

Pabu

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série D — Tome IX — 1959

LES SOLS A RIZ ET LEURS PROBLÈMES A MADAGASCAR

par

P. ^{Roche} ROCHE, J. ^{Roche} RIQUIER, J. ^{Roche} HERVIEU, C. ^{Roche} MOUREAUX
et R. ^{Roche} DIDIER DE ST AMAND (1)

Le riz est cultivé à Madagascar sur une grande variété de types pédologiques. Nous décrivons ici les principaux groupes pédologiques utilisés en riziculture irriguée (sols submergés).

Les régions de l'Alaotra, des Hauts-Plateaux, de Marovoay (Betsiboka) sont les principaux centres de production de paddy à Madagascar.

ALLUVIONS DE LA RÉGION DE L'ALAO TRA - SOLS DE MARAIS

RIQUIER (J.) et SÉGALEN (P.) ont décrit pour la région du Lac Alaotra les divers types de sols utilisés en riziculture (1).

La cartographie a été réalisée à l'échelle du 1/50.000. Sont utilisés en riziculture les alluvions fluviatiles d'origine latéritique (baiboho) et les sols de marais à divers stades d'évolution pédologique.

Les alluvions fluviatiles latéritiques se trouvent dans les plaines d'épandage des fleuves (Plaines de l'Anony, de la Lakana, de la Menaloha). Ces terres portent une végétation assez maigre, sur les parties sèches le *Cynodon dactylon*, sur les parties humides le *Phragmites communis*; ce sont des sols à surface humifère très mince ou inexistante. On observe beaucoup de micas et de minéraux en décomposition. Les phénomènes d'hydromorphie (veinules de fer) y sont assez courants.

Les baiboho sont des limons argileux et le plus souvent de vrais limons. Leur texture est cependant très variable selon les zones de sédimentation. On peut rencontrer des alluvions très sableuses le long du tracé d'anciens cours d'eau.

Ces terres contiennent très peu d'humus, leur pH est peu acide, les bases échangeables sont moyennes ou faibles, les bases totales, surtout

(1) Ce travail a été présenté au 3^e Congrès de la P.I.O.S.A., Tananarive, octobre 1957.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

5 NOV. 1969

n° 12517 M ex 1
B

calcium, sont assez abondantes grâce aux minéraux non décomposés. Forte capacité d'échange due à l'importance du complexe adsorbant.

Utilisées en riziculture, ces alluvions donnent de bonnes récoltes de paddy. L'expérimentation réalisée sur ce type de sol (Travaux de P. ROCHE, J. VELLY, B. JOLIET) a permis d'arriver aux conclusions suivantes (2, 3, 4) :

Ces alluvions répondent particulièrement bien aux apports de fumures organiques. On peut conseiller l'apport annuel de 20 t/ha de fumier de ferme, ou l'enfouissement intégral de la paille de riz, ou une culture d'engrais vert Soja en contre saison.

L'opération la plus rentable, la plus facilement applicable est l'enfouissement de la paille de riz, cependant ses effets ne se font sentir qu'à la troisième année d'enfouissement; l'opération la meilleure est l'apport annuel de fumier de ferme, en culture familiale c'est la solution à retenir. Sur de grandes superficies et pour des exploitations mécanisées l'enfouissement annuel de paille et à conseiller pour des questions de rentabilité. La culture du Soja, en intersaison, sur une partie de l'assolement serait également fort intéressante.

Le seul apport d'engrais minéral rentable sur ce type de sol est l'azote à la dose de 20 kg/an/ha (100 k de sulfate d'ammoniaque ou 50 kg d'urée). La chaux agricole utilisée seule à la dose de 1 t/ha tous les 3 ans est également rentable. Les différentes variétés de riz utilisables dans la région de l'Alaotra répondent de façon identique aux apports d'engrais.

ALLUVIONS LACUSTRES ACTUELLES ET SOLS DE MARAIS

Elles occupent tout le centre de la cuvette et forment une plaine immense en pente douce depuis les premières collines (altitude 760 m environ) jusqu'au niveau actuel du lac (750 m en eaux basses).

Leur surface plane située sensiblement au niveau du lac explique leur inondation périodique à la saison des pluies et le manque d'écoulement des eaux en saison sèche d'où formation de marécages. La mise en valeur du lac suppose essentiellement l'assèchement de ces terres récupérables pour la culture.

On peut distinguer divers stades d'évolution :

Premier stade : Sols hydromorphes à engorgement temporaire, la surface devient grise, noire lorsqu'elle est humide, grâce à l'humus. L'horizon inférieur devient jaune uniforme, le fer se concentre en donnant des taches de couleur rouille et parfois des concrétions ferriques. Le sol à ce stade d'évolution est peu employé en riziculture (difficultés d'irrigation).

Deuxième stade : L'humus s'accumule, l'horizon superficiel devient de plus en plus noir et épais. Le sous-sol devient gris (fer réduit) avec quelques filets rouille (fer ferrique) le long des racines. Végétation : *Cyperus latifolius*.

Troisième stade : Sols hydromorphes à engorgement permanent atteint sous marais à végétation de *Cyperus emyrynensis* (zozoro). Grande épaisseur de tourbe allant jusqu'à 2 m et sous-sol d'argile blanche.

Caractéristiques analytiques :

Ce sont des sols sablo-argileux mais présentant de grosses variations dans la composition physique d'un endroit à un autre et entre le sol et le sous-sol.

L'argile grise du sous-sol est complètement dispersée, elle rend le sous-sol compact et absolument imperméable. Seule la surface de ces sols possède des agrégats stables, grâce à l'humus.

