "plateaux"
du centre de Madagascar. Revue de géographie n° 3.
Université de Madagascar Tananarive 1963. pp. 1-37.
- (7)- BOSSER (J) : Les pâturages naturels de Madagascar.
Mem. I.R.S.M. série D. T.V. pp. 65-77 Tananarive
1954.
- (8)- BOSSER (J) : Végétation du "Moyen-Ouest", et des bas-fonds de la
Sakay. Doc. Dactylographie O.R.S.T.O.M.
Tananarive 1963. 14 p.
- (9)- BOUCHARD (L) : Etude pédoagronomique de la région de Mandoto
Doc. I.R.A.M. n° 90 Tananarive 1966. 52 p.
- (10)- BOURGEAT (F) et PETIT (H) : Les lavaka malgaches :
un agent naturel d'évolution des versants. Bull.
Assoc. Géog. Français. Mars-Avril 1965 pp. 29-33
- (11)- BOURGEAT (F) et PETIT (M) : Les "stone-lines" et les terrasses
alluviales des hautes terres malgaches. Cahier
pédologie O.R.S.T.O.M. IV, 2, 1966 pp. 3-17
- (12)- BOURGEAT (F), HERVIEU (J) et RIQUIER (J) : Présentation de
quelques profils de sols ferrallitiques.
Etude du milieu pédogénétique dans les environs
de Tananarive. Coll. U.N.E.S.C.O. 1964.
O.R.S.T.O.M. - I.R.S.M. 87 pages.
- (13)- BUISSON (A) : Projeçt de développement de la région du "Moyen-
Ouest" de Madagascar B.D.P.A. Tananarive.
Octobre 1966. 47 p.
- (14)- CAILLÈRE (S) et HENIN (S) : Minéralogie des argiles.
Masson et Cie Paris 1963. pp. 161-292
- (15)- DERRUAU (M) : Précis de géomorphologie. Masson et Cie.
Paris 1962. 409 p.

- (16)- DIXEY (F) : Observations sur les surfaces d'érosion à Madagascar
C.R. Ac. Sc. 2^e semestre 1958. pp. 944-947
- (17)- DUCHAUFOUR (P) : Précis de Pédologie. Masson et Cie. Paris 1965
480 p.
- (18)- FOURNIER (F) : Climat et érosion. P.U.F. Paris 1960. 201 p.
- (19)- GOURROUX (P) : Milieu local et colonisation réunionnaise sur
les plateaux de la Sakay. (Centre Ouest de Madagascar)
Cahiers d'Outre-Mer.
- (20)- GRANIER (P) : Le rôle écologique de l'Élevage dans la dynamique
des savanes à Madagascar. I.E.M.V.P.T. Madagascar
Mars 1967. 76 p.
- (21)- GRANIER (P), GAULIER (R) et LAHORE (J) : Bilan de l'exploitation
fourragère d'un bas-fond I.E.M.V.P.T. Tananarive
Mars 1966. 33 p.
- (22)- HERVIEU (J) : Géographie des sols Malgaches (Essai synthétique)
O.R.S.T.O.M. 1966 -- 59 p.
- (23)- HOTTIN (G) : Carte géologique au 1/100.000. Feuille de Mahasolo
L. 47. Service géologique de Madagascar 1959.
- (24)- LAPLAINE (L) : Etude géologique des feuilles Tsiroanomandidy-
Soavinandrina. TBG n° 20. Bureau géologique.
Tananarive. 1951.
- (25)- MAIGNIEN (R) : Le cuirassement des sols en Guinée (Thèse Dr. Sc.)
Mem. Serv. Carte géol. Als. Lorraine n° 16 1958
239 p.
- (26)- MONTAGNAC (P) : Remarques sur les cultures fruitières de Madagas-
car. Doc. I.R.A.M. n° 5 Tananarive 1960.
- (27)- MOUREAUX (Cl) et TERCINIER (G) : Carte des valeurs du coefficient
de Meyer à Madagascar. Mem. I.R.S.M. série D. T V
pp. 197-201.
- (28)- PEGUY (C) : Précis de climatologie. Masson et Cie. Paris 1961
pp. 145-170 et 237-258.
- (29)- RIQUIER (J) : Etude sur les lavaka. Mem. I.R.S.M. série D.
T VI. Tananarive 1954 pp. 169-189.
- (30)- RIQUIER (J) : Les cartes d'utilisation des sols à Madagascar.
2^e conférence interafricaine des sols. Léopoldville
1954. Vol. II pp. 1189-1200.
- (31)- RIQUIER (J) : Carte d'utilisation des sols. Feuilles d'Ankadi-
nondry et de Babetville. I.R.S.M. Tananarive 1954.

- (32) RIQUIER (J) : Définition et classification des sols ferrallitiques de Madagascar.
Cahiers pédologie O.R.S.T.O.M. Vol. IV n° 4
1966 pp. 75-88.
- (33)- SEGALEN (P) : Cours de chimie du sol. O.R.S.T.O.M. 1965-1966
(Document non publié).
- (34)- S.C.E.T. Coopération : Bas-fonds de la Sakay, Tananarive 1963.
- (35)- TERCINIER (G) : Rapport sur une prospection pédologique dans la région de la moyenne Sakay. Mem. I.R.S.M. série D. Tome III. fasc. 2. pp. 285-292.
- (36)- THIBOUT (F) : Etude pédologique de reconnaissance de la région de Manankazo. (Ankazobe) Doc. I.R.A.M. n° 87
Tananarive 1966.

DOCUMENT N° 132

RAPPORT DE STAGE O.R.S.T.O.M.

DEUXIEME PARTIE

EVOLUTION SOUS CULTURES
DES SOUS DE LA SAKAY
FERTILISATION

Octobre 1967

B. LE BUANIC

Evolution des sols sous culture

Problèmes de Fertilisation.

Babetville - Sakay.

PLAN DE L'ETUDE

Page

Introduction

1 - Evolution des sols après plusieurs années de culture ...	2
1.1.- Méthodologie	2
1.2.- Etude physique	6
1.2.1.- Evolution physique des sols	6
1.2.1.1.- Présentation des résultats	6
1.2.1.2.- Interprétation	7
1.2.2.- Conséquences agronomiques de cette évolution	12
1.2.2.1.- Sur le développement des plantes .	12
1.2.2.1.1.- Système racinaire	13
1.2.2.1.2.- Alimentation en eau	20
1.2.2.2.- Sur la conservation des sols	20
1.2.3.- Conclusions	22
1.3.- Etude chimique ..	
1.3.1.- Reprise des comparaisons faites par ROCHE en 1958	23
1.3.1.1.- Sur la ferme centrale	23
1.3.1.1.1.- Essai de régénération	23
1.3.1.1.2.- Effet de 15 années de cultures sur trois sols de classe IIIa .	27
1.3.1.1.3.- Sur trois sols de classe IIIb	32
1.3.1.1.4.- Conclusions	35
1.3.1.2.- Chez les fermiers	36
1.3.2.- Comparaisons de sols ayant reçu du fumier à des dates différentes	45
1.3.2.1.- Description des sols et données analytiques	45
1.3.2.2.- Interprétation et conclusions	46

1.3.3.- Comparaison des caractères d'un échantillon des sols de plateau en 1967 aux caractères des mêmes sols en 1954	47
1.3.3.1.-Données analytiques	47
1.3.3.2.- Interprétation	50
1.3.3.3.- Conclusions	54
1.3.4.- Comparaisons des caractères analytiques des sols de plateaux classées en 1954 en catégorie IIIa et en catégorie IIIb, après 13 ans de culture	55
1.3.4.1. Données analytiques	55
1.3.4.2.- Conclusions	57
1.4.- Détermination des carences en vases de végétation ..	57
1.4.1.- Description des sols:données analytiques ..	57
1.4.1.1.- Données analytiques	57
1.4.1.2.- Interprétation des données analytiques	58
1.4.2.- Résultats des études de carences en vases ..	58
1.4.2.1.- Expression des résultats	59
1.4.2.2.- Interprétation des résultats	59
1.4.2.3.- Conclusions	60
1.5.- Conclusions	60
2.- Mise au point d'une fumure minérale de redressement	63
2.1.- Détermination des réponses au phosphore et à la potasse en petits vases de végétation	63
2.1.1.- Méthodes	63
2.1.2.- Résultats	64
2.1.2.1.- Terre de défriche	64
2.1.2.1.1.- Courbe de réponse à la potasse	64
2.1.2.1.2.- Courbe de réponse au phosphore	67
2.1.2.2.- Terre épuisée	68
2.1.2.2.1.- Courbe de réponse à la potasse	68
2.1.2.2.2.- Courbe de réponse au phosphore	69

2.2.- Essais au champ	70
2.2.1.- Principes	70
2.2.2.- Protocoles des essais	72
2.2.2.1.- Matériel végétal	72
2.2.2.2.- Dispositifs expérimentaux	72
2.2.2.3.- Traitements	72
2.2.2.3.1.- Courbe de réponse à l'azote ...	72
2.2.2.3.2.- Courbe de réponse au phosphore	73
2.2.2.3.3.- Courbe de réponse au potassium	73
2.2.2.3.4.- Courbe de réponse à la dolomie	74
2.2.3.- Résultats	75
2.2.3.1.- Sur défriche	75
2.2.3.1.1.- Courbe de réponse à l'azote...	75
2.2.3.1.2.- Courbe de réponse au phosphore	77
2.2.3.1.3.- Courbe de réponse au potassium	80
2.2.3.1.4.- Courbe de réponse à la dolomie	81
2.2.3.2.- Sur sol épuisé	
2.2.3.2.1.- Courbe de réponse à l'azote ..	82
2.2.3.2.2.- Courbe de réponse au phosphore	83
2.2.3.2.3.- Courbe de réponse au potassium	85
2.2.3.2.4.- Courbe de réponse à la dolomie	85
2.3.- Conclusions	85
2.3.1.- Fumure phosphorique	85
2.3.2.- Fumure potassique	86
2.3.3.- Fumure calcaïque et magnésienne	86
2.3.4.- Fumure azotée	86
2.3.5.- Conclusions	87

Bibliographie.

I N T R O D U C T I O N

Les sols ferrallitiques de plateaux représentent la plus grande partie des terres cultivables du "Moyen-Ouest" malgache. C'est sur ces terres qu'a porté, à l'heure actuelle, la presque totalité des efforts de mise en valeur. Pour ces raisons une étude dite agropédologique et des essais de fertilisation y ont été effectués.

L'étude agropédologique a consisté en l'observation de l'évolution des sols sous culture, tant au point de vue physique que chimique.

Les essais de fertilisation ont été effectués suivant la méthode des "courbes de réponse".

Les résultats consignés dans le présent rapport ne sont que des observations qui, pour être confirmés, devraient être vérifiés par une expérimentation suivie.

1 - Evolution des sols après plusieurs années de culture.

1.1.- Méthodologie

Une prospection pédologique qui avait abouti à l'établissement d'une carte d'utilisation des sols pour une partie du secteur B.D.P.A. de la Sakay, par J. RIQUIER en 1953 et une "étude agronomique des sols du périmètre B.D.P.A. de la Sakay" par P. ROCHE en 1958 avaient déjà été effectuées.

L'étude pédologique avait amené RIQUIER à séparer les sols de la classe III qui nous intéressent en deux sous classes :

- Classe III A : "Bonne fertilité mais entretien de cette dernière par fumure, rotation, prairie temporaire. Mesures anti-érosives : haie vive, terrasses en pente".
- Classe III B : "Sol déjà un peu dégradé par érosion. Mesures de régénération et mesures antiérosives nécessaires (Rotation avec engrais vert)".

L'étude présente avait donc pour but :

- d'une part de reprendre les points déjà étudiés par ROCHE après 8 nouvelles années de culture.
- d'autre part d'élargir l'étude de ROCHE :
 - en faisant intervenir des critères physiques (essentiellement la structure).
 - en essayant de généraliser l'étude :
 - + par une comparaison entre les caractères analytiques actuels des sols (portant sur un grand nombre d'analyses) et les caractères analytiques des sols au moment de l'étude de RIQUIER

+ par une comparaison des caractères actuels des sols des classes III A des sols de classe III B de RIQUIER.

Pour ce faire nous avons envisagé :

- d'une part de refaire des prélèvements aux emplacements déjà étudiés par ROCHE en 1958.
- d'autre part d'étudier sur des sols classés en catégorie III A et III B des parcelles ayant subi la rotation prévue au moment du départ de la mise en valeur et des parcelles n'ayant pas subi cette rotation. La rotation préconisée était (10) :

1^{ère} année : Maïs sur fumure organique + Amberique ou Antaka
2^{ème} année : Engrais-vert (Amberique ou Antaka en place)
3^{ème} année : Manioc.
4^{ème} année : -"-
5^{ème} année : Prairie (ne pas nettoyer en fin de 2^{ème} année pour revenir à la prairie naturelle)
6^{ème} année : - id -
7^{ème} année : - id - (réincorporation des pailles au défrichement).

Il n'a pas été possible de suivre ce programme car :

- d'une part nous n'avons pas pu retrouver les emplacements de certains prélèvements de ROCHE, de nombreux fermiers ayant abandonné leur terre après avoir provoqué la dégradation de celles-ci.
- d'autre part il ne nous a pas été possible de faire la distinction entre parcelles ayant subi la rotation préconisée au départ et celles ne l'ayant pas subie, car pas un seul fermier réunionnais n'a pratiqué cette rotation, si ce n'est peut-être quelques uns dans les toutes premières années. Les rotations actuelles consistent en une succession plus ou moins longue de maïs suivie par

un manioc qui reste en terre de 2 à 4 ans et parfois une friche de durée variable. Lorsqu'il n'y a pas de friche le manioc est immédiatement suivi d'un maïs, le plus souvent semé sans engrais vert.

Un très grand nombre de parcelles n'a encore jamais reçu de fumier.

Les prélèvements qui ont été effectués sont donc les suivants :

- d'une part aux endroits des prélèvements effectués par ROCHE en 58 quand il a été possible de les retrouver.
- d'autre part sur des parcelles de classe III a et de classe III b. Dans ce cas nous avons fait des prélèvements sur parcelles n'ayant jamais reçu de fumier, sur parcelles ayant reçu du fumier il y a plus ou moins longtemps, sur parcelle ayant porté une jachère ou une prairie temporaire (une seule parcelle de ce type (prairie temporaire) a été trouvée sur les fermes prospectées)

Nous avons en outre fait des prélèvements sur un sol sous prairie (sol vierge), sur un sol sous culture depuis 1953 et n'ayant jamais été fumé (sol épuisé) et sur un sol cultivé depuis 1954 et ayant reçu une forte fumure organique en 1965, en vue de détermination de carences par des essais en petits vases de végétation.

Les parcelles ayant des superficies allant de 10 ares à 150 ares environ, nous avons fait des prélèvements moyens : 3 à 5 prélèvements de 3 à 4 kg ont été effectués suivant la superficie de la parcelle, la terre provenant de ces prélèvements a été mélangée sur le terrain et nous en avons pris un échantillon d'un kg environ. Les prélèvements ont été effectués sur une épaisseur correspondant à l'horizon humifère structuré dans le cas de prairie naturelle, à l'horizon labouré dans les autres cas.

Les différentes comparaisons (que ce soit pour l'étude physique ou l'étude chimique) ne pourront pas porter sur des échantillons prélevés sur une parcelle ayant subi des traitements différents dans le temps. Elles porteront donc sur des échantillons prélevés sur des parcelles différentes ayant subi des traitements identiques ou des traitements différents. Nous savons que cette méthode est des plus critiquables (Il est impossible de savoir si les différentes parcelles avaient le même état initial) mais il n'était pas possible d'opérer autrement. De plus le fait d'avoir pratiqué un assez grand nombre d'analyses (une cinquantaine) pallie en partie les inconvénients de la méthode.

1.2.- Etude physique

1.2.1.- Evolution physique des sols

L'étude de l'évolution physique a comporté essentiellement des mesures de coefficients S (Instabilité HENIN) et K (perméabilité HENIN). Ces deux mesures permettent ensuite de déterminer le coefficient α , ou coefficient de stabilité structurale. (Pour le détail des méthodes et des calculs se référer aux ouvrages cités dans la bibliographie).

Nous avons constaté que dans la zone étudiée le test d'instabilité se montrait plus représentatif du comportement de la terre au champ que le test de perméabilité. (Cette constatation est en accord avec celle de S. HENIN et al (5) : "les tests d'instabilité se montrent plus représentatifs quand on étudie des terres dont la teneur en argile est supérieure à 20 %").

Nous étudierons donc les effets des différents traitements en comparant entre elles les valeurs de S. Il sera en outre donné un tableau sur lequel seront indiqués les coefficients S, K et α pour les échantillons étudiés. (tableau I).

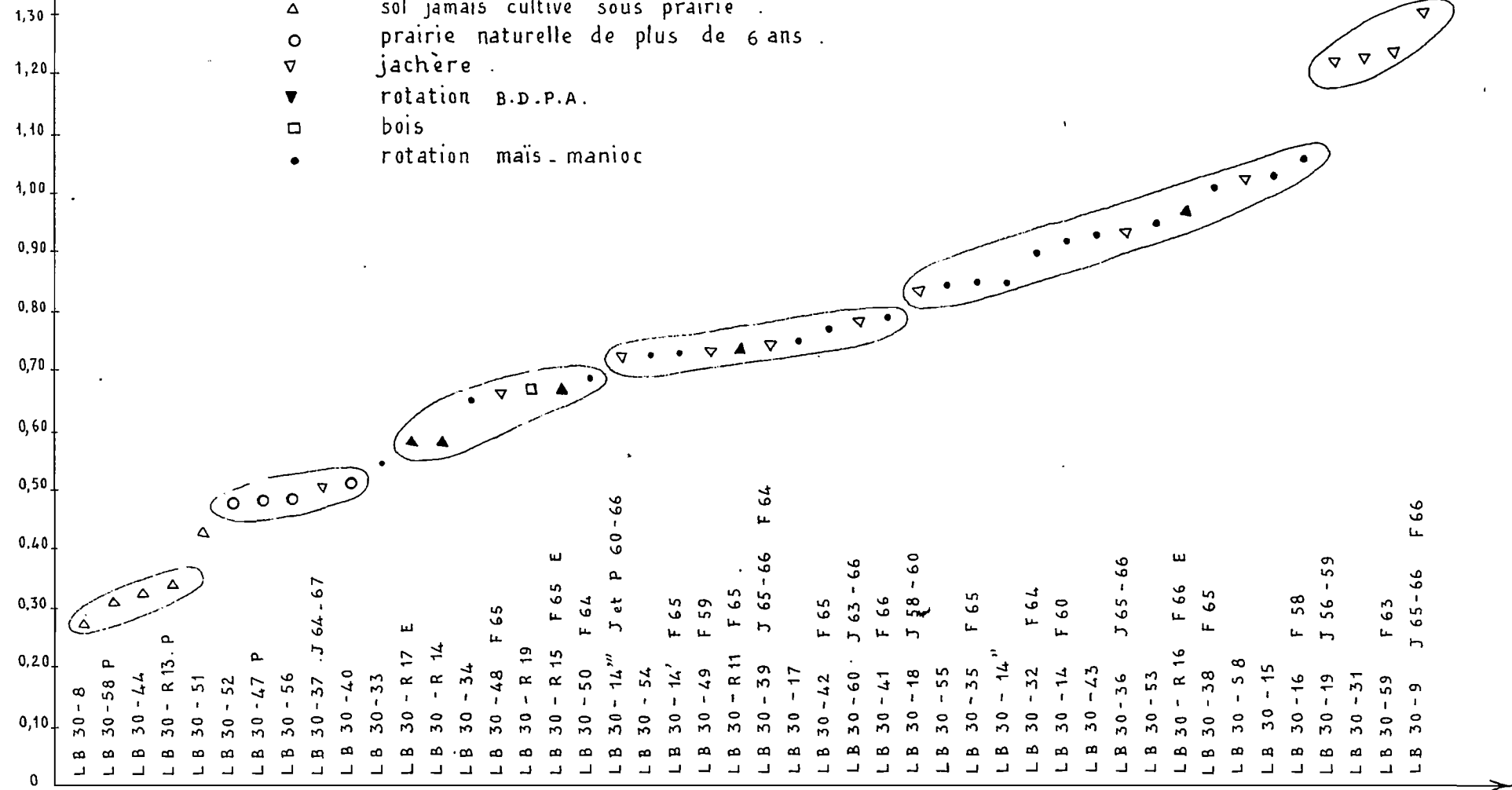
1.2.1.1.- Présentation des résultats

Les indices d'instabilité, qui varient de 0,266 à 1,293, ont été représentés sur un même graphique, classés dans un ordre de valeurs croissantes de la gauche vers la droite. Les indices représentatif des parcelles ayant subi les mêmes traitements sont représentés par un même signe.

INDICES D'INSTABILITE STRUCTURALE DES DIFFERENTES PARCELLES . (Graphique n° I)

P : parcelle pâturée .
 J 63-66 : parcelle en jachère de 1963 à 1966 .
 F 65 : parcelle ayant reçu du fumier en 1965 .
 E : parcelle ayant reçu des engrais minéraux .

▲ sol jamais cultivé sous prairie .
 ○ prairie naturelle de plus de 6 ans .
 ▼ jachère .
 ▼ rotation B.D.P.A. .
 □ bois .
 • rotation maïs - manioc .



1.2.1.2.- Interprétation

1.2.1.2.1.- Considération des valeurs obsolues des différents indices.

- Les indices d'instabilité varient de 0,266 à 1,293.

Nous avons donc une gamme étendue et ceci se voit très bien sur le terrain. On passe ainsi de sols fortement structurés sous prairie naturelle à des sols très dégradés sous cultures. Ces sols très dégradés, qui correspondent à des indices supérieurs à 0,8, voir à 0,75, se présentent de la façon suivante :

En saison des pluies ils sont très meubles, battants, leur structure est à tendance particulière. Dès que la pente est supérieure à 2 ou 3 % on aperçoit des indices d'érosion en nappe (accumulation de sables et des quelques rares agrégats dans les micro-dépressions) et parfois même d'érosion en rigoles. Pourtant ces sols sont inclus dans un système antiérosif. (Courbes de niveau matérialisées par un fossé et un talus fixé par de l'éléphant grass).

En saison sèche ces sols sont souvent recouverts par une pellicule durcie de quelques millimètres. Sous cette pellicule le sol a une structure particulière (poussière s'envolant au moindre souffle de vent).

- On ne constate pas de corrélation entre les taux de matière organique dans le sol et la valeur du coefficient S. D'ailleurs en général tous les sols analysés ont une bonne teneur en matière organique (supérieur à 2 %, moyenne 3,35 %). Pourtant, si l'on considère les résultats des trois traitements alcool, eau et benzène on constate que le pourcentage des agrégats stables qui varie le plus est celui du prétraitement benzène.

Indices Σ , K et Σ des parcelles étudiéesTableau I

	Is	K	Σ
Profil LB 30-8	0,266	12,51	2,09
Profil LB 30-58	0,310	34,70	2,27
Profil LB 30-44	0,325	53,79	2,34
Profil LB 30-13	0,334	14,89	2,10
Profil LB 30-51	0,429	28,54	2,16
Profil LB 30-52	0,474	24,62	2,12
Profil LB 30-47	0,480	18,43	2,06
Profil LB 30-56	0,482	11,37	1,98
Profil LB 30-37	0,498	25,53	2,11
Profil LB 30-40	0,516	39,23	2,28
Profil LB 30-33	0,548	24,69	2,09
Profil LB 30-46	0,574	22,07	2,06
Profil LB 30-14	0,583	7,16	1,85
Profil LB 30-17	0,583	7,58	1,86
Profil LB 30-34	0,652	10,86	1,90
Profil LB 30-48	0,660	12,07	1,92
Profil LB 30-19	0,665	27,47	2,06
Profil LB 30-15	0,665	9,31	1,83
Profil LB 30-50	0,682	7,51	1,82
Profil LB 30-45	0,708	18,97	1,98
Profil LB 30-14 ^{III}	0,715	5,17	1,76
Profil LB 30-54	0,719	28,87	2,06
Profil LB 30-14 ^I	0,724	12,51	1,91
Profil LB 30-49	0,726	27,34	2,04
Profil LB 30-11	0,732	3,72	1,69
Profil LB 30-39	0,739	28,60	2,05
Profil LB 30-17	0,715	14,67	1,92
Profil LB 30-42	0,765	14,75	1,92
Profil LB 30-60	0,781	2,18	1,58
Profil LB 30-41	0,784	4,12	1,69
Profil LB 30-18	0,830	51,31	2,08
Profil LB 30-55	0,837	8,41	1,80
Profil LB 30-35	0,844	2,50	1,59
Profil LB 30-14 ^{II}	0,845	11,54	1,86
Profil LB 30-32	0,894	9,40	1,81
Profil LB 30-14	0,914	2,28	1,55
Profil LB 30-43	0,925	11,18	1,84
Profil LB 30-36	0,930	10,04	1,82
Profil LB 30-53	0,948	9,31	1,80
Profil LB 30-R 16	0,963		
Profil LB 30-38	1,018	4,96	1,67
Profil LB 30-58	1,023	20,80	1,92
Profil LB 30-15	1,028	2,34	1,53
Profil LB 30-16	1,056	4,49	1,65
Profil LB 30-19	1,213	4,48	1,62
Profil LB 30-31	1,222	8,68	1,73
Profil LB 30-59	1,235	2,54	1,51
Profil LB 30-9	1,293	7,68	1,70

Pour les indices faibles ce pourcentage est l'ordre de 50 à 70 % alors que pour les indices élevés il descend jusqu'à 29 %. Par contre les pourcentages d'agrégats stables des deux autres prétraitements ne sont jamais inférieurs à 60 %. De plus, pour tous les échantillons le pourcentage d'agrégats stables après prétraitement au benzène est toujours inférieur à ceux des deux autres traitements. Ceci est en général le cas de terres bien cimentées et pauvre en matière organique (HEENIN et al.) (5)

1.2.1.2.2.- Comparaison des indices des parcelles sous différents traitements.

Sur le graphique n° 1 nous pouvons grouper les points en un certain nombre d'ensembles. Nous en avons distingué trois se divisant chacun en deux ensembles. Ces ensembles correspondent à une réalité physique sur le terrain. Le 1^{er} ensemble (Du profil LB 30-8 au profil LB 30-40) représente des sols à structure grumeleuse très nette et très fortement marquée.

Le suivant (du profil LB 30-33 au profil LB 30-41) représente des sols moyennement à faiblement structurés, très meubles en saison des pluies, sans cohésion.

Enfin le dernier ensemble (du profil LB 30-18 au profil LB 30-9) correspond aux sols très destructurés décrits au paragraphe précédent.

Seuls sont dans le premier ensemble (bonne structure) les sols n'ayant jamais été cultivés ou les sols ayant été cultivés quelques années seulement et portant actuellement une prairie naturelle de plus de six ans. (Le profil LB 30-37 sous friche de 3 ans fait exception). Tous les traitements effectués que ce soit sur la ferme centrale ou chez les fermiers, provoquent une dégradation plus ou moins grave de la structure des sols.

Nous avons vu que ces sols peuvent être groupés en deux ensembles, les sols moyennement dégradés et les sols très dégradés.

- sols moyennement structurés.

Nous voyons dans ce groupe, mis à part les sols de la ferme centrale, des sols ayant subi la rotation maïs, manioc sans discontinuité et n'ayant jamais reçu de fumier; des sols ayant subi cette même rotation et ayant reçu du fumier à une date plus ou moins lointaine, des sols ayant porté une jachère de moins de 3 ans ayant ou n'ayant pas reçu de fumier; enfin une parcelle plantée en eucalyptus après quelques années de culture.

Une observation de chaque cas nous permet de voir que toutes les parcelles considérées ont, malgré la variété des traitements, subi un repos sous graminées de 2 ans au moins il y a ^{au} plus 2 ans. Ceci peut nous paraître étonnant pour les parcelles ayant subi la rotation maïs manioc mais il faut noter le fait suivant.

Dans la plus part des fermes réunionnaises le manioc reste 3 ans, voir 4 à 5 ans en terre. Pendant toute cette période il n'est pas biné. Dès lors la culture est envahie la première année par des adventices dicotylédones. En seconde année les graminées apparaissent en commençant par *Rynchilitrum repens*, ensuite viennent *Hypparhenia rufa* et *Imperata cylindrica*. En troisième année nous avons donc affaire à une prairie naturelle complantée de manioc.

Cette prairie a une action bénéfique sur la structure.

D'autres parcelles n'ont pas eu cette longue période de manioc, mais après une friche de un ou deux ans ont été plantées en riz. Chaque fois dans ce cas la structure, bien que dégradée, reste moyenne et relativement stable.

Nous pouvons aussi voir dans ce groupe deux parcelles qui ont, l'une portée une prairie de 6 ans (LB 31-14) et l'autre une friche de 3 ans (LB 30-60) prairie et friche ayant été l'une et l'autre

retournées en fin d'année 1966. Une seule année de culture de maïs a donc provoqué une dégradation de la structure et fait passer ces parcelles du premier groupe (où elles se seraient certainement trouvées l'année dernière) au deuxième groupe.

Enfin nous pouvons constater la présence dans ce groupe d'une parcelle (LB 30- R 19) qui a été cultivée de 1953 à 1958 et ensuite plantée en Eucalyptus. La régénération par la forêt est donc beaucoup moins nette et moins rapide que par la prairie naturelle (LB 30-37). Sur le terrain nous avons affaire à un sol nettement structuré mais les agrégats ont une cohésion très faible.

Seuls trois sols ayant reçu trois ans de suite du maïs (LB 30-54 14-41) figurent dans ce groupe.

- sols très destructurés.

Nous voyons également dans ce groupe des sols représentant un grand nombre de traitements. Ils ont cependant tous un point commun. Ils n'ont jamais connu de repos sous graminées de plus de deux ans il y a moins de 3 ans.

Les périodes de jachère de ces sols sont en général d'une année, la jachère étant ensuite suivie de plusieurs maïs consécutifs ou d'un maïs et d'un manioc de deux ans.

Certains prélèvements effectués sous jachère ou sous prairie naturelle d'un an (LB 30-58-31-59) montrent que ces jachères ou cette prairie (pourtant très belle de *Brachiaria rhizensis*) n'ont pas encore eu d'effet régénérateur.

Après avoir étudié les traitements qui provoquaient une forte dégradation de la structure et ceux qui provoquaient une dégradation beaucoup moins grave nous constatons que le fait d'apporter du fumier ou de ne pas en apporter n'intervient pas. Les points représentatifs des parcelles ayant reçu du fumier sont régulièrement répartis sur tout le graphique, allant des structures moyennes aux structures les plus instables. (Le fumier semble tout de même avoir

un effet bénéfique sur la structure (comparaison des sols IB 30-14-14'-14"-14"" et des sols IB 30-48-49) mais cet effet est masqué par l'effet beaucoup plus fort du repos sous prairie. Dans les conditions grossières de l'étude présente il n'est pas possible de le mettre nettement en évidence).

1.2.1.2.3.- Conclusions.

La mise en culture des sols de plateau de la région du moyen-ouest provoque une dégradation de la structure de ces sols, quelles que soient les cultures et les rotations effectuées.

Nous devons noter cependant que certains traitements sont moins nocifs que d'autres : ceux qui présentent au cours de la rotation un repos de trois ans et plus sous graminées, que ce repos soit voulu (friche ou prairie) ou non (manioc mal entretenu). Puisqu'aucun des fermiers réunionnais ne fait entrer de prairie dans sa rotation on arrive au paradoxe suivant : les terres les plus dégradées physiquement se rencontrent chez les meilleurs agriculteurs qui font une culture intensive et qui nettoient régulièrement leur culture. Certains de ceux-ci commencent d'ailleurs à s'en rendre compte; il serait temps de leur faire comprendre qu'une prairie de trois ans dans une rotation n'est pas du "terrain perdu", qu'elle permet l'obtention d'un fourrage de bonne qualité pour l'élevage bovin qu'ils pratiquent tous d'une part, l'amélioration de l'état de leur terre d'autre part.

1.2.2.- Conséquences agronomiques de cette évolution

1.2.2.1.- Influence de la dégradation physique du sol sur le développement des plantes

2.2.3.1.1.- Développement du système racinaire.

Afin de nous rendre compte de l'influence de la dégradation de la structure sur le développement racinaire des plantes nous avons observé quelques profils culturaux, sous différentes cultures. Les tranchées ont été ouvertes à proximité d'un plant de la culture considérée.

+ Maïs

- description des profils.

Ils profils ont été observés sous les parcelles LB 30-34, LB 30-14^m, LB 30-16 et LB 30-9.

Parcelle LB 30-34 S = 0,652

0-25 cm : Horizon brun rouge, limono-argilo-sableux, meuble, humide
La structure est grumeleuse fine à moyenne, les agrégats sont faiblement cohérents.

Les racines de maïs sont très nombreuses, bien droites et saines. Les radicelles sont nombreuses et quelques agrégats restent accrochés aux poils absorbant quand on arrache une racine.

25-60 cm : Horizon rouge-brun, limono-argilo-sableux, ferme, humide.
La structure est continue à éclats émoussés.

L'enracinement est à peu près nul.

Les seules racines qui pénètrent dans cet horizon sont tordues, aplaties par endroits.

Au niveau du contact des deux horizons les racines font un coude et courent à la surface de l'horizon sous jacent sans y pénétrer.

Parcelle LB 30-14^m S = 0,715

0-21 cm : Horizon brun rouge, limoneux, meuble, humide.

La structure est grumelleuse moyenne, on note sur le sol et dans l'horizon la présence de nombreuses mottes non cassées (déroquage d'une prairie de 6 ans).

Les racines nombreuses sont saines et bien droites jusqu'au niveau de l'horizon sous jacent. A ce niveau de nombreuses racines partent horizontalement, certaines étant longues de 50 cm. De nombreux agrégats restent accrochés aux poils absorbants.

23-60 cm : Horizon rouge-brun, limono-argileux, très ferme, humide.

La structure est continue.

L'enracinement est à peu près nul, les quelques rares racines pénétrant dans l'horizon sont tordues et très déformées (aplaties par endroit). Les poils absorbant sont beaucoup moins nombreux.

Parcelle LB 30-16 S : 1,06

0-21 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, meuble, humide.

La structure est particulière. On peut noter la présence de quelques agrégats grumelleux sans cohésion.

Les racines sont nombreuses, bien droites, les radicelles sont nombreuses.

Au niveau de l'horizon sous-jacent les racines font un coude et courent horizontalement. Une racine partant ainsi mesure 40 cm de long.

Il y a très peu d'agrégats accrochés aux radicelles.

21-60 cm : Horizon rouge-brun, limono-argileux, très ferme, humide.
La structure est continue.

L'enracinement est très réduit, seules quelques racines pénètrent dans cet horizon. Elles deviennent alors plus blanches, elles sont souvent déformées et tachées et ont moins de radicelles.

Parcelle LB 30-9 S : 1,30

0-20 cm : Horizon brun rouge, limon-argilo-sableux, meuble, humide.
La structure est particulière. On peut noter la présence de quelques agrégats grumeleux sans cohésions.

Les racines saines et droites sont nombreuses et localisées dans l'horizon supérieur.

20-60 cm : Horizon brun jaune, argileux à argilo-limoneux, ferme.
La structure est continue à éclats émoussés. On note, entre 20 et 25 cm une zone plus ferme de structure lamellaire, parallèlement à la surface. Très peu de racines traversent cette épaisseur. Semelle de labour.

- Conclusions

L'état structural de l'horizon supérieur affecté par les façons culturales n'a pas d'action sur l'enracinement du maïs.

Il y a discontinuité très nette entre l'horizon supérieur et l'horizon sous jacent, discontinuité parfois aggravée par la présence d'une semelle de labour.

- Riz -

Parcelle LB 30-39

S = 0,739

0-25 cm : Horizon brun rouge, limono-argiloux, meuble, humide.

La structure est grumelouse fine à moyenne, les agrégats sont peu cohérents.

Les racines sont très nombreuses, saines et droites. Un certain nombre de racines s'arrêtent au niveau de l'horizon sous-jacent, d'autres à ce niveau se développent horizontalement. De nombreux agrégats sont accrochés aux racines.

25-60 cm : Horizon rouge-brun, limono-argileux, très ferme, humide.

La structure est continue.

Les racines, quoique moins nombreuses que dans l'horizon supérieur, sont encore présentes en quantité notable et sont saines. Certaines descendent jusqu'à 60 cm.

Parcelle LB 30-14

S : 0,92

0-18 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, meuble, humide.

La structure est particulière. On note dans l'horizon la présence de quelques agrégats grumelleux sans cohésion. Les racines sont très nombreuses, saines et droites. Le chevelu radiculaire est très important et de nombreux agrégats tiennent nettement aux racines.

18-60 cm : Horizon rouge brun, limono-argileux, très ferme, humide.

La structure est continue.

L'enracinement est faible mais il y a tout de même un nombre assez important de racines sur les premiers cm. Celles-ci sont moins vigoureuses que dans l'horizon supérieur.

- Conclusions

L'état structural de l'horizon supérieur, affecté par les façons culturales n'a pas d'influence sur l'enracinement du riz. Cet enracinement est excellent dans les deux cas considérés.

Ces deux profils nous montrent que :

- le système racinaire du riz est plus vigoureux que celui du maïs; meilleure pénétration de l'horizon sous-jacent très ferme.
- le système racinaires du riz a une meilleure action de régénération de la structure; dans la parcelle destructurée on constate qu'il y a de nombreuses particules qui restent accrochées aux racelles, ce qui n'est pas le cas pour le maïs. Ceci est certainement dû au fait que les racines du riz sont plus fines et plus nombreuses que celles du maïs.

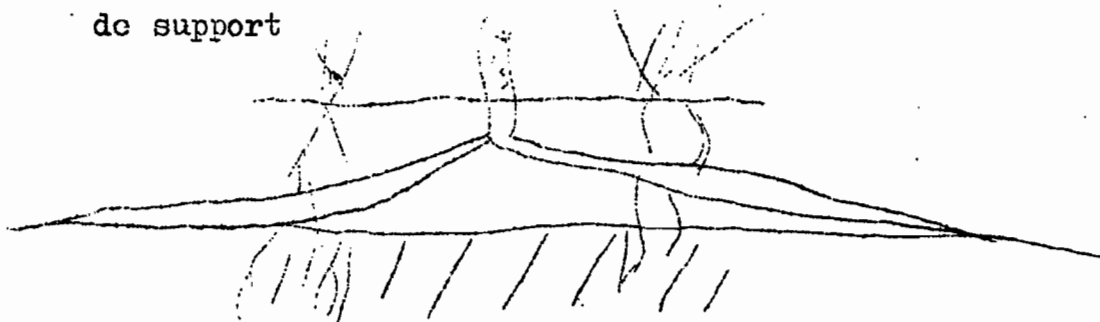
- Manioc

Parcelle LB 30-17 S : 0,745

0-19 cm : Horizon brun, limono-argileux, meuble, humide.

La structure est grumeluse moyenne à fine, les agrégats ont une faible cohésion.

Les racines de manioc sont localisées uniquement dans cet horizon; le faisceau de racines fasciculées part du collet, descend légèrement avec un angle de 10 à 20° avec l'horizontale, puis court horizontalement sur la surface de contact des deux horizons. On a l'impression que le plant de manioc est posé sur l'horizon sous-jacent qui servirait de support



On remarque également dans cet horizon la présence de racines de graminées adventices très nombreuses.

Les racines, formant un réseau très dense, retiennent de nombreux agrégats.

19-60 cm : Horizon rouge-brun, limono-argileux; très ferme, humide.

La structure est continue à éclats anguleux.

Il n'y a pas une seule racine de manioc dans cet horizon.

On note dans cet horizon un enracinement moyen des graminées adventices jusqu'à 40 cm. Ensuite cet enracinement devient très faible.

Parcelle LB 30-16 S : 1,06

0-21 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, meuble, humide.

La structure est particulière. On peut noter la présence de quelques agrégats grumelleux sans cohésion.

Les racines sont presque exclusivement localisées dans l'horizon supérieur. Elles sont comme posées sur la surface de démarcation des deux horizons. Elles sont saines.

21-60 cm ; Horizon rouge brun, limono-argileux, très ferme, humide.

La structure est continue.

On peut y voir une racine de manioc qui descend sur quelques centimètres. Cette racine présente de très nombreux coudes et de nombreux aplatissements sur 4 à 5 cm.

Conclusions

- L'enracinement du manioc n'est pas affecté par l'état structural de l'horizon supérieur.

- Il est strictement localisé dans cet horizon ameubli par les façons culturales.

Dans un manioc de 3 ans envahis par des graminées adventices on doit noter l'important enracinement de ces graminées et l'effet régénérateur de leur système racinaire sur la structure du sol.

A titre de comparaison nous allons maintenant décrire un sol sous friche de 3 ans.

Parcelle IB 30-37

0-15 cm : Horizon brun rouge, limono-sableux, meuble mais cohérent, humide.

La structure est très nette, grumeluse moyenne à fine, les agrégats sont cohérents.

Le réseau racinaire est très dense, les agrégats restent accrochées aux racines, formant ainsi de véritables chapelets. La vie animale est importante. On note la présence de vers de terre et de larves méloïthoïdes.

15-60 cm : Horizon rouge brun, limono-argilo-sableux à limono-argileux, très ferme, humide.

La structure est continue à éclats anguleux.

L'enracinement est encore important, les racines sont saines et de petits blocs de terres restent accrochés aux racines.

L'enracinement diminue sensiblement avec la profondeur mais est encore notable à 60 cm.

Conclusions

L'état structural n'a pas d'influence ni sur le développement ni sur l'état sanitaire des systèmes racinaires des plants considérés

L'examen des profils culturaux a permis tout de même de montrer que :

- à l'exception du manioc, les cultures pratiquées avaient une action de restructuration, très faible pour le maïs, plus importante pour le riz.

- le système racinaire des plantes cultivées se localisent presque exclusivement dans l'horizon labouré, ceci étant très net pour le manioc, un peu moins net pour le riz. Par contre le système racinaire des graminées de développement plus faible que le maïs, plus fin, pénètre plus facilement dans l'horizon ferme sous-jacent.

1.2.2.1.2.- Alimentation en eau

Nous nous bornons ici à noter une remarque faite sur le terrain, aucune mesure de capacité de rétention n'ayant été effectuée.

Au cours de la campagne 66-67 il y a eu une période sèche d'une quinzaine de jours, période comprenant les derniers jours de Janvier et les premiers de Février. A la fin de cette période et en fin de journée on pouvait remarquer, sur les maïs plantés dans des sols destructurés, des symptômes de manque d'eau (enroulement de feuilles) alors que ces symptômes n'étaient pas visibles sur les maïs des parcelles mieux structurées.

Ceci est particulièrement important si l'on envisage la culture du riz de plateau sur de grande surface. En effet à cette époque (fin Janvier - début Février) le riz connaît une période critique : celle de la floraison : qu'il survienne une période de sécheresse et la récolte sera nulle ou insignifiante.

1.2.2.2.- Influence sur la conservation des sols

Nous avons vu que les parcelles dont le sol était destructuré, même incluses dans un système anti-érosif, subissaient une érosion importante en nappe et même en rigole.

Bien que ce phénomène soit gênant (jeunes plants déchaussés, germination et levée rendues difficiles par apport d'éléments fins qui comblent les poquets) il n'est pas catastrophique quand les éléments transportés sont arrêtés par le fossé et le talus limitant la partie inférieure de la parcelle. Ce n'est plus la même chose quand les éléments fins transportés sont amenés loin de la parcelle, ce qui est le cas assez fréquemment. On assiste alors à une destruction continue et rapide du potentiel de production du sol. Un exemple montrera l'intensité du phénomène.

L'échantillon LB 30-1 a été prélevé en haut de parcelle, où l'érosion en nappe est très importante. Les éléments entraînés ne sont pas retenus par le fossé anti-érosif.

		LB 30-1	LB 30-V1	Variation en % du taux initial
Sable grossier	%	24,29	27,15	+ 11 %
Sable fin	%	14,55	20,10	+ 45 %
Sable très fin	%	3,97	4,75	+ 19 %
Limon	%	16,50	24,00	+ 45 %
Argile	%	38,00	26,00	- 32 %
Matière organique	%	4,66	2,92	- 38 %
Azote	‰	1,88	1,28	- 32 %
Rapport C/N		14,36	13,20	
P assimilable	‰	0,018	0,032	+ 77 %
Ca échangeable	‰	0,200	0,144	- 28 %
Mg "	‰	0,122	0,064	- 48 %
K "	‰	0,118	0,066	- 45 %
Somme des bases échangeables m.e.		2,34	1,44	- 39 %
Capacité d'échange T m.e. %		9,00	5,80	- 36 %

Tableau 2

La texture du sol est considérablement changée.

La fraction des éléments grossiers qui représente environ 40 % dans la partie non érodée atteint 50 % en bas de parcelle. Par contre

l'argile, qui présente également environ 40 % en haut de parcelle ne présente plus que 26 à 28 % en bas de parcelle.

Le taux de matière organique est diminué de 38 %, celui d'azote de 32 %.

Les taux de calcium, magnésium et potassium échangeables sont diminués de 25 à 50 %.

La somme des bases échangeables en milliéquivalent pour 100 g. de sol est diminuée de 39 %, la capacité d'échange de 36 %.

L'effet néfaste de l'érosion, due en grande partie à la dégradation de la structure est ici mis en évidence de façon indiscutable.

L'augmentation de la teneur en phosphore peu sembler étonnante. Elle peut être expliquée, au moins partiellement de la façon suivante :

- d'une part l'anion PO_3^- est beaucoup moins soluble et entraînable que les cations Ca^{++} , Mg^{++} et K^+ .

- d'autre part la méthode d'analyse utilisée (méthode TRUOG) si elle extrait essentiellement le phosphore lié au calcium, extrait aussi une partie du phosphore lié à l'aluminium. Or cette fraction est très peu entraînable et peu être présente en quantité importante dans le sous-sol des sols ferrallitiques.

L'horizon inférieur du prélèvement LB 30-1 (27-110 cm) est d'ailleurs plus riche en phosphore assimilable que l'horizon supérieur (0,024 % au lieu de 0,018 %).

1.2.3.- Conclusions

La mise en culture des terres de plateau de la région du Moyen-Ouest Malgache provoque une dégradation de la structure des sols. Parmi les cultures effectuées, celle du manioc est la plus nocive, ensuite vient celle du maïs. La culture du riz, peu répandue à l'heure actuelle, semblerait être moins nocive; elle aurait même une action de régénération sur les sols très dégradés.

Cette dégradation ne semble pas préjudiciable directement, ni au développement du système racinaire des plantes cultivées, ni aux rendements, dans des conditions normales de température et de pluviosité. On peut penser qu'elle provoque des diminutions de rendement dans le cas où il y a, au cours du cycle végétatif, une saison sèche marquée (ceci serait à vérifier par une expérimentation plus fine). Enfin elle facilite les phénomènes d'érosion sous ce climat très agressif, érosion aboutissant rapidement à une destruction du potentiel de production des sols.

Afin de limiter cette dégradation d'une part, et de permettre une régénération physique des sols déjà dégradés d'autre part, il est indispensable de prévoir dans la rotation une prairie de trois ans composée au moins en partie de graminées, que cette prairie soit naturelle ou non.

1.3.- Etude chimique

1.3.1.- Reprise des comparaisons faites par P. ROCHE en 1958

1.3.1.1.- Sur la ferme centrale

1.3.1.1.1.- Essai de régénération

Un des essais comporte une prairie sur une parcelle mise en défens, l'autre comporte une plantation d'eucalyptus.

Profil 11

La parcelle a subi en 1958 un sous-solage avec semis de pois mascatte dans la raie de sous-solage.

En Mars 1958 un ou deux passages de Landaise ont été effectués pour assurer le réensemencement du Pois mascatte. Une mis en défens intégrale protège les parcelles de l'érosion.

Une prairie naturelle très fournie d'Hyparrhenia, d'Hégéropogon et de Pois mascatte couvre le sol jusqu'en 1963.

En 1964-1965, après un labour, un essai de prairie artificielle est tenté mais abandonné car la parcelle est envahie par une adventice piquante : Acanthospermium hispidum (Bakakely).

En 1965-66, après un apport de fumier de 40 tonnes à l'hectare un maïs est semé. Les rendements sont bons (5 tonnes/ha).

En 1966-67 un riz de belle venue couvre la parcelle. Il a subi une verse assez importante.

Description du sol en 1958. Profil Ro 30-11

0-10 cm : Horizon brun rouge, limoneux, grumeleux, meuble.

>10 cm : Horizon rouge, argilo-limoneux, compact; structure massive.

Description du sol en 1967. Profil LB 30 - 11

Pente 3-4 %

Végétation : riz de belle venue.

0-22 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, meuble.

La structure est grumeleuse moyenne à très fine, les agrégats ont une faible cohésion.

>22 cm : Horizon jaune rouge, argilo-limoneux, ferme. Sa structure est continue.

		Ro 30-11	LB 30-11
pH		5,1	4,7
Matière organique totale	%	1,82	2,66
Azote total	‰	0,80	1,60
Rapport C/N		13,2	9,62
Ca échangeable	‰	0,286	0,320
Mg	‰	0,06	0,078
K	‰	0,156	0,166
P ₂ O ₅ assimilable	‰	0,016	0,034
Capacité d'échange T m.e.	%	8,57	7,2
Somme des bases échangeables	m.e. ‰	1,98	2,83

Tableau 3

Nous devons noter une amélioration très nette depuis 1958.

- L'horizon supérieur à plus que doublé d'épaisseur, ceci par l'effet du labour.

- Les teneurs en les différents éléments sont en augmentation nette sur les teneurs de 1958.

- La matière organique est mieux évoluée.

- La capacité d'échange a diminué légèrement mais la somme des bases échangeables a augmenté de près du tiers.

Il faut cependant noter un fait dangereux; la légère diminution du pH qui passe de 5,1 à 4,7.

Si l'augmentation de la teneur en matière organique et celle de la teneur en potasse peuvent être attribuée à l'action du fumier, il n'en est pas de même pour celle du phosphore. On peut faire l'hypothèse que l'augmentation de la teneur en phosphore est due à la minéralisation de la matière organique, dont le rapport C/N est passé de 13,2 à 9,6.

Ceci demanderait à être vérifié par expérimentation.

Profil 13.

La parcelle a subi un sous-solage en 1955, sous-solage suivi de la plantation d'Eucalyptus. Un paillis a été constitué par passage de Landaise entre les plants d'Eucalyptus. En 1957 un feu de brousse a détruit en partie le paillis.

Actuellement entre les Eucalyptus pousse une prairie naturelle surpaturée, prairie à base d'Imperata, d'Aristida et d'Hétéropogon.

La parcelle a une pente de l'ordre de 5 %.

Description du profil.

1958

0-8 cm : Horizon brun jaune rouge, limoneux, structure nuciforme-grumoleux, cohérent.

8 cm : Horizon rouge jaune, argilo-limoneux, structure particulière, compact.

1967

0-15 cm : Horizon brun jaune, meuble mais cohérent, humide.

La structure est nette, grumeleuse à nuciforme moyenne. Les agrégats sont bien cohérents.

L'enracinement est bon. On note la présence de vers de terre.

15 cm : Horizon jaune rouge, ferme à friable, à structure continue.

N° de l'échantillon	Ro 30-13		LB 30-13	
	1	2	1	2
pH	5,3	5,0	4,4	4,5
Matière organique %	2,06	0,86	1,85	1,57
Azote total	1,39	0,62	1,42	0,80
Rapport C/N	8,6	8,0	7,53	11,37
Ca échangeable ‰	0,328	0,160	0,208	0,080
Mg " ‰	0,20	-	0,078	0,020
K " ‰	0,156	0,156	0,146	0,044
P " ‰	0,010	0,004	0,014	0,018
Capacité d'échange T m.e. %	8,0	5,7	5,80	3,80
Somme des bases échangeables S m.e. %	2,27	1,37	2,24	0,73

Tableau 4

Nous pouvons noter les points suivants :

- augmentation de la profondeur de l'horizon humifère structuré.
- Les principales données analytiques sont inchangées. Il faut noter cependant une légère diminution des teneurs en bases échangeables à l'exception du magnésium. Celle-ci est certainement due au lessivage.

- le pH a diminué nettement, ce qui est très dangereux.

Conclusions.

La régénération sous prairie avec apport de fumier avant la mise en culture provoque une légère amélioration des terres mises en défens.

La "régénération" par plantation d'Eucalyptus est sans action. Tout au plus le reboisement maintient - il l'intégrité de l'horizon supérieur, permettant peut-être un approfondissement de celui-ci. Le potentiel chimique a tendance à diminuer, le pH diminue fortement. On ne peut pas parler ici de régénération. Il fallait d'ailleurs s'y attendre.

1.3.1.1.2.- Effet de 15 ans de cultures sur trois sols de catégorie IIIa de RIQUIER.

Ces trois sols ont subi des traitements différents :

1)- Profil 14

Il n'a pas été possible de faire le prélèvement LB 30-14 à l'emplacement exact du prélèvement Ro 30-14, l'usine de fabrication d'aliment du bétail se trouvant actuellement à cet endroit.

Le prélèvement a été effectué à une cinquantaine de mètres du prélèvement Ro 30-14

Rotation depuis 1958.

58-61 - Prairie de Melinis

61-62 - Maïs

62-64 - Manioc

64-67 - Stylosanthès

Cette parcelle n'a jamais reçu de fumure.

- La pente est nulle

- Description du profil LB 30-14 (1967)

0-20 cm : Horizon brun rouge, limono-argilo-sableux, meuble mais cohérent, humide.

La structure est grumeleuse fine à moyenne, les agrégats sont cohérents.

L'enracinement est moyen. On note la présence de vers de terre nombreux.

20 cm : Horizon rouge brun, limono-argilo-sableux, ferme, humide.

La structure est polyédrique moyenne.

Il y a encore quelques racines.

2)- Profil n° 16

Ce profil a été observé sur la parcelle B3 Centre
Rotation

1953 : Arachide

1954 : Sorgho + Amberique

1955-57 : Manioc avec semis de pois Mascatte

1957-63 : Paturage amélioré à base de Ruttboelia exaltata et Pois Mascatte (fauché pour paille en 1959).

1964 : Manioc (Apport de fumier)

1966-67 : Maïs (Apport de fumier, de perlurée et de 400 kg/ha de 13-13-20)

- Pente à peu près nulle

- Description du profil

Ro 30-16 (1958)

0-15 cm : Horizon brun rouge, limoneux, à structure grumeleuse, meuble.

15 cm : Horizon rouge, limono-argileux, à structure particulière, compact.

- LB 30-16 (1967)

0-20 cm : Horizon brun rouge, limoneux, meuble, humide.

La structure est grumeleuse fine à moyenne, les agrégats ont une cohésion faible.

Le maïs a un bon enracinement.

Il y a quelques zones rouges dans l'horizon, correspondant à des remontées de l'horizon inférieur par le labour.

20 cm : Horizon rouge-brun, limono-argileux, très ferme, humide.

La structure est continue avec une structure secondaire polyédrique moyenne.

3)- Profil 19

Ce profil a été prélevé à Babeville nouveau village.

Rotation

1955-57 : Manioc

1958 : Reboisement en Eucalyptus

- Pente nulle

- Description

Ro 30-19 (1958)

Horizon humifère grumeleux de 10 cm de profondeur.

- LB 30-19 (1967)

Une litière de feuille d'Eucalyptus de 1 cm d'épaisseur repose directement sur le sol.

0-3 cm : Horizon brun noir, limono-argileux, meuble, humide.

La structure est grumeleuse moyenne. Les agrégats sont moyennement cohérents.

Cet horizon donne l'impression de résulter de l'activité faunique.

3-23 cm : Horizon brun rouge, limono-argilo-sableux, meuble mais cohérent, humide.

La structure est grumeleuse moyenne à grossière.

Les racines d'Eucalyptus sont nombreuses, la vie animale est intense. (Insectes et vers de terre).

23 cm : Horizon rouge brun, limono-argileux. (sous structure polyédrique grossière).

Principales données analytiques :

	Profil 14				Profil 16		Profil 19			
	1958		1967		1958	1967	1958		1967	
	sol	s/sol	sol	s/sol	sol	sol	sol	s/sol	sol	s/sol
pH	5.8	4.9	4.5	4.6	4.0	4.3	4.3	4.4	4.9	4.5
M.O. %	3.61	1.17	1.97	1.05	2.75	2.81	2.64	0.80	4.09	1.05
N ‰	1.42	0.93	1.74	0.98	0.93	1.58	1.33	0.81	1.68	0.80
C/N	14.7	7.3	6.55	6.22	17.2	10.32	11.4	5.8	14.11	7.62
Ca ‰	0.522	0.266	0.336	0.144	0.272	0.376	0.504	0.294	0.336	0.192
Mg ‰	0.480	0.096	0.078	0.107	-	-	-	-	0.122	0.166
K ‰	0.553	0.195	0.066	0.036	0.089	0.100	0.109	0.058	0.158	0.044
S m.e. %	8.0	1.98	2.62	1.73	1.86	3.47	2.9	1.71	3.17	2.49
T m.e. %	16,0	8,8	8,40	5,00	12,8	8,20	15	8,5	8,80	5,40

Tableau 5

Conclusions

En 1958 ROCHE estimait que le traitement de la parcelle 14 avait bien préservé le potentiel de production du sol, il notait toutefois une légère diminution du pH et du calcium échangeable.

Il estimait que les traitements appliqués aux parcelles 16 et 19, s'ils maintenaient à peu près les teneurs en acide phosphorique assimilable et en potasse échangeable, provoquaient une légère diminution de la teneur en matière organique, en azote total et une diminution nette en calcium et magnésium échangeables.

En 1967 nous devons noter les points suivants :

- en 9 ans nous assistons à une chute très importante de la fertilité de la parcelle 14. Bien que les prélèvements aient été effectués à des distances assez grandes (50 à 100 m) nous pouvons en conclure que le fait de cultiver des prairies et d'exporter du fourrage sans faire des apports de fumure ne préserve pas le potentiel de fertilité du sol. (Les deux prélèvements ont été effectués dans la même parcelle classée catégorie IIIa par RIQUIER. De plus, si au lieu de comparer les données analytiques, du profil 14 en 1967 à celle du profil 14 en 1958, on les compare aux données analytiques des profils 1 et 13 de RIQUIER, situés sur le même plateau et dans la même catégorie de sols, on constate la même chute spectaculaire).

Remarque : la faiblesse du rapport C/N de l'échantillon prélevé en 1967 peut paraître étonnamment faible, Ceci s'explique par le fait que depuis 3 ans le sol est recouvert par une prairie de Stylosanthès qui fixe dans le sol une quantité importante d'azote.

- La parcelle 16 accuse, elle, une augmentation de son potentiel de production.

La teneur en matière organique est à peu près la même mais cette matière organique est beaucoup mieux évoluée. La quantité d'azote total est presque doublée.

Les teneurs en bases échangeables et le pH ont augmenté de façon nette.

Seule la capacité d'échange accuse une diminution assez importante.

Nous devons noter que cette parcelle a reçu en deux ans 60 à 80 tonnes de fumier à l'hectare et 400 kg d'engrais composés 13-13-20 au cours de la campagne où a eu lieu le prélèvement.

- La parcelle 19 ne montre pas de très grand changement entre 1958 et 1967, si ce n'est une augmentation très importante du taux de matière organique, matière organique moins bien évoluée que sous la friche de 1958.

1.3.1.1.3.- Effet de 15 ans de culture sur deux parcelles de la classe IIIb.

Profil 15

Ce profil a été observé sur la parcelle B2 centre.

Rotation

1953 : Arachides

1954-56 ; Manioc avec semis de pois Mascatte

1956-59 : Régénération par prairie d'*Hyparrhenia*, *Hétéropogon* et pois Mascatte.

1959-62 ; Melinis

1962-65 : Stylonsanthès et Melinis (Apport de 100 kg/ha de perlurée en novembre 1963).

1965-66 : Maïs (Apport de fumier 30 T à 40 T/ha)

1966-67 : Manioc (Apport de 400 kg/ha de 13-13-20)

- Pente de l'ordre de 5 %

Description

- Ro 30-15 (1958)
- LB 30-15 (1967)

0-12 cm : Horizon brun rouge, limoneux, meuble, humide.

La structure est grumeleuse moyenne à très fine, les agrégats sont peu cohérents.

Entre 10 et 12 cm accumulation de matière organique non décomposée sur le fond du labour.

<12 cm : Horizon rouge, limono-argilo-sableux, très ferme, humide

La structure primaire est continue, avec une structure secondaire polyédrique.

On note sur les 4 à 5 premiers centimètres une zone plus dure à structure lamellaire. (semelle de labour).

Profil 17

Ce profil a été observé sur la parcelle B4 centre.

- Rotation

1953 : Arachides

1954-56 : Manioc avec semis de pois Mascatte

1956-58 : Prairie de graminées spontanées et de pois Mascatte

1958 : Essai coton

1959-60 : Maïs

1960-65 : Paturage de Brachiaria

1965-66 : Maïs (apport d'engrais 12-12-20)

1966-67 : Friche à base de Brachiaria et de Stylosanthès
quelques touffes d'Hyparrhenia.

- Pente 2 ‰

- Description

Ro 30-17 (1958)

0-30 cm : Horizon brun noir, humifère, grumelleux, meuble.

30-50 cm : Horizon jaune rouge, limoneux, structure particulière, cohérent.

IB 30-17 (1967)

0-20 cm : Horizon brun, limono-argilo-sableux, meuble mais cohérent, humide.

La structure est grumelleuse moyenne. Les agrégats sont cohérents.

Les racines sont nombreuses et saines, de nombreux agrégats y restent accrochés.

20 cm : Horizon brun rouge, limono-argileux, très ferme, humide.

La structure est continue.

Données analytiques.

	Profil 15				Profil 17	
	1958		1967		1958	1967
	sol	s/sol	sol	s/sol	sol	sol
Profondeur	0-10	10	0-12	12-40	0-30	0-20
pH	4,9	4,9	4,5	4,2	5,2	4,1
M.O. total %	2,89	0,96	3,97	1,19	3,09	4,35
Azote total ‰	1,2	0,61	1,54	0,78	1,80	1,62
C/N	14,0	9,1	14,9	8,9	10,0	15,5
Ca échangeable ‰	0,322	0,258	0,512	0,232	0,448	0,288
Mg " ‰	-	-	0,132	0,035	0,067	0,068
K " ‰	0,156	0,039	0,080	0,044	0,136	0,052
P assimilable ‰	0,012	0,012	0,048	0,014	0,010	0,048
S m.e. %	2,07	1,58	3,90	1,61	3,20	2,22
T m.e. %	12,0	8,0	7,60	4,40	14,8	8,60

Tableau 6

Conclusions

Les taux de matière organique des horizons supérieurs ont encore augmentés.

Le rapport C/N inchangé dans la parcelle 15 augmente considérablement (10,0 à 15,5) dans la parcelle 17. Ceci est dû à l'enfouissement d'une grande quantité de paille et de résidus de récolte en 1965 et 1966.

La somme des bases échangeables double dans la parcelle qui a reçu du fumier et des engrais minéraux. Elle diminue de près d'un tiers dans la parcelle qui a reçu uniquement une faible dose d'engrais composé 12-12-20.

Pour les deux sols considérés la remarque de ROCHE reste toujours valable.

- augmentation de l'épaisseur de la couche humifère de surface.
- amélioration de la teneur en bases.

Par contre il y a une diminution très nette du pH entre 1958 et 1967. Cette diminution est faible dans le cas du sol ayant reçu du fumier, très forte dans l'autre cas (plus d'une unité pH).

Par rapport aux valeurs de 1958 la capacité d'échange diminue nettement dans les deux sols.

1.3.1.1.4.- Conclusions

Les résultats de la mise en culture des terres des plateaux sur la ferme centrale de Babetville sont les suivants :

- Sols très érodés à régénérer

Seule une culture de prairie avec apport d'une fumure permet une régénération du potentiel de production du sol. Dans les autres cas, s'il n'y a pas apport de fumure on ne peut pas parler de régénération ni même de maintien du potentiel de production. On n'évite

ni la lixiviation, ni l'acidification.

- Sols de plateaux de la catégorie IIIa.

Une rotation, aussi étudiée soit elle (parcelle 14), entraîne une diminution du potentiel de production du sol s'il n'y a pas apport d'une fumure.

Par contre, lorsque cette rotation est accompagnée d'une fumure organique très forte et d'une fumure minérale, on assiste à une augmentation du potentiel de production du sol.

- Sols de plateaux de la catégorie IIIb.

De la même façon que pour les sols de la catégorie IIIa on peut constater que l'apport d'une fumure importante permet le maintien du potentiel de production, alors que l'apport d'une fumure légère ne permet pas le maintien de ce potentiel.

Dans tous les cas il y a une diminution du pH

1.3.1.2.- Chez les fermiers.

De tous les prélèvements effectués chez les fermiers, nous n'avons pu retrouver que l'emplacement des profils So 30-14 à 19 sur la ferme de TECHER Henri.

-Données rapides des rotations effectuées sur les terres de TECHER Henri.

Parcelle 14.

Cette parcelle comporte plusieurs "courbes de niveaux" qui ont subi le même traitement jusqu'en 1958. Après cette date les traitements ont varié suivant les courbes. Les chiffres 14, 14', 14" et 14''' indiquent les différentes courbes de la même parcelle.

- Courbe 14

1954 : Défrichage de la prairie naturelle d'Hyparrhenia
1954-1958 : Manioc (Prélèvements effectués sur manioc en 1958).
1958-1959 : Maïs
1959-1960 : Maïs (apport de fumier)
1960-1961 : Maïs
1961-1965 : Manioc
1965-1966 : Maïs
1966-1967 : Maïs

- Courbe 14'

1954 : Défrichage de la prairie naturelle d'Hyparrhenia
1954-1958 : Manioc
1958-1959 : Maïs
1959-1960 : Maïs
1960-1964 : Manioc
1964-1965 : Maïs
1965-1966 : Maïs (apport de fumier)
1966-1967 : Maïs

- Courbe 14''

1954 : Défrichage de la prairie naturelle d'Hyparrhenia
1954-1958 : Manioc
1958-1959 : Maïs
1959-1960 : Maïs
1960-1964 : Manioc
1964-1965 : Maïs
1965-1966 : Riz
1966-1967 : Manioc

- Courbe 14^m

1954 : Défrichage de la prairie naturelle d'Hyparrhenia
1954-1958 : Manioc
1958-1959 : Maïs
1959-1960 : Maïs
1960-1966 : Prairie
1966-1967 : Maïs

Parcelle 15

1958 : Défrichage de la prairie naturelle d'Imperata
1958-1959 : Maïs
1959-1960 : Maïs
1960-1963 : Manioc
1963-1964 : Maïs
1964-1967 : Manioc

Parcelle 16

1953 : Défrichage de la prairie naturelle
1953-1954 : Maïs
1954-1955 : Maïs (rendement nul)
1955-1957 : Engrais vert
1957-1958 : Maïs (apport de fumier 30 T/ha)
1958-1959 : Maïs
1959-1963 : Manioc
1963-1964 : Maïs
1964-1965 : Maïs
1965-1967 : Manioc

Parcelle 17

1954 : Défrichage de la prairie naturelle
1954-1955 : Maïs
1955-1957 : Engrais vert

1957-1958 : Maïs
1958-1962 : Manioc
1962-1963 : Engrais vert
1963-1964 : Maïs
1964-1967 : Manioc

Parcelle 18

1953-1954 : Engrais vert
1954-1955 : Maïs
1955-1957 : Manioc
1957-1958 : Maïs
1958-1960 : Prairie
1960-1961 : Maïs
1961-1962 : Maïs
1962-1965 : Manioc
1965-1966 : Riz
1966-1967 : Maïs

Parcelle 19

1953-1955 : Engrais vert
1955-1956 : Maïs
1956-1959 : Prairie
1959-1960 : Maïs
1960-1963 : Manioc
1963-1964 : Maïs
1964-1965 : Maïs
1965-1967 : Manioc

- Caractères analytiques (tableau 7) (p 41)
- Interprétation
- + Matière organique

Les teneurs en matière organique totale sont en augmentation sur toutes les parcelles, à l'exception de la parcelle 18 où la teneur en 1967 est à peu près identique à celle de 1958 et de la parcelle 14 où l'on note une diminution importante.

Les teneurs en azote total sont en augmentation sur toutes les parcelles y compris les parcelles 18 et 14. Ceci n'est pas en contradiction avec la remarque précédente. En effet sur les deux parcelles où le taux de matière organique n'a pas augmenté cette matière organique a évolué de façon rapide (le rapport C/N passe de 15,1 à 10,7 dans la parcelle 18, de 14,6 à 9 dans la parcelle 14).

Ceci nous montre que dans les sols mis en culture où l'on ne fait pas d'apport constant de matière organique (fumier, engrais vert, prairie ou résidu de récolte) la quantité de matière organique présente dans le sol diminue. Cette diminution est due au moins en partie à l'évolution rapide provoquée par un départ de l'activité biologique du sol modifiée par les façons culturales.

+ Phosphore assimilable.

Le taux en phosphore assimilable est en augmentation sur toutes les parcelles, à l'exception de la parcelle 16.

Cette augmentation ne peut pour l'instant s'expliquer que par une mise en circulation plus importante du phosphore organique du sol. On la remarque en effet sur toutes les parcelles, même celles qui n'ont reçu aucune fumure.

On peut penser également que la mise en culture en favorisant l'activité biologique des sols, favorise le développement de micro-organismes intervenant dans le cycle du phosphore.

Ces hypothèses seraient à vérifier par une expérimentation ultérieure.

Données analytiques

		Fumier en	Fumier en	Prairie		Fumier	Engrais	Prairie en	
		1960	1965	6 ans	retournée	en 1958	verts et	1958	
				fin 66			paturages		
N° de l'échantillon		14	14'	14"	14'''	15	16	18	19
pH	1958	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	5,5	4,5	4,5
	1967	4,9	4,6	4,9	4,7	4,5	4,6	4,4	4,35
M.O. %	1958	3,24	3,24	3,24	3,24	3,60	3,30	2,98	2,36
	1967	2,16	3,45	4,09	4,07	4,77	3,87	2,87	3,56
N ‰	1958	1,29	1,29	1,29	1,29	1,45	1,37	1,16	1,13
	1967	1,70	1,76	1,72	1,60	1,78	1,68	1,54	1,60
C/N	1958	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,1	15,1	12,1
	1967	9,06	11,36	13,78	14,75	15,50	13,33	10,78	12,87
P % assimil.	1958	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,125	0,014	0,014
	1967	0,056	0,034	0,042	0,032	0,048	0,108	0,024	0,038
Ca % échang.	1958	0,504	0,504	0,504	0,504	0,476	0,441	0,357	0,266
	1967	0,664	0,656	0,576	0,600	0,272	0,216	0,456	0,320
Mg % échang.	1958	0,225	0,225	0,225	0,225	0,220	0,256	0,031	0,096
	1967	0,112	0,122	0,093	0,097	0,059	0,093	0,088	0,097
K % échang.	1958	0,235	0,235	0,235	0,235	0,128	0,468	0,054	0,046
	1967	0,100	0,120	0,066	0,132	0,080	0,080	0,066	0,100
S m.e. %	1958	5,08	5,08	5,08	5,08	4,60	5,60	2,36	1,90
	1967	4,66	4,77	3,97	4,49	2,12	2,11	3,23	2,73
T m.e. %	1958	15,28	15,28	15,28	15,28	12,57	12,42	10,71	8,57
	1967	11,00	12,00	10,20	10,40	11,40	7,40	9,00	8,40

Tableau 7

Le cas de la parcelle 16, pour laquelle on note une légère diminution est particulier. Le prélèvement de 1958 avait été effectué juste après un épandage de fumier, ce qui explique la quantité importante de phosphore trouvée dans le sol.

Depuis 1958 il n'y a plus eu d'apport de fumure organique ou minérale. Il est donc normal de constater une diminution.

+ Les bases échangeables.

Les teneurs en calcium ont peu varié depuis 1958. On peut toutefois noter une légère augmentation sur toutes les parcelles, à l'exception des parcelles 15 et 16 où l'on note une très forte diminution. (près de la moitié)

Les teneurs en potassium échangeable sont en diminution sur presque toutes les parcelles. On peut la considérer comme inchangée sur la parcelle 18. Par contre on note une augmentation sur la parcelle 19, augmentation difficilement explicable si l'on ne tient pas compte du fait que cette parcelle a porté une prairie paturée de 1956 à 1959.

Si l'on considère les parcelles 14 on constate que la diminution la plus forte a affecté la parcelle 14" qui depuis 1954 subi la rotation maïs-manioc sans discontinuer, sans qu'il y ait eu apport d'une fumure quelle qu'elle soit. Ensuite vient la parcelle 14 qui a reçu du fumier en 1960, la parcelle 14' qui a reçu de fumier en 1965 et enfin la parcelle 14". Cette dernière parcelle n'a jamais reçu de fumure, mais elle a porté une prairie pendant 6 ans, de 1960 à 1966. Il ne faut pas en conclure que la prairie freine la perte de potassium du sol mais on doit plus tôt attribuer ce fait à ce que la prairie ayant été paturée pendant 6 ans le troupeau a fait d'importantes restitutions. / On peut rattacher la chute spectaculaire de la teneur en potassium de la parcelle 16 au fait que le prélèvement de 1958 avait été effectué juste après un épandage important de fumier.

Les teneurs en magnésium sont en diminution sur les parcelles 14 à 16. Par contre on note une augmentation sur les parcelles 17 à 19 qui avaient des valeurs très faibles en 1958. (La teneur de la parcelle 19 est en particulier surprenante).

La somme des bases échangeables a peu varié dans les parcelles 14', 14" et 17. Sur ces quatre parcelles les deux premières ont reçu du fumier, la troisième a porté pendant 6 ans une prairie paturée, la dernière a subi une rotation avec engrais vert. On note une légère augmentation pour les parcelles 18 et 19 qui ont porté des prairies paturées pendant 2 et 3 ans. (Il faut tout de même noter qu'au départ la somme des bases échangeables sur ces parcelles était très faible).

Enfin on note une diminution importante sur les parcelles 14" et surtout 16, parcelle qui depuis 1958 n'ont jamais eu de fumier ni jamais porté de prairie.

- La capacité d'échange.

Quels que soient les traitements, la capacité d'échange des sols considérés est en diminution. Cette diminution est surtout importante pour les parcelles 14 et très importante pour la parcelle 16.

- Le pH

Le pH est à peu près sans changement (variation de $\pm 0,3$ unité pH) exception faite de la parcelle 16, pour laquelle on note une diminution de près d'une unité pH. L'apport massif de fumier en 1958 avait provoqué une augmentation importante du pH. L'effet du fumier a disparu en 1967.

Conclusions.

La culture des terres de plateau provoque en général une augmentation de la teneur en matière organique des sols du simple fait des restitutions des résidus de récolte. Si ces restitutions sont trop faibles (feu, enlèvement des pailles) on assiste alors à une diminution de la teneur en matière organique qui évolue rapidement après la mise en culture.

La mise en culture provoque également une augmentation de la teneur en phosphore assimilable.

La teneur en calcium semble stationnaire, par contre la teneur en magnésium diminue..

La teneur en potassium diminue et il ne semble pas possible d'arrêter cette diminution par des apports de fumier (ceux-ci sont certainement trop faibles ou trop espacés) ou par des introductions de prairie dans la rotation. Ces deux techniques freinent quand même les diminutions du taux de potassium. Si le taux initial est très bas on peut espérer le relever quelque peu par des pâtures.

L'apport de fumier ou l'adoption de rotations convenables permettent à peu près le maintien de la somme des bases échangeables quand celle-ci est moyenne, une légère augmentation lorsqu'elle est très faible au départ.

Par contre une rotation telle que maïs-manioc provoque rapidement une diminution de S.

L'effet du fumier, s'il est net, n'est que transitoire (parcelle 16 1958-1967)

Le pH, qui a diminué assez fortement de 1953 à 1958 (à peu près une unité pH) semble actuellement stabilisé.

1.3.2.- Comparaison de solsayant reçu du fumier à des dates différentes.

1.3.2.1.- Description des sols et données analytiques

Les prélèvements ont été effectués sur 4 parcelles d'une même ferme, sur un plateau assez homogène (On pourra s'en rendre compte en examinant la granulométrie des 4 échantillons).

Toutes ces parcelles ont subi la rotation maïs-manioc. Les parcelles sont en général propres et bien tenues.

L'horizon humifère d'une épaisseur de 20 cm, très faiblement structuré, repose sur un horizon rouge jaune très compact.

La parcelle LB 30-53 a reçu du fumier en 1961.

La parcelle LB 30-54 a reçu du fumier en 1963

La parcelle LB 30-55 a reçu du fumier en 1964

La parcelle LB 30-57 a reçu de fumier en 1965

Dans tous les cas les doses étaient très importantes et voisines de 60 tonnes à l'hectare.

	LB 30-53 1961	LB 30-54 1963	LB 30-55 1964	LB 30-57 1965
pH	4,55	4,6	4,65	4,5
Sables totaux %	44,21	42,85	40,95	44,52
Argile + Limon %	53,50	54,00	53,50	49,75
Matière organique %	2,12	2,07	4,51	4,66
Azote total %	1,64	1,58	1,66	2,30
C/N	7,50	7,59	15,72	11,73
P ₂ O ₅ %	0,050	0,044	0,026	0,092
Ca éch. %	0,208	0,288	0,416	0,560
Mg éch. %	0,127	0,097	0,127	0,180
K éch. %	0,100	0,132	0,146	0,192
Somme des bases éch. m.e. %	2,39	2,60	3,54	5,40
Capacité d'échange m.e. %	7,40	9,60	8,60	9,60
Degré de saturation V %	32	27	41	56

Tableau 8

1.3.2.2.- Interprétation et conclusion.

L'apport de quantité massive de fumier provoque une augmentation de la teneur en matière organique du sol, augmentation très fugace car une activité biologique et chimique importante fait évoluer très rapidement cette matière organique. La forte teneur en matière organique peu évoluée de la parcelle 55 est due à un enfouissement de très importants résidus de récolte (maïs) à la campagne précédente. (On ne constate pas le même phénomène sur les autres parcelles car le fermier considéré brûle très souvent les résidus de récolte pour faciliter le labour).

Les teneurs en acide phosphorique semblent peu influencées par l'apport de fumier et ici encore semblent surtout dépendre de la quantité de matière organique très évoluée.

Les teneurs en les autres éléments (K, Ca, Mg) sont fortement augmentées par un apport massif de fumier.

Après un an le sol est moyennement riche en calcium et en magnésium, riche en potassium.

Après deux ans le sol est pauvre en magnésium et en calcium, moyennement riche en potassium.

Après trois et cinq ans le sol est pauvre à très pauvre en calcium, pauvre en magnésium, mais toujours moyennement pourvu en potassium (Les teneurs en potassium échangeable diminuent quand même nettement).

L'apport de fumier a donc une action bénéfique sur les teneurs du sol en matière organique et en bases échangeables, mais cette action est très fugace. En trois à quatre ans les teneurs en ces différents éléments redeviennent très basses. Il ne semble pas avoir d'influence importante sur la teneur en phosphore, le pH, ni sur la capacité d'échange.

Il aurait été intéressant de connaître par exemple les rendements en maïs sur les différentes parcelles. Malheureusement trois d'entre elles sont plantées en manioc. Le rendement approximatif obtenu sur la parcelle LB 30-57 est de 4 tonnes de maïs grain à l'hectare. Une parcelle ayant reçu du fumier en 1966 (où nous n'avons pas fait de prélèvement à cause de l'hétérogénéité : fumier mal décomposé) a donné un rendement de 5 tonnes à l'hectare. D'après les observations faites par le fermier le rendement diminue fortement en quelques années et passe de 4 à 5 tonnes à l'hectare l'année où a eu lieu l'épandage à 2 tonnes et moins au bout de 4 à 5 ans.

1.3.3.- Comparaison des caractères d'un échantillon des sols de plateau en 1967 aux caractères des mêmes sols en 1954.

1.3.3.1.- Données analytiques

Les valeurs retenues pour l'année 1954 sont celles données par RIQUIER dans la notice sur la carte d'utilisation des sols, feuille d'Ankadinondry et de Babetville. Les résultats analytiques portent sur une vingtaine de sols. Dans la notice il n'est pas fait de différence entre les sols de classe IIIa et de classe IIIb.

Les caractères analytiques de 1967 sont ceux de 44 sols situés sur le périmètre cartographié par RIQUIER en 1954, soit sur des zones classées en classe IIIa, soit sur des zones classées en classe IIIb. Ces sols correspondent à des parcelles ayant reçu des traitements différents:

- rotation maïs-manioc sans jachère et sans fumier
- rotation maïs-manioc sans jachère avec fumier
- rotation avec jachère sans fumier
- rotation avec jachère avec fumier
- rotation avec prairie paturée.
- reboisement.

Les valeurs de ces caractères analytiques sont données dans les deux tableaux (9 et 10). Les sols classés en classe IIIa et IIIb ont été séparés ce qui nous permettra de comparer ensuite les deux classes entre elles.

Profondeur	Mat. org. ‰	C / N	P. assimil. ‰	Ca. échang. ‰	Mg échang. ‰	K échang. ‰	S. bases éch. meq %	Cap. d'éch. meq %	p. H
25 LB30-49 ▽	4,66 LB30-58 △ P	16,31 LB30-45 ● F 59	0,068 LB30-38 ● F 65	0,672 LB30-38 ● F 65	0,175 LB30-38 ● F 65	0,166 LB30-47 ○ P	5,16 LB30-38 ● F 65	12,80 LB30-38 ● F 65	5,10 LB30-47 ○ P
25 LB30-59 ▽ F 63 E	4,51 LB30-45 ● F 59	15,78 LB30-51 △	0,068 LB30-R14 ▲	0,528 LB30-46 ●	0,166 LB30-46 ●	0,158 LB30-R19 □	4,24 LB30-46 ●	10,80 LB30-59 ▽ F 63 E	4,90 LB30-40 ○
25 LB30-39 +64, ▽ 65-66	4,25 LB30-38 ● F 65	15,18 LB30-38 ● F 65	0,058 LB30-R16 ▲ F 66 E	0,496 LB30-45 ● F 59	0,156 LB30-R16 ▲ F 66 E	0,132 LB30-38 ● F 65	3,86 LB30-45 ● F 59	10,60 LB30-58 △ P	4,90 LB30-R19 □
25 LB30-38 ● F 65	4,25 LB30-46 ●	14,81 LB30-50 ● F 64	0,056 LB30-36 ▽ 65-66	0,472 LB30-58 △	0,150 LB30-47 ○ P	0,132 LB30-51 △	3,54 LB30-47 ○ P	10,00 LB30-46 ●	4,90 LB30-46 ●
23 LB30-R19 □	4,14 LB30-50 ● F 64	14,67 LB30-58 △ P	0,050 LB30-47 ○ P	0,448 LB30-59 ▽ F 63 E	0,127 LB30-45 ● F 59	0,120 LB30-45 ● F 59	3,47 LB30-R16 ▲ F 66	10,00 LB30-50 ● F 64	4,80 LB30-39 +64 ▽ 65-66
22 LB30-48 ▽ F 65	4,09 LB30-R19 □	14,54 LB30-36 ▽ 65-66	0,048 LB30-39 +64-65-66	0,416 LB30-50 ● F 64	0,122 LB30-R19 □	0,120 LB30-48 ▽ F 65	3,29 LB30-50 ● F 64	9,80 LB30-45 ● F 59	4,70 LB30-36 ▽ 65-66
22 LB30-45 ● F 59	3,87 LB30-36 ▽ 65-66	14,11 LB30-R19 □	0,046 LB30-40 ○	0,376 LB30-R16 ▲ F 66	0,107 LB30-48 ▽ F 65	0,120 LB30-50 ● F 64	3,24 LB30-58 △ P	9,40 LB30-47 ○ P	4,70 LB30-37 ▽ 65-66
20 LB30-36 ▽ 65-66	3,87 LB30-59 ▽ F 63 E	14,00 LB30-59 ▽ F 63 E	0,040 LB30-58 △	0,368 LB30-47 ○ P	0,107 LB30-50 ● F 64	0,100 LB30-R16 ▲ F 66	3,17 LB30-R19 □	9,00 LB30-39 +64 ▽ 65-66	4,65 LB30-45 ● F 59
20 LB30-R14 ▲	3,82 LB30-51 △	13,37 LB30-46 ●	0,038 LB30-60M ▽ 63-66	0,336 LB30-R14 ▲	0,088 LB30-37 ▽ 64-67	0,100 LB30-58 △ P	2,96 LB30-48 ▽ F 65	8,80 LB30-R19 □	4,60 LB30-50 ● F 64
20 LB30-40 ○	3,18 LB30-47 ○ P	13,14 LB30-48 ▽ F 65	0,034 LB30-46 ●	0,336 LB30-R19 □	0,088 LB30-39 ▽ 65-66	0,084 LB30-60M ▽ 63-66	2,89 LB30-59 ▽ F 63 E	8,60 LB30-36 ▽ 65-66	4,60 LB30-51 △
20 LB30-R16 △ F 66 E	3,18 LB30-48 ▽ F 65	12,96 LB30-49 ▽	0,032 LB30-50 ● F 64	0,320 LB30-39 +64-65-66	0,088 LB30-49 ▽	0,080 LB30-37 ▽ 64-67	2,62 LB30-R14 ▲	8,40 LB30-R14 ▲	4,60 LB30-58 △ P
20 LB30-60 ▽ 63-66	3,18 LB30-49 ▽	11,64 LB30-47 ○ P	0,030 LB30-R19 □	0,320 LB30-48 ▽ F 65	0,088 LB30-51 △	0,080 LB30-46 ●	2,50 LB30-39 +64-65-66	8,40 LB30-48 ▽ F 65	4,50 LB30-38 ● F 65
20 LB30-60M ▽ 63-66	2,81 LB30-40 ○	11,39 LB30-60 ▽ 63-66	0,030 LB30-60 ▽ 63-66	0,288 LB30-49 ▽	0,083 LB30-60M ▽ 63-66	0,066 LB30-39 +64 ▽ 65-66	2,36 LB30-49 ▽	8,20 LB30-R16 ▲ F 66 E	4,50 LB30-R14 ▲
20 LB30-46 ●	2,81 LB30-R16 △ F 66 E	10,87 LB30-40 ○	0,026 LB30-48 ▽ F 65	0,224 LB30-40 ○	0,078 LB30-36 ▽ 65-66	0,066 LB30-R14 ▲	1,99 LB30-60M ▽ 63-66	8,00 LB30-49 ▽	4,50 LB30-48 ▽ F 65
2 LB30-47 ○ P	2,38 LB30-60M ▽ 63-66	10,32 LB30-R16 ▲ F 66 E	0,026 LB30-49 ▽	0,208 LB30-60M ▽ 63-66	0,078 LB30-R14 ▲	0,066 LB30-49 ▽	1,92 LB30-37 ▽ 64-67	7,20 LB30-60M ▽ 63-66	4,50 LB30-49 ▽
20 LB30-51 △	2,12 LB30-37 ▽ 64-67	9,72 LB30-60M ▽ 63-66	0,022 LB30-49 ● F 59	0,192 LB30-36 ▽ 65-66	0,078 LB30-58 △	0,052 LB30-36 ▽ 65-66	1,77 LB30-40 ○	7,00 LB30-60 ▽ 63-66	4,40 LB30-60M ▽ 63-66
15 LB30-59 ▽ F 63 E	2,12 LB30-39 +64 ▽ 65-66	9,18 LB30-39 +64 ▽ 65-66	0,022 LB30-59 ▽ F 63 E	0,176 LB30-60 ▽ 63-66	0,068 LB30-60 ▽ 63-66	0,052 LB30-40 ○	1,68 LB30-51 △	6,60 LB30-37 ▽ 64-67	4,30 LB30-R16 ▲ F 66 E
15 LB30-37 ▽ 64-67	2,12 LB30-60 ▽ 63-66	8,91 LB30-37 ▽ 64-67	0,018 LB30-37 ▽ 64-67	0,144 LB30-36 ▽ 65-66	0,059 LB30-40 ○	0,050 LB30-59 ▽ F 63 E	1,52 LB30-60 ▽ 63-66	6,20 LB30-40 ○	4,25 LB30-60 ▽ 63-66
10 LB30-58 △ P	1,97 LB30-R14 ▲	6,55 LB30-R14 ▲	0,018 LB30-51 △	0,112 LB30-51 △	0,059 LB30-59 ▽ F 63 E	0,042 LB30-60 ▽ 63-66	1,50 LB30-36 ▽ 65-66	6,00 LB30-51 △	4,20 LB30-59 ▽ F 63 E

P : parcelle pâturée
J 63-66 : parcelle en jachère de 1963 à 1966.
F 65 : parcelle ayant reçu du fumier en 1965
E : parcelle ayant reçu des engrais minéraux.

△ sol jamais cultivé sous prairie
○ prairie naturelle de plus de 6 ans.
▽ jachère
▼ rotation B.D.P.A.
□ bois
● rotation maïs - manioc

S O L S D E L A C L A S S E I I I A
T A B L E A U 9

Profondeur	Matière organique %	C/N	P. assimilable %	Calcium %	Mg échang. %	K échang. %	Somme des bases échan. meq %	Capacité d'échange meq %	p H.
25 LB 30-11 ▲ F 65	5,30 LB 30-44 Δ	16,56 LB 30-17 ●	0,108 LB 30-16 ● F 58	0,664 LB 30-14 ● F 60	0,204 LB 30-44 Δ	0,224 LB 30-43 ●	5,53 LB 30-44 Δ	12,00 LB 30-14' ● F 65	5,3 LB 30-44 Δ
25 LB 30-33 ●	4,77 LB 30-15 ●	15,99 LB 30-44 Δ	0,100 LB 30-9 ▽ F 66 E	0,656 LB 30-14' ● F 65	0,184 LB 30-52 ○	0,212 LB 30-44 Δ	4,77 LB 30-14' ● F 65	11,40 LB 30-15 ●	5,0 LB 30-52 ○
25 LB 30-34 ●	4,56 LB 30-41 ● F 66	15,57 LB 30-41 ● F 66	0,056 LB 30-14 ● F 60	0,656 LB 30-44 Δ	0,136 LB 30-33 ●	0,166 LB 30-11 ▲ F 65	4,66 LB 30-14 ● F 60	11,00 LB 30-14 ● F 60	4,9 LB 30-14 ● F 60
25 LB 30-35 ● F 65	4,40 LB 30-17 ●	15,55 LB 30-R17 ▲ E	0,054 LB 30-17 ●	0,600 LB 30-14''' ● P	0,136 LB 30-43 ●	0,146 LB 30-41 ● F 66	4,49 LB 30-14''' ▽ P	10,40 LB 30-14''' ▽ P	4,9 LB 30-14''' ●
23 LB 30-42 ● F 65	4,35 LB 30-R17 ▲ E	15,50 LB 30-15 ●	0,052 LB 30-32 ● F 64	0,576 LB 30-14''' ●	0,132 LB 30-R15 ▲ F 65 E	0,146 LB 30-13 Δ P	4,14 LB 30-43 ●	10,20 LB 30-14''' ▽ P	4,9 LB 30-43 ●
23 LB 30-32 ● F 64	4,09 LB 30-14'' ●	14,93 LB 30-R15 ▲ F 65 E	0,048 LB 30-R15 ▲ F 65 E	0,512 LB 30-R15 ▲ F 65 E	0,122 LB 30-14' ● F 65	0,132 LB 30-14''' ▽ P	3,99 LB 30-52 ○	9,80 LB 30-41 ● F 66	4,85 LB 30-41 ● F 66
20 LB 30-R17 ▲ E	4,07 LB 30-14''' ▽ P	14,75 LB 30-14''' ▽ P	0,048 LB 30-R17 ▲ E	0,512 LB 30-41 ● F 66	0,117 LB 30-41 ● F 66	0,120 LB 30-14' ● F 65	3,97 LB 30-41 ● F 66	9,40 LB 30-44 Δ	4,8 LB 30-8 Δ
20 LB 30-9 ▽ F 66 E	3,97 LB 30-R15 ▲ F 65 E	14,02 LB 30-42 ● F 65	0,048 LB 30-15 ●	0,488 LB 30-43 ●	0,117 LB 30-42 ● F 65	0,120 LB 30-42 ● F 65	3,97 LB 30-14''' ●	9,20 LB 30-52 ○	4,75 LB 30-42 ● F 65
20 LB 30-9 ▽ F 66 E	3,97 LB 30-42 ● F 65	13,81 LB 30-9 ▽ F 66 E	0,048 LB 30-35 ● F 65	0,456 LB 30-18 ▽ P 59-60	0,112 LB 30-14 ● F 60	0,100 LB 30-9 ▽ F 66 E	3,90 LB 30-R15 ▲ F 65 E	9,00 LB 30-18 ▽ P 59-60	4,7 LB 30-11 ▲ F 65
20 LB 30-14 ● F 60	3,97 LB 30-16 ● F 58	13,78 LB 30-14''' ●	0,042 LB 30-14''' ●	0,448 LB 30-52 ○	0,102 LB 30-35 ● F 65	0,100 LB 30-14 ● F 60	3,38 LB 30-42 ● F 65	8,80 LB 30-17 ●	4,7 LB 30-14''' ▽ P
20 LB 30-14' ● F 65	3,56 LB 30-19 ▽ P 56-59	13,33 LB 30-16 ● F 58	0,042 LB 30-44 Δ	0,416 LB 30-42 ● F 65	0,097 LB 30-14''' ▽ P	0,100 LB 30-19 ▽ P 56-59	3,23 LB 30-18 ▽ P 59-60	8,60 LB 30-R17 ▲ E	4,6 LB 30-14' ● F 65
20 LB 30-14'' ●	3,45 LB 30-14' ● F 65	12,87 LB 30-19 ▽ P 56-59	0,038 LB 30-19 ▽ P 56-59	0,336 LB 30-8 Δ	0,097 LB 30-19 ▽ P 56-59	0,080 LB 30-R15 ▲ F 65 E	3,07 LB 30-33 ●	8,40 LB 30-19 ▽ P 56-59	4,6 LB 30-16 ● F 58
20 LB 30-14''' ▽ P	3,35 LB 30-43 ●	12,66 LB 30-31 ▽	0,034 LB 30-11 ▲ F 65	0,336 LB 30-17 ●	0,097 LB 30-31 ▽	0,080 LB 30-8 Δ	2,83 LB 30-11 ▲ F 65	8,20 LB 30-42 ● F 65	4,6 LB 30-33 ●
20 LB 30-15 ●	3,18 LB 30-52 ○	11,55 LB 30-43 ●	0,034 LB 30-14' ● F 65	0,336 LB 30-33 ●	0,093 LB 30-14'' ●	0,080 LB 30-15 ●	2,73 LB 30-19 ▽ P 56-59	8,00 LB 30-43 ●	4,5 LB 30-R15 ▲ F 65 E
20 LB 30-16 ● F 58	3,02 LB 30-8 Δ	11,36 LB 30-8 Δ	0,032 LB 30-14''' ▽ P	0,320 LB 30-11 ▲ F 65	0,093 LB 30-16 ● F 58	0,080 LB 30-16 ● F 58	2,45 LB 30-8 Δ	7,60 LB 30-R15 ▲ F 65 E	4,5 LB 30-15 ●
20 LB 30-17 ●	2,87 LB 30-18 ▽ P 59-60	11,36 LB 30-14' ● F 65	0,026 LB 30-8 Δ	0,320 LB 30-19 ▽ P 56-59	0,088 LB 30-18 ▽ P 59-60	0,080 LB 30-52 ○	2,43 LB 30-17 ●	7,40 LB 30-16 ● F 58	4,5 LB 30-31 ▽
20 LB 30-18 ▽ P 59-60	2,81 LB 30-9 ▽ F 66 E	10,78 LB 30-18 ▽ P 59-60	0,026 LB 30-52 ○	0,312 LB 30-34 ●	0,078 LB 30-11 ▲ F 65	0,066 LB 30-14''' ●	2,24 LB 30-13 Δ P	7,40 LB 30-34 ●	4,4 LB 30-13 Δ P
20 LB 30-19 ▽ P 56-59	2,73 LB 30-33 ●	10,31 LB 30-32 ● F 64	0,024 LB 30-18 ▽ P 59-60	0,288 LB 30-R17 ▲ E	0,078 LB 30-13 Δ P	0,066 LB 30-18 ▽ P 59-60	2,22 LB 30-R17 ▲ E	7,20 LB 30-11 ▲ F 65	4,4 LB 30-18 ▽ P 59-60
20 LB 30-31 ▽	2,71 LB 30-31 ▽	10,13 LB 30-33 ●	0,022 LB 30-34 ●	0,272 LB 30-15 ●	0,068 LB 30-R17 ▲ E	0,066 LB 30-31 ▽	2,12 LB 30-15 ●	7,00 LB 30-33 ●	4,4 LB 30-34 ●
20 LB 30-41 ● F 66	2,66 LB 30-11 ▲ F 65	10,00 LB 30-52 ○	0,018 LB 30-31 ▽	0,240 LB 30-9 ▽ F 66 E	0,068 LB 30-17 ●	0,066 LB 30-33 ●	2,11 LB 30-16 ● F 58	5,80 LB 30-13 Δ P	4,35 LB 30-19 ▽ P 56-59
18 LB 30-43 ●	2,66 LB 30-14 ● F 60	9,62 LB 30-11 ▲ F 65	0,018 LB 30-33 ●	0,216 LB 30-16 ● F 58	0,059 LB 30-15 ●	0,052 LB 30-R17 ▲ E	1,97 LB 30-34 ●	5,80 LB 30-8 Δ	4,3 LB 30-12 ● F 64
15 LB 30-13 Δ P	2,28 LB 30-32 ● F 64	9,06 LB 30-14 ● F 60	0,018 LB 30-42 ● F 65	0,208 LB 30-13 Δ P	0,049 LB 30-8 Δ	0,052 LB 30-34 ●	1,88 LB 30-9 ▽ F 66 E	5,80 LB 30-32 ● F 64	4,4 LB 30-9 ▽ F 66 E
10 LB 30-R15 ▲ F 65 E	2,12 LB 30-34 ●	8,23 LB 30-35 ● F 65	0,018 LB 30-43 ●	0,176 LB 30-32 ● F 64	0,030 LB 30-9 ▽ F 66 E	0,052 LB 30-35 ● F 65	1,83 LB 30-31 ▽	5,60 LB 30-35 ● F 65	4,15 LB 30-17 ●
10 LB 30-52 ○	1,85 LB 30-13 Δ P	7,99 LB 30-34 ●	0,014 LB 30-13 Δ P	0,160 LB 30-31 ▽	0,030 LB 30-32 ● F 64	0,046 LB 30-17 ●	1,31 LB 30-32 ● F 64	5,00 LB 30-9 ▽ F 66 E	4,1 LB 30-R17 ▲ E
8 LB 30-8 Δ	1,85 LB 30-35 ● F 65	7,53 LB 30-13 Δ P	0,014 LB 30-41 ● F 66	0,152 LB 30-35 ● F 65	0,030 LB 30-34 ●	0,040 LB 30-32 ● F 64	1,26 LB 30-35 ● F 65	5,00 LB 30-31 ▽	4,1 LB 30-35 ● F 65

SOLS DE LA CLASSE III B

TABLEAU 10

Dans ces tableaux le nombre représentatif du caractère analytique considéré est suivi du numéro du profil et d'un signe distinctif indiquant les traitements subis par les parcelles. (voir légende)

Les apports de fumier sont en général de l'ordre de 30 à 40 T à l'hectare. Les apports d'engrais minéraux sont de l'ordre de 400 kg. d'un engrais composé 10-10-20.

Enfin le tableau (II) indique l'amplitude des valeurs citées par RIQUIER en 1954, l'amplitude et la moyenne des valeurs obtenues en 1967.

	1954	1967	
		Amplitude	Moyenne
Matière organique %	3 à 5	1,85 à 5,30	3,35
C/N	12 à 13	0,22 à 16,56	12,37
Ca échangeable ‰	0,714 à 1,428	0,112 à 0,672	0,342
Mg " ‰	0,210 à 0,300	0,030 à 0,204	0,099
K " ‰	0,060	0,026 à 0,244	0,096
P assimilable ‰	0,010 à 0,038	0,014 à 0,108	0,038
Somme des bases éch. m.e. %	3	1,26 à 5,53	2,95
Capacité d'échange m.e. %	10 à 15	5,00 à 12,80	8,40
pH	6,1 à 6,3	4,1 à 5,3	4,6

Tableau 11 : Caractéristiques analytiques par RIQUIER en 1954
et par le laboratoire de l'I.R.A.M. en 1967

1.3.3.1.- Interprétation

- Caractères généraux.

On constate tout d'abord que la mise en culture provoque un agrandissement de l'amplitude des intervalles de valeurs des caractères analytiques des différents sols, ce qui est normal.

Si l'on considère les valeurs moyennes on peut considérer que la teneur en matière organique et le degré d'évolution de cette matière organique sont à peu près inchangés.

Les teneurs en potasse échangeable et en phosphore assimilable sont augmentées.

Les teneurs en calcium échangeable, en magnésium échangeable, la capacité d'échange et le pH sont diminués.

- Etude des différents éléments.

+ La matière organique et son évolution.

L'amplitude des teneurs en matière organique et de la valeur du rapport C/N est très grande. Dans les sols à forte teneur en matière organique, cette matière organique est peu évoluée, alors que dans les sols à faible teneur, le C/N est bas.

L'observation des tableaux ne semble pas montrer qu'il y ait une influence prépondérante d'un traitement sur la teneur en matière organique des sols.

Les deux traitements qui a priori auraient du avoir une influence (l'apport de fumier en faisant augmenter le taux de matière organique, la rotation maïs-manioc seuls en le faisant diminuer) se distribuent de la façon suivante :

pourcentage des sols
étudiés ayant reçu du
fumier.

36 %

pourcentage des sols
ayant reçu du fumier
dans les parcelles dont
la teneur en M.O. est
supérieure à la moyenne

42 %

pourcentage des sols
ayant reçu du fumier
dans les parcelles
à C/N supérieur à
la moyenne.

41 %

pourcentage des sols étu-
diés ayant subi la rotation
maïs-manioc.

16 %

pourcentage des sols
ayant subi la rotation
maïs-manioc dans les
parcelles dont la te-
neur en M.O. est supé-
rieure à la moyenne.

19 %

- id -

16 %

Il n'y a donc pas d'action nette de ces deux traitements. Ceci s'explique de la manière suivante :
Quel que soit le traitement le développement des récoltes permet au moment du labour un apport important de matière organique, matière organique non évoluée à C/N élevé.

Par contre, il arrive fréquemment que les fermiers, pour faciliter le labour, brûlent les résidus de récolte. Dans ce cas, quel que soit le traitement; le travail du sol entraîne une évolution rapide de la matière organique avec diminution de la quantité de celle-ci et diminution parfois très importante du rapport C/N. (Le rapport C/N extrêmement bas de 6,55 a déjà été expliqué par la présence sur la parcelle 14 de la ferme centrale d'une prairie de Stylosanthès de 3 ans).

Un traitement semble affecter cependant la teneur en matière organique des sols. Les parcelles qui ont été en jachère ces deux dernières années ont une teneur en matière organique plus faible. Alors que les sols ayant subi ce traitement représente 14 % des sols étudiés, ils ne présentent que 5 % des sols ayant une quantité de matière organique supérieure à la moyenne. Ces jachères sont en général assez pauvres et de plus, l'herbe qui s'y développe est souvent fauchée pour faire de la litière. Le travail du sol, précédemment, a provoqué un évolution rapide de la matière organique, évolution qui n'est plus compensée par des restitutions nouvelles.

+ Les bases échangeables.

Nous avons vu que les teneurs en bases échangeables à l'exception du potassium étaient en nette diminution. (Il semble d'ailleurs que les valeurs citées par RIQUIER en 1954 soient un peu fortes. Sur 5 prélèvements sur sols jamais cultivés nous avons trouvé personnellement.

Ca échangeable ‰ ; de 0,112 à 0,656

Mg " ‰ : de 0,078 à 0,204

Les chiffres cités par ROCHE pour un sol de la catégorie IIIb (Profil Ro 30-18) sont de :

Ca échangeable ‰ : 0,196

Mg " ‰ : 0,097

Si ~~ce~~ pas un seul des traitements n'évite la perte en calcium et magnésium il en est un tout de même qui est beaucoup moins nocif que les autres. En effet, les parcelles qui ont reçu de fumier représentent 36 % des sols étudiés. Elles représentent par contre 52 % des parcelles dont la teneur en calcium échangeable est supérieure à la moyenne et 61 % des parcelles dont la teneur en magnésium échangeable est supérieure à la moyenne.

Les autres traitements n'ont pas d'influence et sont également répartis.

Ici aussi, il faut noter que les parcelles du traitement jachère sont les plus atteintes par la perte en bases. Elles représentent 14 % des sols étudiés mais il n'y en a pas une seule parmi les parcelles ayant une teneur en calcium ou magnésium échangeables supérieure à la moyenne. On peut d'ailleurs faire la même constatation pour toutes les caractéristiques du sol. Comme il ne semble pas, à priori, que la pratique de la jachère doivent être à ce point néfaste nous sommes amenés à penser que les parcelles qui y sont soumises ne sont pas réparties au hasard sur les exploitations. Au contraire les fermiers laissent en friche leur plus mauvaises terres, ce qui est une politique explicable mais qui est dangereux à long terme, car la jachère sert tout de même, nous l'avons vu tout à l'heure, de source de litière et parfois de fourrage, ce qui provoquera un appauvrissement encore plus prononcé.

La teneur en potassium, elle, est en augmentation nette. Mais elle est en augmentation uniquement pour des parcelles ayant subi deux traitements : l'apport du fumier ou la pâture.

Sur les 20 parcelles dont la teneur en potassium est supérieure à la moyenne, 55 % ont reçu des apports de fumier, 25 % ont porté des pâtures. Sur les quatre parcelles qui restent deux sont plantées d'Eucalyptus. Or les reboisements, peu nombreux, servent d'ombrage aux boeufs qui y séjournent de longs moments. Ceci est particulièrement

net pour la parcelle LB 30 - R 19 qui se trouve dans le village.

Par contre, si l'on considère les parcelles qui ont subi la rotation maïs-manioc, on remarque qu'il n'y en a pas une seule dans le groupe de tête (teneur en potassium supérieur à la moyenne). Il en est de même pour les parcelles ayant subi le traitement jachère.

La somme des bases échangeables est en légère augmentation, mais comme pour le potassium cette augmentation ne concerne que les parcelles ayant reçu du fumier ou porté une pâture, à quelques exceptions près. C'est l'augmentation forte de quelques parcelles qui provoque ainsi une élévation de la moyenne générale.

+ La capacité d'échange, quels que soient les traitements, est en nette diminution.

+ La mise en culture, quels que soient les traitements effectués a provoqué une diminution très nette du pH, par rapport à ceux cités par RIQUIER en 1954. Cette diminution s'est faite très rapidement la moyenne des pH des sols étudiés par ROCHE en 1958 (38 prélèvements) est de 4,7. Il semble donc que le pH soit actuellement stabilisé.

(Les chiffres cités par RIQUIER semblent forts; Sur les prélèvements sur sols jamais cultivés nous avons trouvé personnellement des pH variant de 5,3 à 4,4. ROCHE cite pour un sol classé en catégorie IIIb par RIQUIER en 1954 (profil Ro 30-18) un pH de 4,9).

1.3.3.3.- Conclusions

La mise en culture des terres de plateaux provoque une évolution rapide de la matière organique, évolution qui provoque une diminution du taux dans les sols. Cependant cette diminution est facilement compensée (on note même souvent une augmentation) par les restitutions des résidus de récoltes.

Quels que soient les traitements la teneur en phosphore assimilable augmente; cette augmentation pourrait être due à une libération accrue de phosphore organique, (augmentation de la vitesse du cycle de la matière organique), ou à une accélération du cycle du phosphore minéral.

Les apports de fumier, s'ils n'empêchent pas la diminution des taux de calcium et de magnésium échangeable, la freinent tout de même nettement.

Ils provoquent une augmentation de la teneur en potasse et de la somme des bases échangeables (Le même effet sur le potassium et la somme des bases échangeables est provoqué par la pâture).

Le traitement rotation maïs-manioc ne semble pas plus nocif que les autres traitements sans fumier si ce n'est quant au taux de potasse échangeable.

Tous les traitements provoquent une diminution du pH.

1.3.4.- Comparaisons des caractères analytiques des sols de plateaux classés en 1954 en catégorie IIIa et en catégorie IIIb, après 15 ans de culture.

1.3.4.1.- Données analytiques

Les caractères analytiques de ces sols sont donnés dans les tableaux 9 et 10.

Les moyennes pour chaque caractère et les comparaisons des populations par la méthode des analyses de variances sont donnés dans le tableau 12.

	Profondeur en cm	Matière organique %	C/N	Phosphore assimilable ‰	Calcium échan. ‰	Magnesium échan. ‰	Potassium échan. ‰	S méq. %	T méq. %	pH
Variation Totale	742 D.L. 43	35,7744 D.L. 43	309,0651 D.L. 43	0,018092 D.L. 43	1,037899 D.L. 43	0,068589 D.L. 43	0,083890 D.L. 43	50,9826 D.L. 43	153,6391 D.L. 43	3,048 D.L. 43
Variation entre groupes	8 D.L. 1	0,0217 D.L. 1	0,4660 D.L. 1	0,000007 D.L. 1	0,024577 D.L. 1	0,000490 D.L. 1	0,000257 D.L. 1	0,5917 D.L. 1	3,4622 D.L. 1	0,0023 D.L. 1
Variation inter-groupe	734 D.L. 42	35,7527 D.L. 42	308,5991 D.L. 42	0,018085 D.L. 42	1,013322 D.L. 42	0,058099 D.L. 42	0,083633 D.L. 42	50,3909 D.L. 42	150,2769 D.L. 42	3,1025 D.L. 42
F calculé	2,12	39	15,4	61	1,01	3,30	7,74	2,02	1,04	32
F des 5 % tables 1 %	251 6286	251 6286	251 6286	251 6286	4,07 7,27	251 6286	251 6286	251 6286	251 6286	251 6286
Résultats	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Tableau 12

Comparaison statistique par analyse de variance
des caractéristiques analytiques des sols rangés
en classe IIIa et IIIb en 1954 par RIQUIER

1.3.4.2.- Conclusions

Après 15 ans de culture il n'y a pas de différences entre les sols classés en 1954 en catégorie IIIa et ceux classés en classe IIIb. Cette constatation qui découle de l'étude des caractères analytiques est d'ailleurs très nette sur le terrain.

La différence essentielle, qui était l'épaisseur de l'horizon humifère, est totalement supprimée. L'épaisseur actuelle de l'horizon agropédique est uniquement fonction de la profondeur du labour. Ceci est en particulier rendu possible par la faible différence texturale qui existe entre l'horizon humifère et l'horizon sous-jacent.

C'est pour cette raison que nous n'avons pas fait de distinction entre les sols de la classe III dans la carte des aptitudes culturales des sols.

1.4.- Détermination des carences en vases de végétation

1.4.1.- Description des sols et données analytiques

1.4.1.1.- Données analytiques

Nous avons fait les prélèvements sur les trois parcelles suivantes :

- Une parcelle n'ayant jamais été cultivée (sol vierge)
- Une parcelle cultivée depuis 1953 et n'ayant jamais reçu de fumure (sol épuisé)
- Une parcelle cultivée depuis 1953 ayant reçu une forte fumure organique (60 tonnes de fumier à l'hectare) en 1965 (sol fumé)

	Sol vierge	Sol épuisé	Sol fumé
pH	4,9	4,35	4,5
Sable grossier %	26,74	25,22	25,29
Sable fin %	12,50	11,27	12,72
Sable très fin %	9,05	6,19	6,51
Limon %	14,50	21,00	29,00
Argile %	32,00	31,50	20,75
Matière organique %	4,20	3,82	4,66
Azote ‰	1,32	1,56	2,30
C/N	18,41	14,17	11,73
Acide phosphorique assim. ‰	0,024	0,052	0,092
Ca échangeable ‰	0,292	0,176	0,560
Mg " ‰	0,066	0,054	0,180
K " ‰	0,062	0,050	0,192
Somme des bases éch. S m.e. %	2,23	1,51	5,40
Capacité d'échange T m.e. %	7,10	7,70	9,60
Degré de saturation	31,40	19,61	56,25

Tableau 13

1.4.1.2.- Interprétation des données analytiques

Le sol cultivé depuis 1953 a subi par rapport au sol vierge une baisse importante de son niveau de fertilité (exception faite pour le phosphore), ce qui confirme les conclusions tirées des études précédentes.

L'apport massif de fumier au contraire provoque une amélioration du niveau de la fertilité. (Jusqu'à présent nous avons parlé d'un maintien ou même seulement d'un ralentissement de la diminution. L'amélioration s'explique ici par l'apport massif).

1.4.2.- Résultats des études de carences en vases.

La méthode utilisée est celle mise au point à l'I.R.A.T. sous

ESSAI VV 123 SAKAY

Somerset soil vierge

Récolte en grammes
de matières sèches

Fumure complète

P

K

Ca

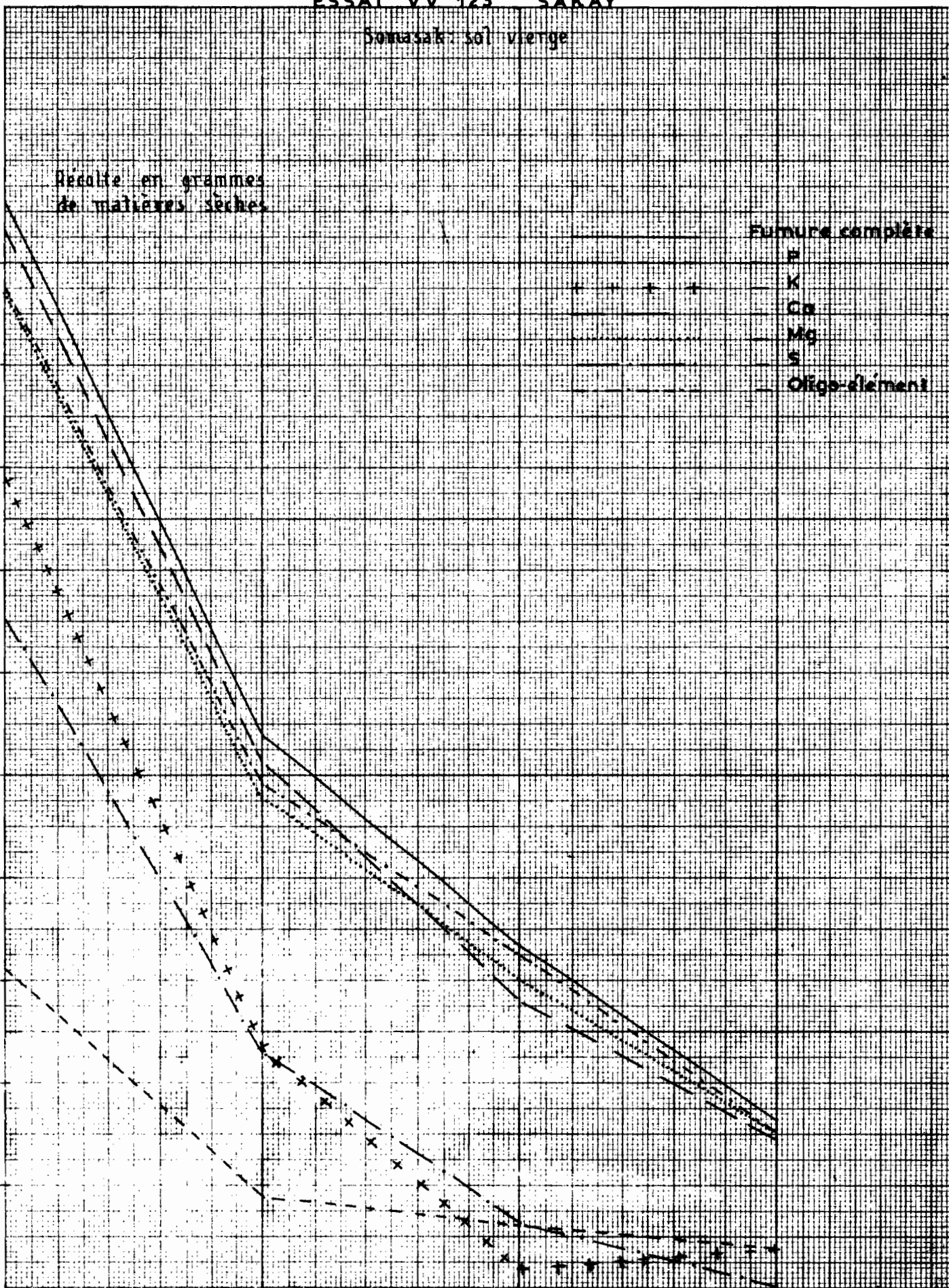
Mg

S

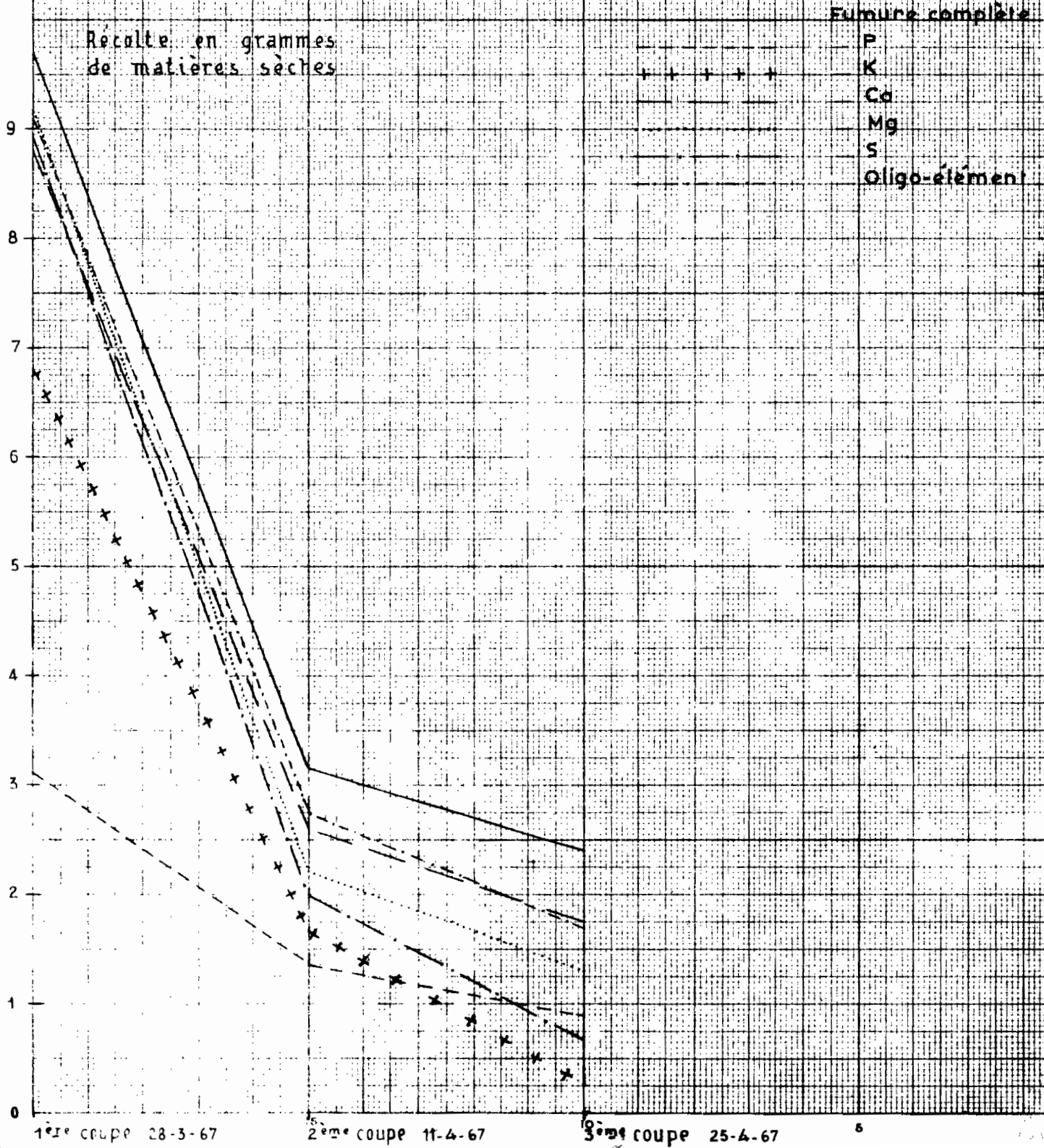
Oligo-élément

10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

1^{ère} coupe 23-2-67 2^{ème} coupe 9-3-67 3^{ème} coupe 25-3-67 4^{ème} coupe 6-4-67

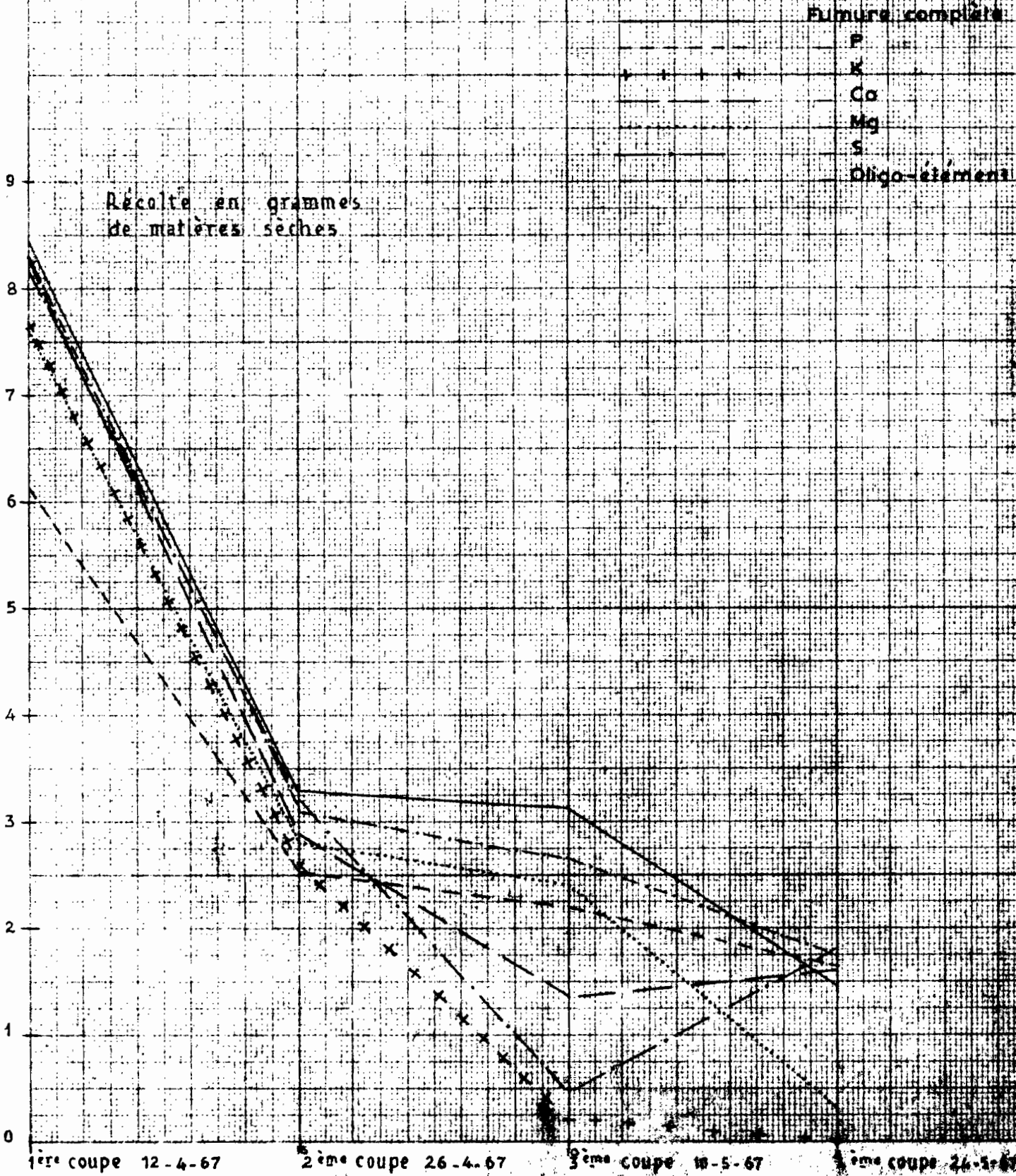


BDPA B4 : sol "épuié"



ESSAI VV 125 SAKAY

Fontaine: sol cultivé et fumé



la direction de M. Le Professeur CHAMINADE.

1.4.2.1. Expression des résultats.

Pour chaque essai les poids de matière sèche récoltée pour les différents traitements sont portés sur un même graphique. Ces poids représentent la moyenne des trois répétitions effectuées pour chaque traitement.

Les essais sur sol vierge et sur sol fumé ont été conduits jusqu'à la 4^{ème} coupe, celui sur sol épuisé jusqu'à la 3^{ème} coupe.

Faute de place les trois essais n'ont pas pu être menés en même temps. L'essai sur sol vierge a été effectué le premier, ensuite celui sur sol épuisé, enfin celui sur sol fumé. La période des essais allant de début Février à fin Mai, la température allait donc en diminuant ce qui explique la diminution régulière des rendements.

La diminution de la stabilité structurale et de la perméabilité est peut être aussi un facteur défavorable mais pour le mettre en évidence il aurait fallu que les trois essais soient simultanés.

1.4.2.2.- Interprétation des résultats

Que ce soit sur sol vierge ou sur sol épuisé une carence grave en phosphore apparaît dès la première coupe (29 % et 32 % du rendement de la fumure complète). L'augmentation nette de la teneur en phosphore dans le sol cultivé n'est donc pas suffisante. Les diminutions de rendement pour les deuxième et troisième coupes sont tout de même beaucoup moins importantes, sur ce dernier.

Par contre, sur le sol fumé, bien que le rendement de la première coupe du traitement sans phosphore soit inférieur au rendement du traitement avec la fumure complète (72 %) on ne peut pas parler de carence. Il faut noter d'ailleurs que cette différence diminue ensuite.

Pour le potassium il n'y a pas non plus de différence entre le sol vierge et le sol épuisé. Il y a une carence nette en cet élément. (chute légère des rendements à la première coupe, chute importante aux coupes suivantes). Le sol fumé, lui, marque une carence secondaire (chute très importante des rendements à la troisième et à la quatrième coupe).

Le sol vierge présente une carence nette en soufre, alors que dans le sol "épuisé" elle n'est que secondaire et dans le sol fumé elle est inexistante. Le fait que la carence en soufre soit beaucoup moins grave dans le sol "épuisé" que dans le sol vierge est sans doute dû à une augmentation de l'activité biologique dans le premier.

Le sol vierge n'est carencé ni en magnésium ni en calcium, alors que dans le sol épuisé et le sol fumé on peut noter une diminution de rendement par rapport à la fumure complète à la troisième coupe.

1.4.2.3.- Conclusions

- Le sol vierge marque une carence grave en phosphore, une carence nette en potassium et en soufre.

- Le sol épuisé marque une carence grave en phosphore (moins grave à partir de la deuxième coupe) une carence nette en potassium et des carences secondaires en calcium, magnésium et soufre.

- Le sol fumé ne présente aucune carence nette. On peut noter des carences secondaires en potassium, soufre et phosphore.

1.5.- CONCLUSIONS

- Les essais de régénération des sols ferrallitiques de plateau menés uniquement par des techniques culturales sans apport de fumure montrent que cette régénération n'est pas possible. Tout au plus constate-t-on un maintien de l'état structural et de la teneur en matière organique, que ce soit sous prairie ou sous bois les teneurs en

bases échangeables restent faibles ou diminuent. Il n'est d'ailleurs pas logique d'espérer une amélioration du niveau de fertilité chimique par une simple mise en défens sous bois ou sous prairie. (A l'exception du niveau azoté si l'on plante des légumineuses).

- La mise en culture sans restitution et sans rotation étudiée (et c'est la plus fréquente à l'heure actuelle) provoque :

- + une dégradation de l'état structural des sols
- + une diminution du niveau de fertilité chimique à l'exception du niveau phosphore et peut être du niveau soufre.
- + une diminution du pH.

Cette dégradation de l'état structural des sols, si elle n'apparaît pas comme étant un facteur limitant du développement racinaire des plantes (dans les conditions grossières des observations effectuées) provoque cependant une gêne à la levée des plantules et une diminution de l'alimentation en eau des plantes. En outre elle facilite une érosion intense sous ce climat agressif.

La diminution du niveau de fertilité chimique (lié d'ailleurs à la dégradation de l'état structural par l'érosion) provoque très nettement des diminutions de rendements qui deviennent rapidement dérisoires (300 à 500 kg à l'hectare pour le maïs).

La juxtaposition de ces deux phénomènes a d'ailleurs été à l'origine de l'abandon de nombreuses fermes par les fermiers réunionnais.

La diminution du pH est particulièrement grave et doit être étudiée avec soin. Il faut en effet craindre dans ce cas des phénomènes de toxicité manganique et aluminique. De plus la libération de manganèse échangeable peut provoquer la formation d'agrégats très fermes et non mouillables.

Ces phénomènes sont tout de même moins à craindre dans les sols riches en matière organique (ce qui est le cas pour la zone étudiée),

car les éléments libérés sont complexés par les acides humiques.

Toute mise en culture n'est cependant pas impossible.

L'introduction dans la rotation de 3 années de prairie naturelle ou artificielle, si elle ne supprime pas toute dégradation de l'état structural, permet le maintien de celui-ci à un niveau qui n'est pas trop préjudiciable aux sols et aux cultures.

L'apport de fumier en quantité importante permet le maintien et parfois même une amélioration du niveau chimique de fertilité. Mais l'effet du fumier est relativement fugace et les apports doivent être effectués assez fréquemment.

Ainsi donc, dans les conditions actuelles, la mise en culture des sols ferrallitiques des plateaux du moyen-ouest malgache est possible sans que soit porté un préjudice au capital sol si l'on respecte les deux principes suivant (déjà énoncés en 1953 par RIQUIER, puis par ROCHE en 1958, mais jamais suivis).

- Rotation de 7 ans avec trois ans de prairie
- Apport important (au moins 50 tonnes à l'hectare) de fumier en début de rotation. L'apport de fumier tous les sept ans seulement est déjà un peu faible.

Techniquement donc le problème est résolu. Mais ici l'on se heurte à un problème économique : la production de fumier en quantité suffisante. Les fermiers commencent à comprendre l'intérêt des apports de fumier (la chute des rendements sur les parcelles non fumées et l'observation des parcelles fumées ont été concluantes). S'ils cultivent encore tant de parcelles sans faire d'apport de fumier c'est qu'il ne leur est pas possible d'en produire en quantité suffisante.

La mise en valeur sur de grandes surfaces du moyen-ouest malgache n'est donc pas possible si l'on ne veut utiliser que du fumier. Il est indispensable d'utiliser une fumure minérale (l'argumentation

des adversaires de cette méthode, fondée sur le prix des engrais chimiques ne tient plus quand on sait que le fumier a été acheté de 1 à 2 francs le kilo au début de la dernière campagne agricole, ce qui porte le coût de la fumure d'un hectare entre 60.000 et 120.000 ₣s)

Nous avons donc pour cette raison mis en place un essai en vue de déterminer une formule de fertilisation minérale sur les terres de plateau.

2 - Mise au point d'une fumure minérale de redressement.

Nous avons opéré à la fois à la serre en petits vases de végétation, et au champ

2.1.- Détermination des réponses au phosphore et à la potasse en petits vases de végétation.

2.1.1.- Méthodes.

La technique utilisée est la même que celle utilisée pour la détermination des carences en petits vases de végétation (3-4).

Nous avons apporté à tous les pots, et par kilo de terre, 350 mg de CaO, 100 mg de MgO, 100 mg de soufre et un mélange d'oligo-éléments. Les pots de l'essai de phosphore à doses croissantes recevaient en plus 1 gr. de K₂O et les pots de l'essai de potasse à doses croissantes recevaient 1 gr. de P₂O₅. Tous ces éléments étaient mélangés au sol avant le début de l'essai.

Dans les séries de courbes de réponse au phosphore nous avons apporté 0,125, 250, 375, 500, 750 et 1000 mg. de P₂O₅. Les mêmes doses de K₂O ont été utilisées pour les séries de courbes de réponse à la potasse.

Trois coupes ont été effectuées pour l'essai portant sur la terre épuisée et quatre coupes sur l'essai portant sur la terre de défriche.

2.1.2.- Résultats.

2.1.2.1.- Terre de défriche

2.1.2.1.1.- Courbe de réponse à la potasse

2.1.2.1.1.1.- Résultats

Traitements	Rendements	1ère coupe	2ème coupe	3ème coupe	4ème coupe	Total
0 mg de K ₂ O		7,917	2,322	0,159	0,357	10,755
125		9,512	3,672	1,056	0,417	14,657
250		9,525	4,117	1,734	0,402	15,778
375		9,722	4,045	2,164	0,374	16,305
500		9,385	4,318	2,607	0,857	17,167
750		9,607	4,673	3,032	1,366	18,678
1000		9,763	5,022	3,282	1,618	19,685

Tableau 14

Les rendements sont donnés en grammes de matière sèche.

2.1.2.1.1.2.- Conclusions

Si l'on considère le total des 4 coupes on voit que l'essai est hautement significatif et que l'apport de potasse à doses croissantes provoque des augmentations de rendements jusqu'aux doses les plus élevées (p.p.d.s. à 5 % = 0,911 g.) Ceci semble être en contradiction avec la détermination des carences en pots qui n'indiquait qu'une carence secondaire.

L'observation attentive de chaque coupe nous permet d'expliquer ce phénomène.

1^{ère} coupe.

Résultats hautement significatifs, c.v. 2,4 % , p.p.d.s. à 5 % = 0,401 g.

Seul le traitement 1 (sans potasse) est différent des autres. Il n'y a aucune différence significative entre les autres traitements.

Ceci confirme que la carence en potasse est faible et qu'un faible apport suffit à la corriger : 125 mg.

2^{ème} coupe.

Résultats hautement significatifs, c.v. = 4,9 %, plus petite différence significative à 5 % 0,357 g.

A la deuxième coupe nous voyons que les traitements se séparent en quatre groupe :

le traitement 1, le traitement 2, les traitements 3, 4, 5, les traitements 6 et 7.

Dès la deuxième coupe les réserves en potasse du sol s'épuisent et l'on constate un effet des doses croissantes de potasse.

Cependant si les fortes doses 6 et 7 marquent, on ne voit pas de différence entre les doses 3, 4 et 5 (différences faibles entre ces doses d'apport).

3ème coupe.

Résultats hautement significatifs.

c.v. = 10,5 %

p.p.d.s. à 5 % = 0,375 g.

Tous les traitements sont différents les uns des autres à l'exception des deux derniers.

Les réserves du sol sont à peu près épuisées et le rendement est uniquement fonction des doses de potasse apportées.

Il n'y a pas de différences significatives entre les traitements 6 et 7. Au-dessus de 750 mg. de potasse il n'y a plus d'effet.

4ème coupe.

Les résultats sont hautement significatifs, le c.v. = 24,6 %
p.p.d.s. à 5 % = 0,338

Il n'apparaît plus de différence significative entre les traitements 1, 2, 3, et 4, le traitement 5 à rendement intermédiaire, les traitements 6 et 7 ont le rendement le plus fort. Les réserves de potasse du sol et la potasse apportée sont épuisées pour les traitements apportant jusqu'à 375 mg. de potasse. Par contre pour les traitements 5, 6 et 7 les doses étant nettement plus fortes (surtout pour les traitements 6 et 7) il reste dans le sol une quantité de potasse échangeable significativement plus importante.

Ceci tendrait à montrer également que c'est le potassium échangeable apporté qui est absorbé préférentiellement et qu'une fois que ce potassium est absorbé le ray grass vit sur les réserves du sol qui, si elles s'amenuisent, ne disparaissent pas (libération progressive).

Alors qu'à la première coupe les résultats des traitements 4, 5, 6 et 7 n'étaient pas différents significativement, à la deuxième coupe le rendement du traitement 4 est inférieur à celui des traitements 5, 6 et 7.. A la deuxième coupe il faut donc apporter une quantité de phosphore légèrement supérieure à la première pour corriger la carence. Ceci doit correspondre à une légère diminution du stock.

2.1.2.2.- Terre épuisée.

2.1.2.2.1.- Courbe de réponse à la potasse

2.1.2.2.1.1.- Résultats

Traitements	Rendements 1ère coupe	2ème coupe	3ème coupe	Total
1	6,789	1,680	0,264	8,733
2	8,702	2,550	1,660	12,912
3	8,618	2,655	1,684	12,957
4	8,817	2,720	2,246	13,783
5	8,813	2,843	1,882	13,538
6	8,787	3,137	2,325	14,249
7	9,334	2,651	2,158	14,143

Tableau 16

Les résultats sont hautement significatifs (total des 3 coupes).

c.v. = 2,5 %

p.p.d.s. à 5 % = 0,593 g.

Il y a une inversion des rendements entre les traitements 4 et les traitements 5. Les rendements augmentent jusqu'au traitement 5. Les rendements des pots ayant subi les traitements 4, 6 et 7 ne sont pas différents. Ici encore la réponse à la potasse est plus importante que ne le laissait prévoir la détermination des carences en vases.

L'observation des rendements des coupes successives nous amène aux mêmes conclusions que pour la courbe de réponse à la potasse du sol de défriche, bien qu'ici les différentes constatations soient moins nettes. On observe en particulier une diminution significative du rendement pour le traitement 7 à la deuxième coupe. A la troisième coupe le rendement du traitement 5 est significativement inférieur à ceux des traitements 4, 6 et 7.

2.1.2.2.2.- Courbe de réponse au phosphore

2.1.2.2.2.1.- Résultats

Traitements	Rendements 1ère coupe	2ème coupe	3ème coupe	Total
1	3,102	1,345	0,921	5,368
2	7,479	2,091	1,833	11,403
3	9,302	2,544	1,877	13,723
4	8,835	3,116	2,184	14,135
5	8,695	3,162	1,250	13,107
6	9,156	2,669	2,265	14,090
7	8,980	3,269	2,109	14,358

Tableau 17

Les résultats sont hautement significatifs (total des 3 coupes)
c.v. = 1,7 % p.p.d.s. à 5 % = 0,386 g.

L'apport de 250 mg de P₂O₅ suffit pour corriger la carence déterminée en vase.

Il faut prévoir un apport de 200 à 300 unités de phosphore à l'hectare. VELLY et al (15).

2.2.- Essais au champ.

2.2.1.- Principes

La technique adoptée est celle mise au point à l'I.R.A.M. d'après la doctrine énoncée par Monsieur le Professeur CHAMINADE en 1963 : les sols ferrallitiques qui en général portent des cultures à très faible rendement, sont capables d'assurer des rendements satisfaisants à condition que soient corrigées d'abord leurs carences minérales.

Il faut donc d'abord déterminer la nature des carences; la méthode retenue est celle de l'expérimentation en petits vases de végétation (paragraphe 1.4.)

Ceci étant fait il faut fixer le volume d'éléments à apporter pour supprimer ces carences; la technique adoptée est celle dite des "courbes de réponse". Celle-ci permet de déterminer la fertilité potentielle du sol pour des conditions physiques du sol et climatiques données.

Dans chaque essai, un seul élément est placé à doses croissantes les autres éléments étant fournis abondamment, de telle sorte que seul l'élément étudié limite la croissance de la plante. La réponse de la plante est mesurée d'une façon précise par le rendement par unité de surface. Les apports d'éléments sont très importants car comme nous l'avons vu il s'agit de déterminer la fertilité potentielle du sol. En raison des prix trop élevés des engrais en région tropicale, il est presque toujours antiéconomique d'amener le sol à la fertilité maximum. Du fait de l'écrasement de la courbe de

réponse vers les fortes doses d'engrais il est possible d'obtenir des rendements de 50 à 80 % du rendement maximum avec des quantités d'engrais très inférieures à celles correspondant à ce rendement maximum. Chaninade (3-4).

La plante test utilisée à l'I.R.A.M. est le maïs, pour les raisons suivantes :

- c'est une plante exigeante donc sensible aux fumures
- sélectionnée génétiquement, donc stable et homogène
- sans maladie grave
- cultivée un peu partout à Madagascar.

L'objet de ces essais n'est donc pas l'étude de la fertilisation du maïs, mais la mise au point d'une fertilisation minérale adaptée aux sols considérés. Des études faites dans la Province de Tananarive (12) montrent d'ailleurs qu'il y a une corrélation entre les rendements obtenus avec du maïs et ceux que l'on pourrait obtenir avec d'autres cultures: ainsi, là où sont obtenus des rendements de l'ordre de 25 à 30 quintaux de maïs grain à l'hectare on pourra espérer des rendements de :

- 10 à 15 T/ha de pommes de terre
- 1 à 1,2 T/ha de haricots (graines)
- 0,7 à 0,8 T/ha de tabac commercialisable.

Les éléments testés ont été l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium ensemble.

Deux séries d'essais ont été conduites :

Une série sur sol épuisé

Une série sur sol de défriche récente

Cette dernière avait d'ailleurs été mise en place lors de la campagne précédente (1965-1966).

La campagne 1966-1967 sur ce sol est donc la continuation de l'expérimentation 1965-1966, sauf pour la courbe de réponse à la dolomie, mise en place en 1966. (En deuxième année on n'apporte plus d'éléments minéraux, à l'exception de l'azote).

2.2.2.- Protocoles des essais

2.2.2.1.- Matériel végétal

La plante utilisée a été un maïs hybride de Rhodésie SR 13. En première année sur défriche on avait utilisé un maïs local).

2.2.2.2.- Dispositifs expérimentaux.

Les essais ont été conduits sous la forme de blocs de Fisher avec six traitements et six répétitions. Les essais de réponse à la dolomie n'ont eu que quatre traitements et quatre répétitions.

La taille des parcelles est de 5,6 m x 10 m

Le terrain a été labouré à 30 cm de profondeur.

Les grains de maïs, enrobés d'aldrine, ont été semés à la densité de :

- 70 x 40 cm sur l'essai 1965-1966
- 70 x 40 cm sur l'essai "défriche" (à l'exception de la courbe de réponse à l'azote semée à la densité 70 x 30 cm).
- 70 x 30 cm sur l'essai sol "épuisé" (à l'exception de la courbe de réponse à la dolomie semée à la densité 70 x 40 cm).

2.2.2.3.- Traitements

2.2.2.3.1.- Courbe de réponse à l'azote.

- 1.- Pas d'azote
- 2.- 80 unités d'azote à l'hectare
- 3.- 120 --"
- 4.- 160 --"
- 5.- 200 --"

6.- 300 unités d'azote à l'hectare

Toutes les parcelles reçoivent en outre 500 unités de K_2O , 1000 unités de P_2O_5 , 3000 kg de dolomie, 10 kg de nutramine (oligo-éléments) et 50 kg d'aldrépoudre (5 % d'aldrine) à l'hectare.

L'apport d'azote a été fractionné : $1/3$ au semis et $2/3$ au moment de la floraison mâle.

2.2.2.3.2.- Courbe de réponse au phosphore

- 1.- Pas de phosphore
- 2.- 100 unités d'acide phosphorique
- 3.- 200 --"
- 4.- 300 --"
- 5.- 400 --"
- 6.- 1000 --"

Toutes les parcelles ont reçu en outre 500 unités de potasse, 3000 kg de dolomie, 10 kg de nutramine et 50 kg d'aldrépoudre (5 % d'aldrine) à l'hectare.

Les apports d'azote, qui ont été de 200 unités à l'hectare sur le sol de défriche et de 300 unités à l'hectare sur le sol épuisé ont été fractionnés: $1/3$ au semis, $2/3$ au moment de la floraison mâle.

2.2.2.3.3.- Courbe de réponse au potassium

- 1.- Pas de potassium
- 2.- 90 unités de potasse à l'hectare
- 3.- 180 --"
- 4.- 270 --"
- 5.- 360 --"
- 6.- 600 --"

Toutes les parcelles ont reçu en outre 1000 unités d'acide phosphorique, 3000 kg de dolomie, 10 kg de nutramine et 50 kg d'aldripoudre à l'hectare.

Les apports d'azote, qui ont été de 200 unités à l'hectare sur la défriche et de 300 unités à l'hectare sur le sol épuisé, ont été fractionnés.

2.2.2.3.4.- Courbe de réponse à la dolomie

- 1.- Pas de dolomie
- 2.- 300 kg de dolomie à l'hectare
- 3.- 1000 "-
- 4.- 2000 "-

La dolomie d'Antsirabe utilisée à une richesse approximative de 30 % de CaO et de 20 % de MgO.

Toutes les parcelles ont reçu en outre 1000 unités d'acide phosphorique, 500 unités de potasse, 10 kg de nutraminc, 50 kg d'aldrépoudre à l'hectare.

Les apports d'azote, qui ont été de 200 unités à l'hectare sur la défriche et de 300 unités à l'hectare sur sol épuisé, ont été fractionnés.

2.2.3.- Résultats

2.2.3.1.- Sur défriche

Les résultats portent sur deux années d'expérimentation pour les courbes de réponse à l'azote, au phosphore et à la potasse; sur ces essais, seuls les apports d'azote et d'aldrépoudre ont été effectués pour la campagne 1966-1967.

2.2.3.1.1.- Courbe de réponse à l'azote

Traitements	Rendements en 1966	Rendements en 1967
N 0	1727 kg/ha	3724 kg/ha
N 80	4015 "	6463 "
N 120	5030 "	6065 "
N 160	4987 "	5690 "
N 200	5332 "	6871 "
N 300	5224 "	7388 "
	c.v. = 8,7 %	c.v. = 16 %
	p.p.d.s. à 5 % = 453 kg/ha	p.p.d.s. à 5 % = 1149 kg/ha
Témoin absolu	1269 kg/ha	1176 kg/ha

Tableau 18 : rendement obtenu sur défriche pour l'essai d'azote à doses croissantes.

2.2.3.1.1.1.- Campagne 1965-1966

Au cours de cette campagne l'apport d'azote avait été fractionné en trois parties : 1/3 au semis, 1/3 après 30 jours, 1/3 à la floraison mâle.

L'essai est très hautement significatif

- au-delà de 120 kg d'azote, la fumure azotée ne marque plus. L'arrêt sans transition de l'action de l'azote, s'explique par la sécheresse qui a particulièrement touché les maïs développés.
- Le manque d'azote agit presque comme un facteur limitant absolu puisque les parcelles sans aucune fertilisation produisent 1269 kg/ha alors que les parcelles N 0 qui ont reçu en abondance tous les autres éléments n'ont produit que 1727 kg/ha.

2.2.3.1.1.2.- Campagne 1966-1967.

- Comportement des essais au cours de la campagne

Les essais se sont bien comportés au cours de la campagne.

Il faut toutefois noter 2 faits.

+ Le vent soufflant très fortement a cassé de nombreux plants et lacéré les feuilles (on a constaté que les plants les moins résistants à la verse étaient ceux qui avaient reçu les plus faibles doses d'azote).

+ Une période de sécheresse (dernière semaine Janvier, 1^{ère} semaine de Février) a sévit au moment du début de la floraison mâle, ce qui a entraîné un retard du deuxième apport d'azote. Les plants montraient de nombreux symptômes de faim d'azote à la fin de cette période.

Ceci a sans doute provoqué une diminution des rendements.

- Interprétation

L'essai est hautement significatif

- + Les rendements augmentent jusqu'à la dose de 300 unités d'azote à l'hectare. (Nous ne voyons pas d'explication pour l'inversion des rendements de 80 à 160 unités d'azote).
- + Alors que sur la défriche l'azote agissait comme un facteur limitant absolu, au bout d'un an de culture il n'en est plus de même. L'apport de tous les éléments sauf l'azote a permis un triplement des rendements. La première année la décomposition des résidus de la défriche a certainement concurrencé l'alimentation azotée du maïs. La seconde année cette concurrence est beaucoup moins forte et de plus la mise en culture provoque une évolution rapide de la matière organique, ce qui provoque une mise à la disposition des plantes d'une plus grande quantité d'azote assimilable. Il y a une augmentation nette du rendement moyen de l'essai. Cette augmentation peut sans doute être imputée à la disparition de l'effet de défriche. Il faut toutefois remarquer que pour la campagne 1966-1967 il y a eu un changement de la densité de semis (70 x 30 cm au lieu de 70 x 40 cm) ce qui a introduit une nouvelle variable, l'augmentation de pieds à l'hectare a peut être également provoqué une augmentation de rendement. Il y a également eu un changement de variété (SR 13 Rhodésie).

2.2.3.1.2.- Courbe de réponse au phosphore.

Tableau .../-

Traitements	Rendements 1966	Rendements 1967
P 0	3087 kg/ha	4456 kg/ha
P 100	4080 "	5013 "
P 200	4317 "	5068 "
P 300	5030 "	5465 "
P 400	5440 "	5876 "
P 1000	5310 "	5724 "
	c.v. = 20,2 %	c.v. = 16,7 %
	p.p.d.s. à 5 % = 1096 kg/ha	N.S.
Témoin absolu		564 kg/ha

Tableau 19 : Rendements obtenus sur défriche pour l'essai de phosphore à doses croissantes

2.2.3.1.2.1.- Campagne 1965-1966

L'apport d'azote a été effectué en trois fractions.

- L'essai est hautement significatif.

- L'examen des résultats montre que les rendements augmentent significativement jusqu'à 200 kg de P₂O₅ à l'hectare. Les rendements des parcelles P 200 , P 300, P 400 et P 1000 ne diffèrent pas significativement.

- Un apport de 200 kg de P₂O₅ à l'hectare permet d'obtenir 80 % de l'augmentation maximum de rendement.

2.2.3.1.2.2.- Campagne 1966-1967

- Comportement des essais au cours de la campagne.

Les remarques relatives à l'essai de réponse à l'azote sont valables pour cet essai.

- Interprétation des résultats:

L'essai n'est pas significatif.

Contrairement à l'année précédente il n'y a pas d'action significative d'apports de phosphore à doses croissantes sur les rendements. On peut, pour expliquer ce fait, émettre plusieurs hypothèses.

- Par rapport à la campagne précédente on note une augmentation très importante du rendement des parcelles P 0, une augmentation importante du rendement des parcelles P 100, une augmentation faible du rendement des parcelles P 200. L'augmentation des rendements des parcelles P 300, P 400 et P 1000 est très faible. Ceci peut être dû à une minéralisation du phosphore organique, provoquée par la mise en culture de l'année précédente. Cette augmentation de la teneur en phosphore assimilable aurait une action nette sur les parcelles n'ayant pas reçu de phosphore, l'action allant en diminuant par les parcelles ayant reçu des doses importantes.

- La période de sécheresse qui a sévi au moment de la floraison mâle, provoquant une faim en azote, aurait nivelé les rendements des parcelles ayant reçu de fortes doses de phosphore. (Carence en azote ne permettant pas l'utilisation du phosphore par la plante).

- L'observation des résultats de la courbe de réponse à l'azote montre que les rendements augmentent jusqu'à la dose de 300 unités à l'hectare. Or les quantités d'azote apportées sur les parcelles de l'essai phosphore n'ont été que de 200 unités. Ceci a peut être provoqué une carence induite en azote pour les hauts niveaux phosphoriques, carence qui aurait nivelé les rendements de ces hauts niveaux.

La première hypothèse semble satisfaisante dans la mesure où elle correspond bien aux observations effectuées à la campagne précédente : à partir de 200 unités de phosphore à l'hectare, les augmentations de rendement n'étaient plus significatives. Une augmentation de la teneur en phosphore assimilable du sol agissant sur les parcelles n'ayant pas reçu de fumure phosphorique ou ayant reçu une fumure faible provoque une augmentation des rendements sur ces parcelles, alors qu'elle est sans effet sur les parcelles ayant reçu de fortes fumures. Les rendements des parcelles P 0, P 100 ayant fortement augmenté, il n'y a plus de différence significative statistiquement entre les traitements. On note cependant une augmentation pondérale des rendements, jusqu'à P 400.

L'importante quantité d'azote apportée sur toutes les parcelles nous permet de supposer que ce n'est pas la diminution de faim en azote (disparition de l'effet de défriche) qui a joué. De plus cet effet a été identique sur toutes les parcelles.

Afin d'élucider cette question il serait intéressant de reconduire cet essai avec du maïs l'année prochaine, en apportant une forte fumure azotée (300 unités d'azote à l'hectare) les apports étant effectués en trois fois.

2.2.3.1.3.- Courbe de réponse au potassium

Traitements	Rendements 1966	Rendements 1967
K 0	4209 kg/ha	4422 kg/ha
K 90	5181 "	4769 "
K 180	5051 "	4817 "
K 270	5246 "	5579 "
K 360	5721 "	4870 "
K 600	5030 "	4345 "
	c.v. = 13,8 %	c.v. = 17,5 %
Teneur absolu	647 kg/ha	1066 kg/ha

Tableau 20 : Rendements obtenus sur défriche pour l'essai de potasse à doses croissantes.

2.2.3.1.3.1.- Campagne 1965-1966.

L'azote a été apporté en trois fractions.

L'essai est significatif.

Les rendements augmentent très rapidement entre 0 et 90 kg de K_2O à l'hectare, plus lentement ensuite. Pour la dose 600 on observe une chute de rendement assez importante; on peut émettre l'hypothèse d'un déséquilibre de l'alimentation du à l'antagonisme des ions K et Mg (7 et 8).

2.2.3.1.3.2.- Campagne 1966-1967

- Comportement des essais au cours de la campagne.

Les remarques faites pour l'essai de réponse à l'azote sont également valables.

Il faut noter en outre que les parcelles ayant reçu 600 unités de potasse à l'hectare sont moins belles que les autres. Au cours du mois de Mars nous avons pu noter des symptômes de carence en magnésium sur ces parcelles. (Stries blanches parallèles aux nervures) L'apport massif de potasse a sans doute provoqué une déficience de l'alimentation magnésienne.

- Interprétation des résultats

L'essai n'est pas significatif.

Le rendement le plus faible a été obtenu sur les parcelles ayant reçu 600 unités de potasse à l'hectare. La décroissance des rendements commence à la dose K 360.

2.2.3.1.4.- Essai de réponse à la dolomie.

D 0 : 3840

D 500 : 4597

D 1000 : 4050

c.v. : 18,6 % L'essai n'est pas significatif

Au cours de la campagne nous avons tout de même remarqué des symptômes de carence en magnésium sur les feuilles de maïs des parcelles D 0.

2.2.3.2.- Sur sol épuisé.

2.2.3.2.1.- Courbe de réponse à l'azote

Les résultats obtenus sont les suivants :

N 0 : 3141 kg/ha

N 80 : 5784 "

N 120 : 6567 "

N 160 : 7800 "

N 200 : 7177 "

N 300 : 8303 "

c.v. = 13,4 %

p;p.d.s. = 1036 kg/ha

L'essai est hautement significatif.

Le rendement des témoins absolus sans engrais est de 1068 kg/ha

Les rendements croissent rapidement entre la dose N 0 et N 80 puis doucement avec les doses croissantes jusqu'à 300 unités d'azote à l'hectare. Aucune observation sur le terrain ne permet d'expliquer l'inversion N 160 - N 200

2.2.3.2.2.- Courbe de réponse au phosphore.

Les résultats obtenus sont les suivants :

P 0	: 8534 kg/ha
P 100	: 9042 "
P 200	: 9276 "
P 300	: 9421 "
P 400	: 9839 "
P 1000	: 10.372 "

c.v. = 8 %

p.p.d.s. à 5 % = 903 kg/ha

L'essai est hautement significatif.

Le rendement moyen obtenu sur témoin absolu sans engrais est de 3092 kg/ha. Ce fait est important à considérer, car un tel rendement pour un témoin absolu doit nous faire nous demander si la parcelle est bien représentative de l'ensemble de sols cultivés.

Les rendements quoique très forts dès la dose P 0, augmentent régulièrement jusqu'à la dose P 1000.

2.2.3.2.3.- Courbe de réponse au potassium

Les résultats obtenus sont les suivants :

K 0	: 5415 kg/ha
K 90	: 7015 "
K 180	: 6994 "
K 270	: 6882 "
K 360	: 8120 "
K 600	: 7685 "

c.v. = 17,1 %

p.p.d.s. à 5 % = 1430

L'essai est significatif.

Le rendement moyen obtenu sur témoin absolu sans engrais est de 2013 kg/ha.

Contrairement à tous les autres essais l'observation du tableau de l'analyse de variance montre qu'il y a un "effet bloc".

Ceci est dû à la très grande hétérogénéité de la parcelle : nous avons dû en effet, faute de place, installer les essais sur une parcelle très structurée se trouvant juste au-dessous d'une rupture de pente (cas étudié dans le paragraphe 1.2.2.2.). De plus la forme de la parcelle ne nous a pas permis de placer les blocs perpendiculairement au gradient de la variation de la fertilité. Ainsi trois des blocs ont été placés dans une zone très défavorable la diminution de fertilité supprimant l'effet traitement.

A titre d'exemple voici le schéma d'un bloc avec les rendements obtenus en kilos par parcelles.

The diagram shows a rectangular block divided into six smaller plots arranged in a 3x2 grid. An arrow labeled "gradient de fertilité" points from the left towards the top-left plot, indicating that fertility increases in that direction. The plots contain the following data:

K 180 26,00	K 360 23,40
K 0 17,20	K 90 18,00
K 270 18,00	K 600 13,70

Si on élimine les trois blocs placés dans ces mauvaises conditions, les nouveaux résultats sont les suivants :

K 0 : 5257 kg/ha
K 90 : 8107 "
K 180 : 8423 "
K 270 : 8559 "
K 360 : 8909 "
K 600 : 9097 "

c.v. = 7,5 %

p.p.d.s. à 5 % = 1108 kg/ha

L'essai est hautement significatif.

Les rendements augmentent fortement entre la dose 0 et la dose 90, puis légèrement jusqu'à la dose 600.

2.2.3.2.4.- Courbe de réponse à la dolomie.

Les résultats obtenus sont les suivants :

D 0 : 6081 kg/ha

D 500 : 7472 "

D 1000 : 7867 "

D 2000 : 8055 "

c.v. = 9,7 %

L'essai est significatif

La plus petite différence significative (à 5 %) entre deux moyennes est de 1152 kg.

Le rendement moyen des témoins absolus est de 2723 kg/ha.

Bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les traitements D 500, D 1000 et D 2000 on a pu noter des symptômes de carences en magnésium et en calcium sur les plantes des parcelles D 500.

2.3.- CONCLUSIONS

2.3.1.- Fumure phosphorique

La carence en phosphore qui apparaît nettement dans les essais en vases (détermination des carences, courbe de réponse) apparaît peu ou n'apparaît pas dans les essais en plein champ.

Alors qu'elle apparaissait la première année sur défriche (correction par 200 unités de P₂O₅ à l'hectare), elle n'apparaît

plus la deuxième année.

Sur terre épuisée on note une réponse du maïs aux apports de phosphore à doses croissantes, mais le niveau de départ est si élevé (rendement de 8,5 tonnes à l'hectare sur les parcelles P 0) qu'il n'est pas nécessaire de prévoir une fumure de redressement. (Seuls les traitements P 400 et P 1000 diffèrent des traitements P 0, P 100, P 200 et P 300 qui ne sont pas différents significativement).

Sur la terre cultivée depuis 15 ans étant donné les hauts niveaux de rendements des parcelles P 0, il ne semble pas qu'une fumure de fond phosphorique soit nécessaire.

Sur terre de défriche une année supplémentaire d'expérimentation est nécessaire afin que nous puissions conclure.

2.3.2.- Fumure potassique.

Les résultats obtenus au champ confirment ici les résultats obtenus en petits vases de végétation. Un faible apport de potasse (90 unités à l'hectare) permet de supprimer la très faible carence.

2.3.3.- Fumure calcique et magnésienne.

Ici aussi les résultats obtenus au champ sont confirmés par ceux obtenus en vases.

Un apport de dolomie en fumure de fond, de 1000 kg à l'hectare, est nécessaire sur la terre épuisée, mais pas sur la terre de défriche. ;

2.3.4.- Fumure azotée.

Que ce soit sur défriche ou sur terre épuisée la carence en azote est importante et les rendements des parcelles sans azote sont faibles par rapport aux rendements des parcelles avec azote.

Dans l'un et l'autre cas un apport de 120 unités d'azote à l'hectare permet d'obtenir des rendements atteignant 80 % du rendement maximum.

2.3.5.- Conclusions

A l'exception d'une légère fumure de fond calcique et magnésienne sur terre "épuisée" les fumures à effectuer à la Sakay sont du domaine des fumures d'entretien. La fumure de fond phosphorique est peut être nécessaire mais nous ne pouvons pas encore conclure.

Ces fumures d'entretien ne peuvent pas être déterminées par une expérimentation simple car elles dépendent à la fois du climat (lixiviation) et des plantes cultivées (exportations). Elles doivent être calculées après une estimation des pertes par lixiviation et un calcul des exportations des plantes de l'assolement.

BIBLIOGRAPHIE

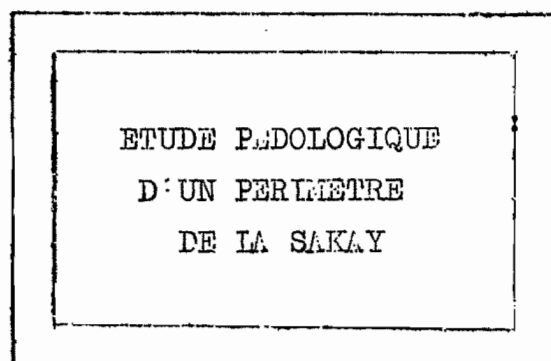
- (1)- BOUCHARD L. : Etude de l'évolution des sols sous cultures en liaison avec les études de la régénération de la fertilité. Doc. I.R.A.M. n° 94 - Tananarive. 1966 - 35 p.
- (2)- CELTON J. - VELLY J. - ROCHE P. - Fertilisation de redressement après diagnostic des carences minérales sur les sols de culture sèche à Madagascar. Doc. I.R.A.M. n° 79 - Tananarive 1966 - 37 p.
- (3)- CHAMINADE R. : Bilan de trois années d'expérimentation en petits vases de végétation. Mise au point technique. Résultats. L'Agronomie Tropicale. Novembre 1965 Pages 1102-1162.
- (4)- CHAMINADE R. : Fertilité et fertilisation des sols tropicaux Cahier des Ingénieurs Agronomes n° 202. Janvier 1966 - Paris.
- (5)- HENIN S. et Al. : Le profil cultural; Principes de physique du sol. S.E.I.A. 1960 - Paris - 320 p.
- (6)- KILLIAN J. et VELLY J. : Diagnostic des carences minérales en vases de végétation sur quelques sols de Madagascar. L'Agronomie Tropicale. XIX. 1964. p. 413.
- (7)- LE BUANEC - VELLY J. : Contrôle de l'alimentation minérale du maïs par la méthode du diagnostic foliaire. Coll. fert. sols trop. II. 1/1.2. Tananarive 1967.
- (8)- LOUE A. : La fumure potassique et la nutrition minérale du maïs. Etude des services agronomiques de la Société commerciale des Potasses d'Alsace. 106 p.
- (9)- RIQUIER J. : Carte d'utilisation des sols. Feuille d'Ankadinondry et de Babetville. I.R.S.M. Tananarive 1954.
- (10)- RIQUIER J. ; THOMAS J.J. : La mise en valeur du secteur B.D.P.A. de la Sakay. O.R.S.T.O.M. - B.D.P.A. Tananarive 14 p.

- (11)- ROCHE P. : Etude agronomique des sols du périmètre de la Sakay .
B.D.P.A. - D.R.S. Madagascar (P.R./MRz). 1958
Doc. ronéo. 8 p.
- (12)- ROCHE P. - VELLY J. - CELTON J. : Quelques problèmes agronomiques
posés par la mise en valeur des sols ferrallitiques
de colline à Madagascar. Doc. I.R.A.M. n° 49 Tanana-
rive 1965. 44 p.
- (13)- ROCHE P. - VELLY J. - CELTON J. : Problèmes de régénération de
fertilité des sols ferrallitiques de Madagascar
Doc. I.R.A.M. n° 80 Tananarive. 1966 40 p.
- (14)- VAILLE J. - Technique d'étude pour l'amélioration de la fertilité
des sols tropicaux. Doc. I.R.A.M. n° 84. Tananarive
1966. 73 p.
- (15)- VELLY J. et Al. : Essai de détermination de la fertilisation
de redressement en cultures sèches par expérimenta-
tion en vases de végétation. (Cas du phosphore).
Coll. fert. sols trop. I/2,2 - Tananarive 1967.

INSTITUT DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES A MADAGASCAR

DOCUMENT N° 132

RAPPORT DE STAGE O.R.S.T.O.M.



Annexe Cartes.

- 1.- Carte de localisation des profils 1/20.000
- 2.- Carte des sols 1/20.000
- 3.- Carte des aptitudes culturales 1/20.000
- 4.- Carte de localisation des profils 1/5.000
- 5.- Carte des sols 1/5.000
- 6.- Carte des aptitudes culturales 1/5.000

B. LE BUANEC

Assistant : D. RAMILANJONJA.

BABETVILLE - SAKAY

VILLAGE DE FANJAKAMANDROSO

ETUDE PEDOLOGIQUE

CARTE DE LOCALISATION DES PROFILS
ET DES SONDAGES

Echelle : 1/20.000

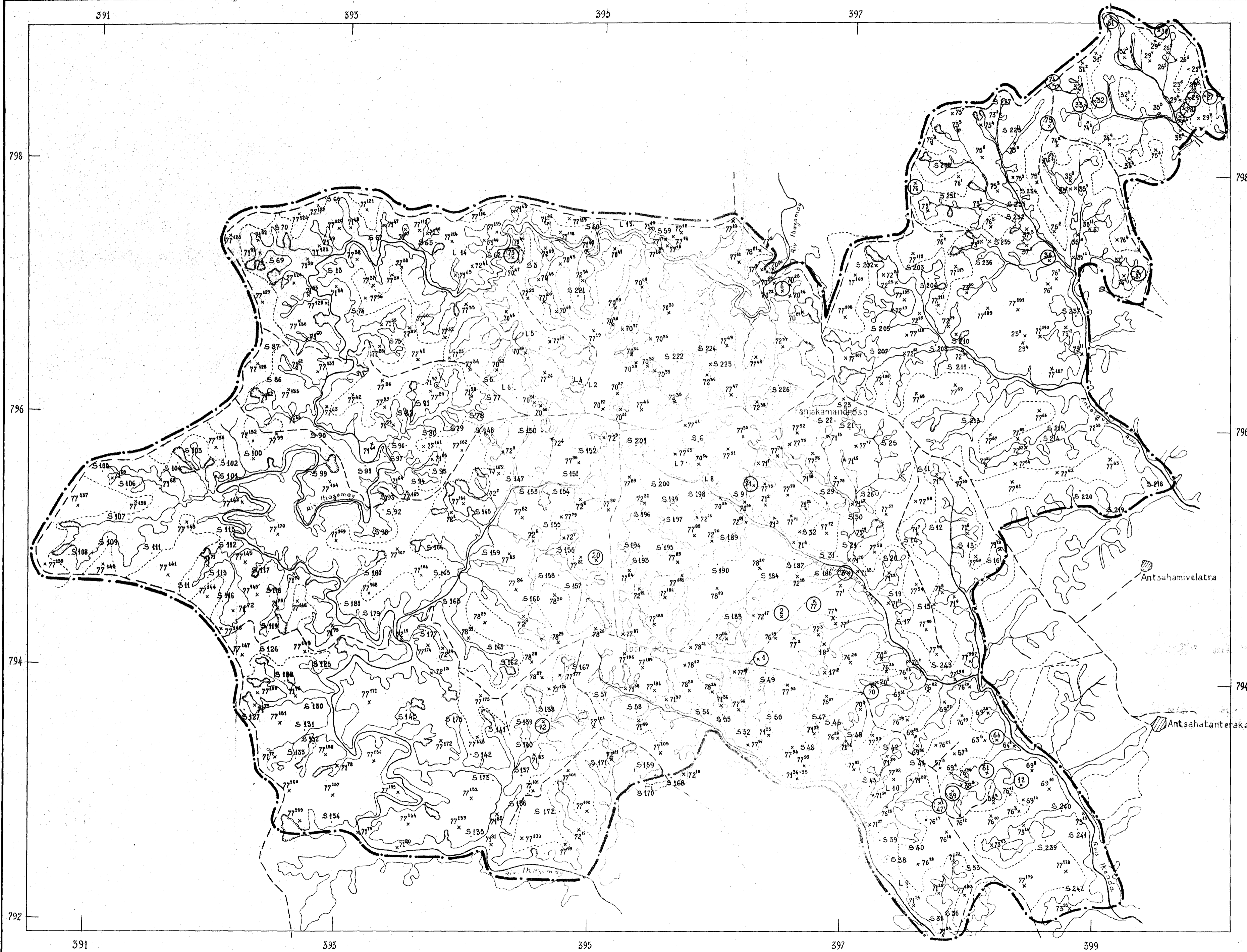
(Fond planimétrique d'après photoplans redressés par l'I. G. N.)

LEGENDE

- Route et chemin d'exploitation.
- - - - - Pare-feu.
- ~~~~~ Rivière et ruisseau.
- ~~~~~ Limite de bas-fond.
- ~~~~~ Lavaka.
- ▨ Village.
- ⊙ Profil décrit et analysé.
- x 29^e Profil décrit.
- S 40 Sondage.
- L 10 Observation de lavaka.
- · — · — Limite du périmètre.

B. Le Buanec - D. Ramalanjaona - 1967.

Dess. Mahatovy P.
Raoult.



BABETVILLE - SAKAY
 VILLAGE DE FANJAKAMANDROSO
 ETUDE PEDOLOGIQUE

CARTE DES SOLS

Echelle: 1/20.000

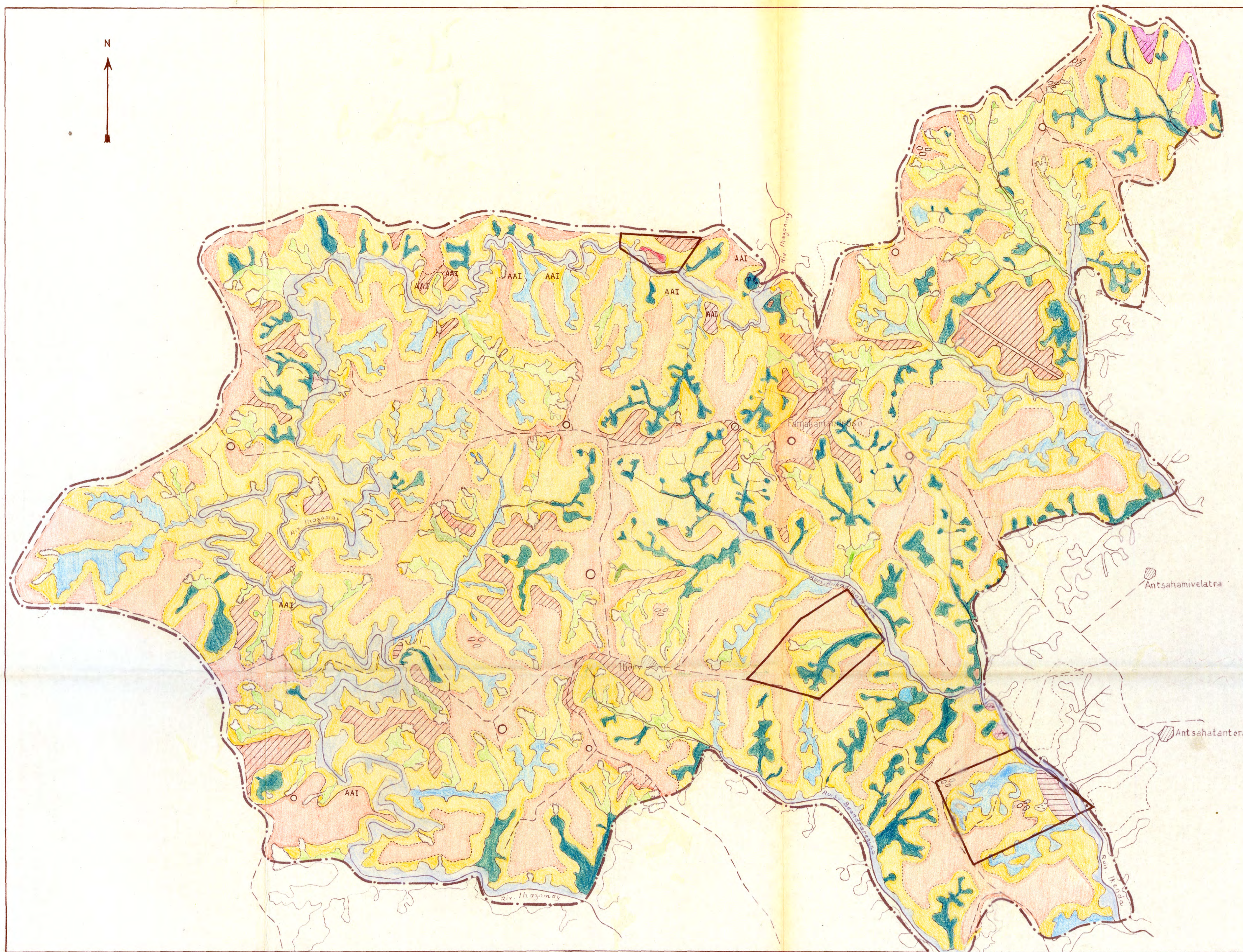
(Fond planimétrique d'après photoplans redressés par l'I.G.N.)

LEGENDE

- Route et chemin d'exploitation
- Pare-feu
- Rivière et ruisseau
- Limite de bas-fond
- Marre, lavaka
- Village
- Limite de sol (quand ces limites correspondent aux pare-feux, elles ne sont pas tracées)
- Dépression en cuvette
- S Séquence de pente
- P Sol peu évolué sur migmatite
- Limite du périmètre

B. Le Buanez - D. Ramalanjaona - 1967 -

Dess. Mahatovy P.



Pour les juxtapositions de sol, voir la classification dans la notice.

--- Limite des périmètres cartographiés au 1/5.000.

CLASSE	SOUS-CLASSE	GRUPE	SOUS-GROUPE	FACIES	FAMILLE	TYPE	PHASE			
Sols minéraux bruts	d'origine non climatique	sol squelettique	regosol		sur quartz	sableux				
Sols ferrallitiques	faiblement désaturés	typique	modal	steppisé	sur migmatite	limoneux	cultivée			
								sur migmatite	limono-argileux	végétation naturelle
	moyennement désaturés	typique	modal	hydromorphe	sur migmatite	limono-argilo-sableux		AAI		
								sur alluvions anciennes I	limono-argileux	
								sur alluvions anciennes II	argileux	
	fortement désaturés	remanié	modal	steppisé	sur migmatite	limono-argileux				
humifère									sur migmatite	limoneux
Sols hydromorphes	minéraux	peu humifère à gley	à gley de surface		sur migmatite	limono-sableux				
Juxtaposition de pente avec sols ferrallitiques tronqués dans A, B ou C, sols ferrallitiques rajeunis et sols ferrallitiques typiques (rares)										
Juxtaposition de bas-fond avec prédominance de sols non évolués ou peu évolués sur alluvions de faible déplacement et sols hydromorphes sur alluvions de faible déplacement (Bas-fond type 1)										
Juxtaposition de bas-fond avec prédominance de sols hydromorphes moyennement organiques ou organiques. Les sols ferrallitiques hydromorphes, les sols hydromorphes minéraux et les sols ferrallitiques colluvionnés ou sur colluvions sont rares. (Bas-fond type 2 ¹)										
Juxtaposition de bas-fond avec prédominance de sols hydromorphes moyennement organiques ou organiques. Les sols ferrallitiques hydromorphes, les sols hydromorphes minéraux et les sols ferrallitiques colluvionnés ou sur colluvions sont bien représentés. (Bas-fond type 2 ²)										
Juxtaposition de vallée avec prédominance de sols minéraux bruts et de sols peu évolués hydromorphes, avec parfois quelques sols hydromorphes minéraux à gley.										

BABETVILLE - SAKAY

VILLAGE DE FANJAKAMANDROSO
ETUDE PEDOLOGIQUE

CARTE DES APTITUDES CULTURALES

Echelle: 1/20.000

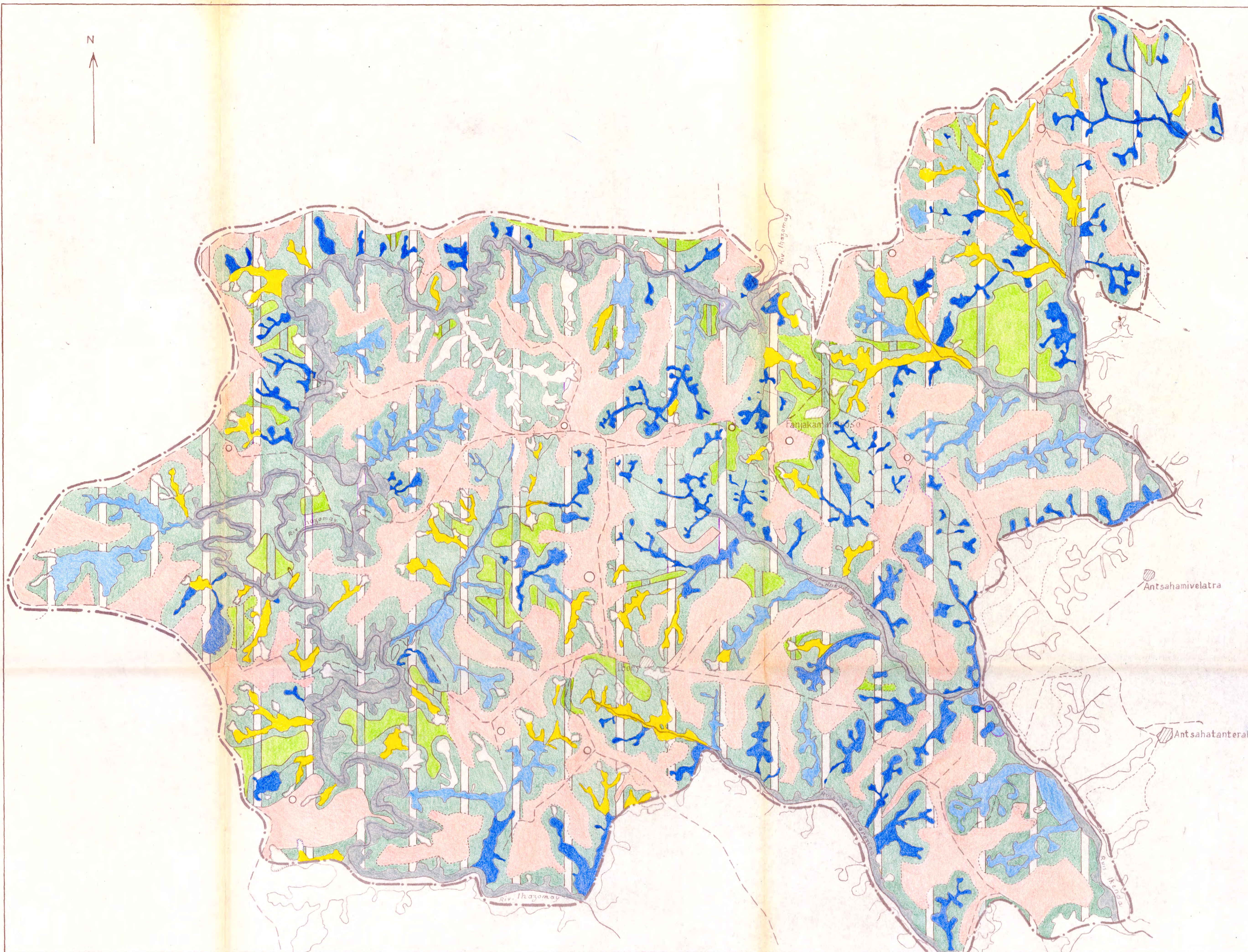
(Fond planimétrique d'après photoplans redressés par l'I.G.N.)





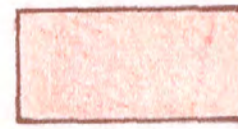



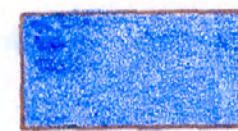


LEGENDE

- Route et chemin d'exploitation
- Pare-feu
- Rivière et ruisseau
- Limite de bas-fond
- Lavaka
- ▨ Village
- Marre
- Dépression en cuvette
- Limite de sol (quand ces limites correspondent aux pare-feux, elles ne sont pas indiquées sur la carte)
- Limite du périmètre

B. Le Buanec - 1967 -

Dess. Mahatovy P.



	cultures annuelles de plateaux		pâturages		reboisement		réembroussaillage ou végétation naturelle
	Classe III	: Sols ferrallitiques de plateaux de fertilité moyenne. Ces sols doivent être fumés et doivent subir une rotation étudiée pour maintenir ou régénérer la structure et éviter l'érosion. (Rotation sur sept ans comprenant les trois dernières années une prairie naturelle ou artificielle à base de graminées)					
	Classe VI	: Sols ferrallitiques de plateaux ou de pente faible où l'érosion en nappe est déjà importante et où l'horizon humifère a une épaisseur inférieure à 10 cm. Ces sols sont aptes à porter des pâturages qu'il faudra améliorer.					
	Classe VII	: Sols des complexes de pente, en général peu fertiles et très compacts. Ces sols sont à reboiser quand cela est possible ou à réembroussailler. Il faut à tout prix y éviter les pâturages et les feux de brousse.					
	Bas-fond type 1	: Arboriculture fruitière et fourrages, rizières.					
	Bas-fond type 2¹	: Rizières dans un premier temps. Ensuite fourrages et cultures maraichères.					
	Bas-fond type 2²	: Arboriculture fruitière, fourrages, cultures maraichères, rizières.					
	Bas-fond type 3	: Rizières, cultures maraichères et vivrières. (classe Ia)					

BABETVILLE - SAKAY

VILLAGE DE FANJAKAMANDROSO
 ETUDE PEDOLOGIQUE

ZONES DE DETAIL

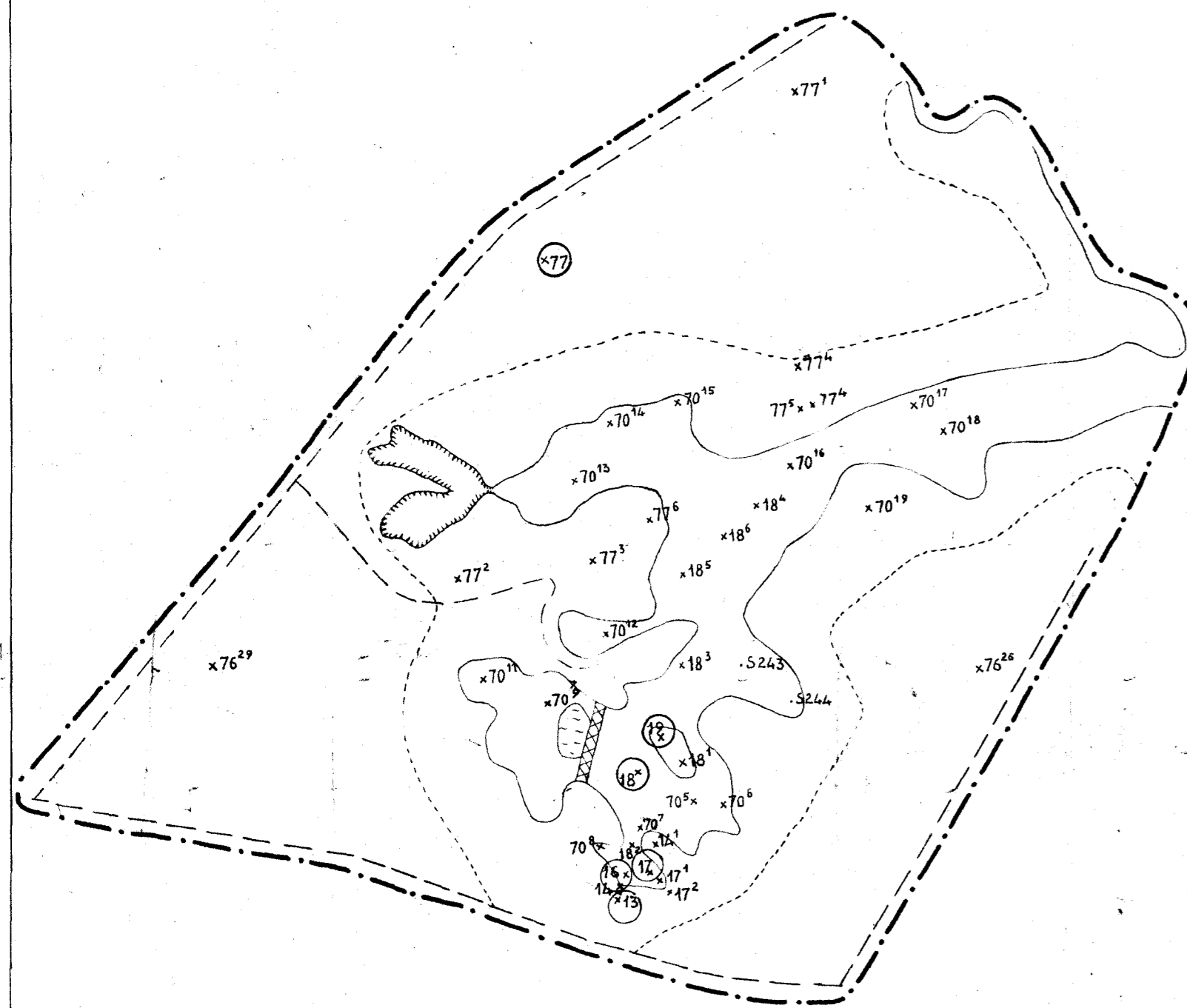
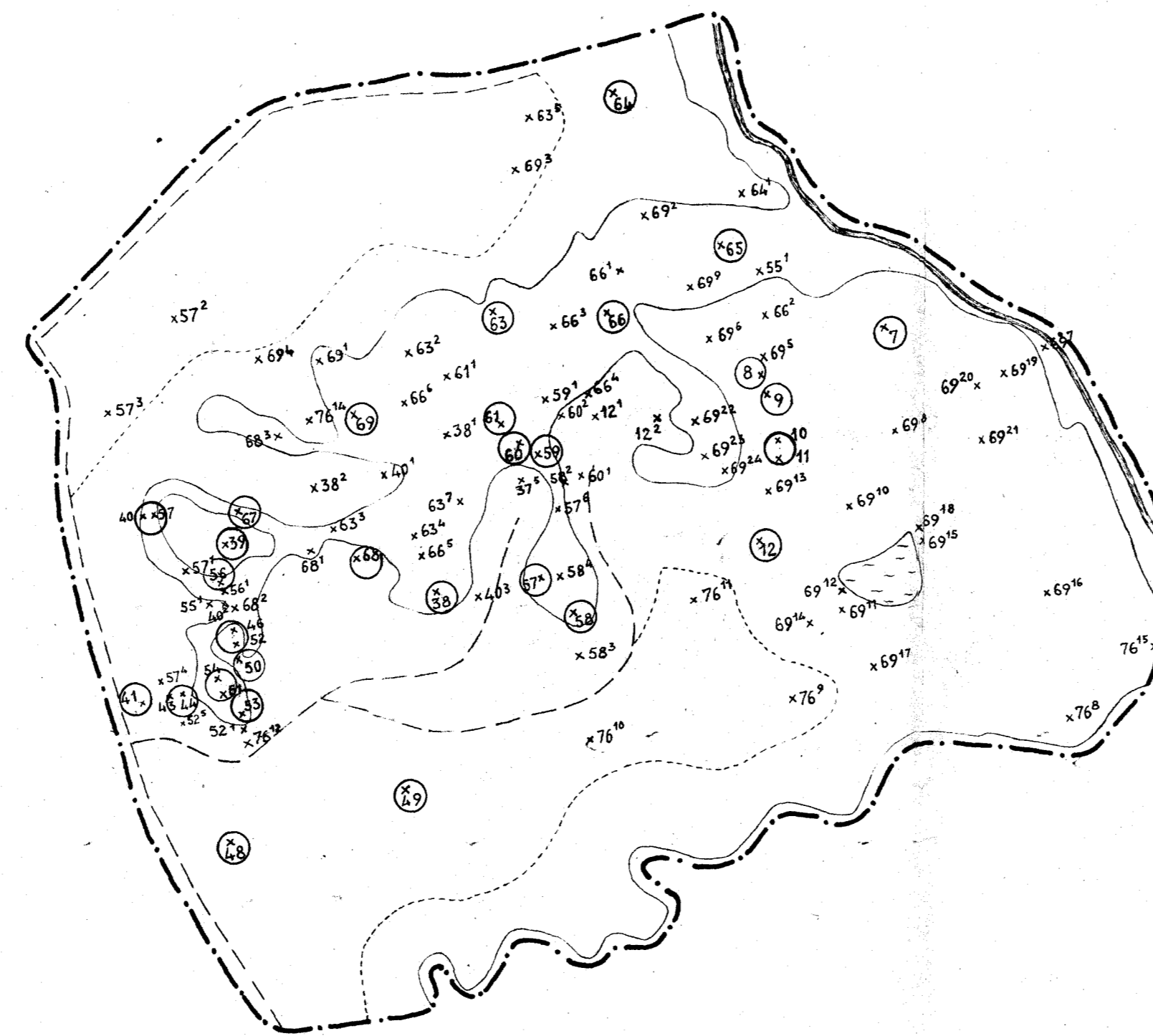
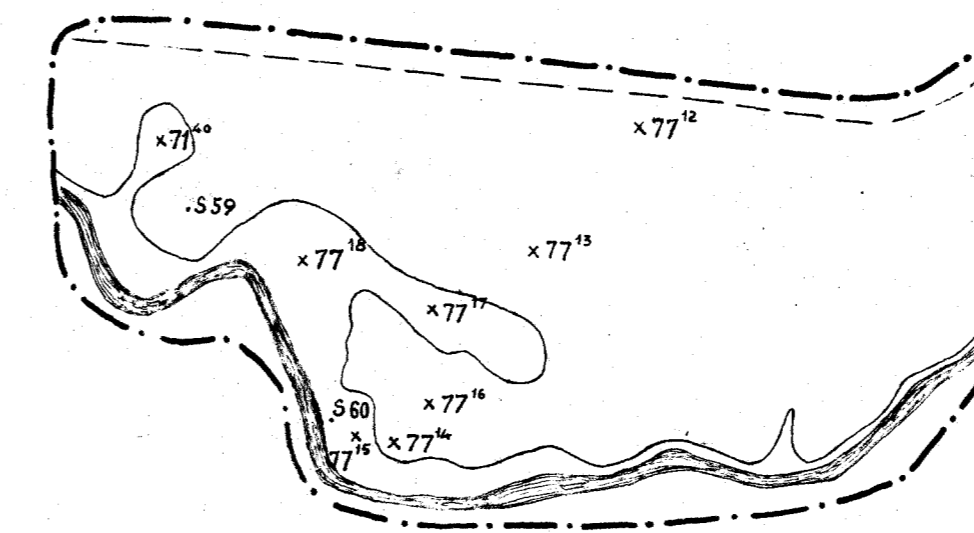
CARTE DE LOCALISATION DES PROFILS
 ET DES SONDAGES

Echelle : 1/5.000

(Fond planimétrique d'après photoplans redressés par l'I.G.N)

LEGENDE

- Route et chemin d'exploitation
- ☺ x x x x Marre, barrage
- - - - - Pare-feu
- ~~~~~ Rivière et ruisseau
- ~~~~~ Limite de bas-fond
- ☺ Lavaka
- ⊙ 19 Profil décrit et analysé
- x 19¹ Profil décrit
- . S 60 Sondage
- Limite du périmètre



BABETVILLE - SAKAY
 VILLAGE DE FANJAKAMANDROSO
 ETUDE PEDOLOGIQUE
 ZONES DE DETAIL

CARTE DES SOLS

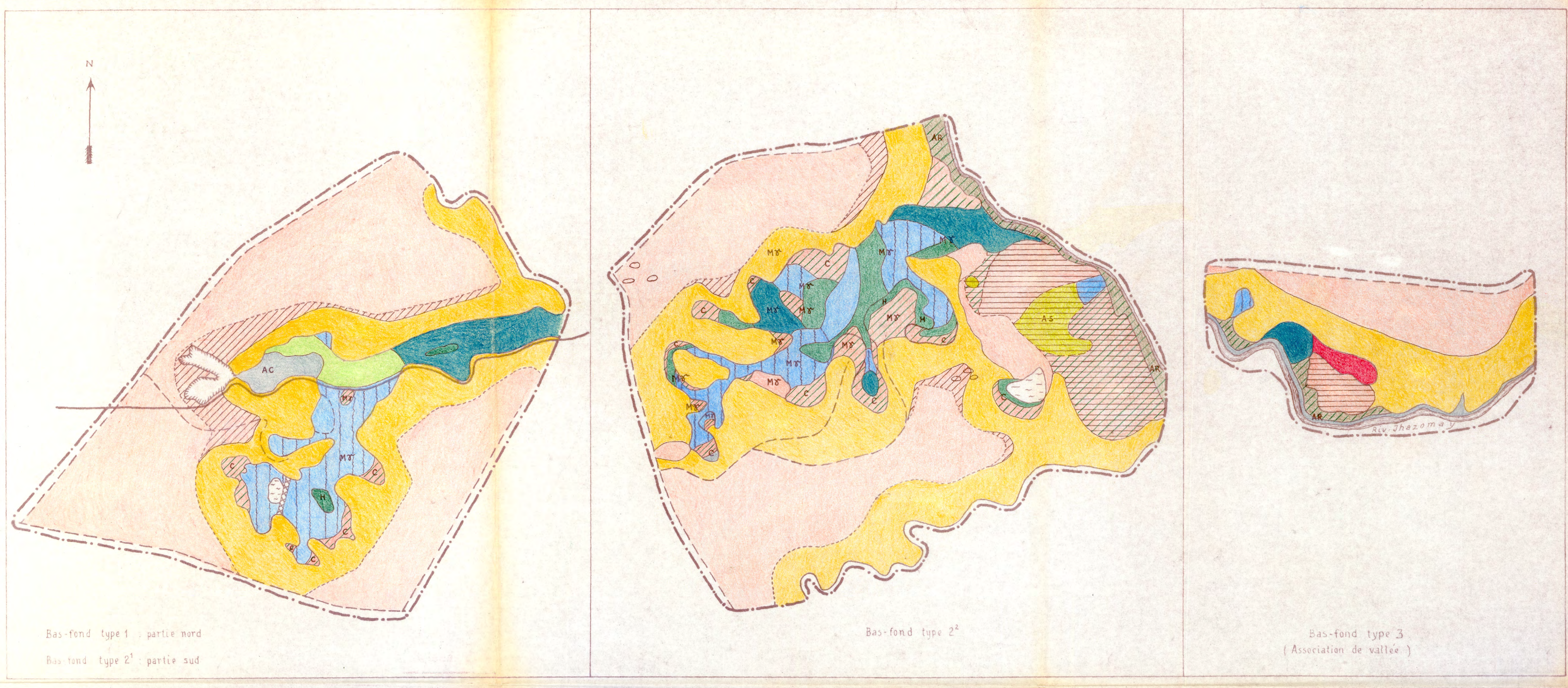
Echelle : 1/5.000

(Fond planimétrique d'après photoplans redressés par l'I.G.N.)

LEGENDE

- Route et chemin d'exploitation
- Pare-feu
- Rivière et ruisseau
- Marre
- Limite de bas-fond
- Lavaka
- Barrage
- Limite des sols (lorsque les limites correspondent aux pare-feux, elles ne sont pas figurées sur la carte)
- Sous-limite de sol
- Limite entre bas-fonds type 1 et type 2'
- Limite du périmètre

B. Le Buanec - D. Ramalanjaona - 1967 - Dess. Mahalovy P.



CLASSE	SOUS-CLASSE	GRUPE	SOUS-GROUPE	FACIES	FAMILLE	TYPE	PHASE		
Minéraux bruts	d'origine non climatique	sols bruts d'apport	fluviale		alluvions récentes	sablo-limoneux		AR	
			fluviale continentale		alluvions de faible déplacement	limono-sableux		AC	
			continental		colluvions	limono-argilo-sableux		C	
Peu évolués	d'origine non climatique	d'apport	modal	hydromorphe	alluvions récentes	limono-sableux			
Ferrallitiques	moyennement désaturés	typique	humique	steppisé	migmatite	limono-argileux	végétation naturelle		
				rouge-jaune	alluvions anciennes de niveau II	argileux	culture		
				hydromorphe	migmatite	limono-argilo-sableux		MT	
					migmatite colluvionnée	limono-argilo-sableux		C	
	fortement désaturés	humifère	modal	à hydromorphie de profondeur	colluvions	limoneux			
					colluvions	limoneux			
Hydromorphes	organiques	tourbeux	oligotrophe		migmatite	argileux			
	moyennement organiques	humique à gley	à Anmoor acide	sans horizon fibreux	sur migmatite	limono-argilo-sableux			
				en surface	sur alluvions anciennes de niveau II	limono-argileux			
				avec horizon fibreux en surface	sur migmatite	limono-argilo-sableux		MT	
	minéraux	à gley	d'ensemble		hérité	sur migmatite	sablo-limoneux		H
					actuel	sur migmatite	limono-sableux		
		à stagno-gley	de surface			sur alluvions de faible déplacement	limono-argilo-sableux		
						anthropique de surface	sur alluvions anciennes de niveau II	limono-argileux		AS
	à pseudo-gley	à taches et concrétions			d'ensemble	sur alluvions anciennes de niveau II	limono-argilo-sableux		
Juxtaposition de pente avec sols ferrallitiques tronqués dans A, B ou C, sols ferrallitiques rajeunis et sols ferrallitiques typiques (rares)									
Séquence de pente avec cuirasse (voir notice)									

BABETVILLE - SAKAY

VILLAGE DE FANJAKAMANDROSO ETUDE PEDOLOGIQUE

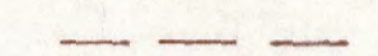

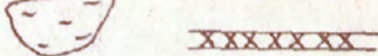




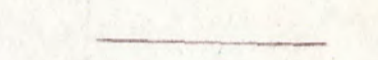
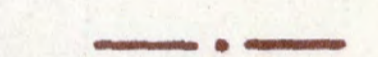
ZONES DE DETAIL

CARTE DES APTITUDES CULTURALES

Echelle : 1/5.000

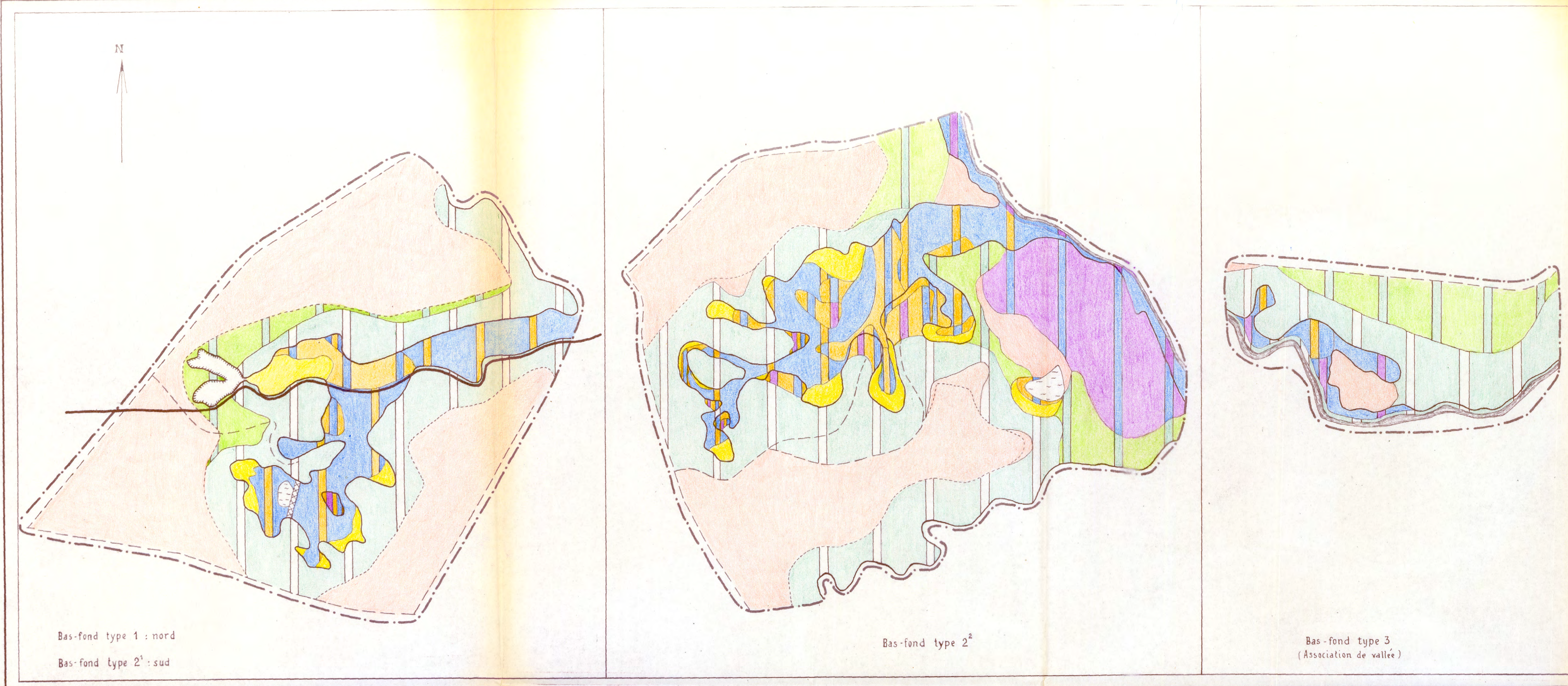
(Fond planimétrique d'après photoplans redressés par l'I.G.N)

LEGENDE

-  Route et chemin d'exploitation
-  Lavaka
-  Marre, barrage
-  Pare-feu
-  Rivière et ruisseau
-  Limite de bas-fond
-  Limite entre bas-fonds type 1 et type 2¹
-  Limite de classe de sol
-  Limite du périmètre

B. Le Buanec - 1967 -

Dess. Mahatovy P.











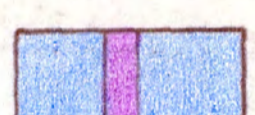


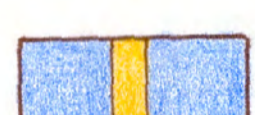





Bas-fond type 1 : nord

Bas-fond type 2¹ : sud

Bas-fond type 2²

Bas-fond type 3
(Association de vallée)

Cartouche	Utilisation
	rizières
	cultures fourragères
	cultures maraîchères et vivrières
	arboriculture fruitière
	cultures annuelles de plateaux
	pâturages
	reboisement
	réembroussaillage

	Classe Ia :	Sols alluviaux récents de texture fine à moyenne aptes à porter des rizières ou des cultures vivrières et maraîchères. Ces sols sont inondés une partie de l'année, ce qui limite les cultures possibles (cultures annuelles seulement)
	Classe Ib :	Sols ferrallitiques jaune rouge de moyenne fertilité pouvant porter des cultures maraîchères et vivrières ou des rizières.
	Classe IIa :	Sols hydromorphes minéraux à matière organique non fibreuse ou peu fibreuse et sols peu évolués hydromorphes, facilement drainables et pouvant porter des cultures fourragères ou des rizières.
	Classe IIb :	Sols hydromorphes à matière organique fibreuse, dont le drainage est parfois difficile et toujours délicat. La meilleure utilisation de ces sols est la rizière. Cependant, au bout de quelques temps, on peut espérer y cultiver des fourrages.
	Classe III :	Sols ferrallitiques de plateaux de fertilité moyenne. Ces sols doivent être fumés (fumure organique et minérale) et devront subir une rotation étudiée pour maintenir ou régénérer la structure et éviter l'érosion. (Rotation sur sept ans comprenant les trois dernières années une prairie naturelle ou artificielle à base de graminées.)
	Classe IIIIV a :	Sols ferrallitiques colluvionnés (parfois sur colluvions) ou sols peu évolués sur alluvions de faible déplacement, de fertilité moyenne dont le bilan hydrique et la compacité sont bons. La présence de la nappe phréatique à faible profondeur et leur position en général à l'abri des vents leur confèrent une aptitude particulière à l'arboriculture fruitière. Ces sols sont en général facilement drainables et irrigables.
	Classe IIIIV b :	Sols ferrallitiques hydromorphes ou sols hydromorphes minéraux (hydromorphie actuelle ou héritée) de faible fertilité mais pouvant être irrigués facilement. Ces sols conviennent aux cultures fourragères, ou aux cultures maraîchères et vivrières et aux rizières, mais nécessitent une fumure importante.
	Classe VI :	Sols ferrallitiques de plateaux ou de pente faible (<15%) où l'érosion en nappe est déjà importante et l'horizon humifère est de faible épaisseur (moins de 10cm). Ces sols sont aptes à porter des pâturages qu'il faudra améliorer ou des reboisements "économiques".
	Classe VII :	Sols d'association de pente en général peu fertiles et très compacts, car très érodés. Ces sols sont à reboiser quand cela est possible ou à réembroussailler. Il faut à tout prix y éviter le pâturage et les feux de brousse.

N.B 1: La couleur de fond du cartouche caractérise la culture principale à planter. Celle de la barre transversale caractérise une seconde culture que l'on pourra éventuellement planter.

2: Lorsque les pare-feux, les routes et les limites de bas-fond correspondent aux limites de sols, ces dernières ne sont pas représentées sur la carte par un nouveau signe conventionnel. Dans ce cas, les représentations des pare-feux, des routes et des limites de bas-fond représentent les limites de sol.