Ces terres sont riches en humus pour la partie superficielle, les bases échangeables sont en très faibles quantités (manque de chaux et de potasse); le phosphore est moyennement abondant en surface, très pauvre en profondeur. Ces terres sont assez acides, pH de 5,6 environ.

En 1951, MOUREAUX (Cl.) et RIQUIER (J.) ont effectué une étude sur les sols submergés de l'Alaoira P.C. 23 (5).

Ils distinguent un *horizon organique* (sols hydromorphes, à engorgement permanent) comprenant :

a) *feutrage de racines* très lâche, formant un tapis flottant; lorsque le niveau du lac baisse, ces racines flottantes descendent pour reposer sur la tourbe sous-jacente.

b) *amas de débris organiques* assez grossiers, peu humifiés, de couleur rougeâtre quand on les sort de l'eau. On passe progressivement à une tourbe humifère bien décomposée. Cet horizon peut atteindre 2 à 3 m.

c) *un horizon intermédiaire* de 10 à 40 cm d'épaisseur, très grumeleux, constitué par des granules d'argile grise ou rougeâtre, des granules organiques, des morceaux de charbon, le tout baignant dans une boue argileuse.

d) *un horizon minéral* : ce sont des argiles et des sables, véritables dépôts lacustres, ne contenant pratiquement pas de matière organique et constituant le sous-sol imperméable du marais.

L'horizon organique est constitué uniquement par de la matière organique et de l'eau (absence de matière minérale ou argileuse).

L'humus, faible en surface dans la zone des racines, va en croissant pour atteindre un maximum dans la partie inférieure de la tourbe où la décomposition est plus avancée. La matière organique va par contre en décroissant. La teneur en matière organique et en humus tombe brusquement lorsqu'on arrive dans les horizons minéraux.

On note la présence de chaux en quantité assez importante. Ce sont les parties humifères du profil qui sont de beaucoup les plus riches. La magnésie est en quantité plus faible. Les teneurs en acide phosphorique assimilable sont faibles. La potasse est l'élément le plus déficient dans ces sols.

En 1951, une étude sur les sols de marais récemment récupérés au Lac Alaoira, réalisée par P. ROCHE (6) a porté sur l'évolution des sols tourbeux récupérés sur le marais, leur valeur agricole et les problèmes posés par leur mise en valeur.

Divers stades d'évolution des sols de marais sont décrits. Les séries pédologiques les plus riches en matière organique (série Ankaiafo) se ren-

contrent sous végétation de *Cyperus emyrensis*. On peut rencontrer des horizons organiques de 120 à 180 cm d'épaisseur. L'évolution de cet horizon organique est très rapide lorsque le défrichement utilise le feu. On aboutit en 2 ou 3 ans au sol de marais évolué (2^e stade d'évolution : série pédologique Behengitra) ne présentant que 20 à 30 cm d'horizon organique au-dessus de l'argile blanche, sous-sol imperméable du marais.

Lorsque le drainage est fait avec précaution et en absence de feu, l'évolution de l'horizon organique est relativement lente. En huit années de culture un profil de la « série Ankaiafo » n'a pas subi plus de 20 % de tassement de l'horizon organique.

L'évolution se traduit par une augmentation des teneurs en humus (humification active), une augmentation plus nette encore des teneurs en azote total.

La matière organique totale ne varie guère. Comme il est logique, on observe une diminution du rapport C/N qui tend vers des valeurs normales (10 à 15) et une forte augmentation du rapport

$$\frac{\text{Humus} \times 100}{\text{matière organ. totale}}$$

qui indique la transformation de la matière organique brute en matière organique évoluée, humifiée.

La riziculture maintenant le sol gorgé d'eau pendant la majeure partie de l'année, ne permet qu'une lente évolution des sols tourbeux.

Pendant les premières années de culture, on observe la production de nombreux grains de paddy vide. Ce phénomène, dû au déséquilibre du rapport des taux éléments organiques/éléments minéraux du sol, tend à s'atténuer après 3 ou 4 années de culture. On peut alors atteindre des rendements en paddy de l'ordre de 3 t/ha (sans apport d'engrais minéraux). L'apport d'engrais minéraux permet d'ailleurs de corriger efficacement ce déséquilibre.

Malheureusement ces sols de marais tourbeux paraissent sensibiliser particulièrement le riz aux attaques du *Piricularia orizae*.

La piriculariose sévit chaque année sur ces sols organiques; le degré de virulence de l'attaque varie avec les conditions écologiques présidant à la floraison et à l'épiaison, mais chaque année des dégâts importants sont observés dans la région de l'Alaotra.

Les sols de marais évolués (2^e stade d'évolution série pédologique Behengitra) sont beaucoup moins sensibles à la piriculariose.

On est pris dans le dilemme suivant : brûler les sols tourbeux pour éviter la piriculariose ou éviter de brûler ces sols pour conserver leur potentiel de fertilité et sauvegarder leur stock de matière organique.

La solution du problème semble être l'obtention par sélection de variétés de riz résistantes à la piriculariose.

La fertilisation du riz a été étudiée sur les sols de marais (2 et 4).

a) *Sur sol de marais évolué, série pédologique Behengitra* : On obtient de bons résultats en utilisant une fumure complète équilibrée N P K.

La formule de fumure :

$$\begin{aligned} \text{N} &= 60 \text{ kg/ha} \\ \text{P}^2\text{O}^5 &= 125 \text{ kg/ha} \\ \text{K}^2\text{O} &= 50 \text{ à } 100 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

est rentable. Elle permet d'atteindre en culture repiquée des rendements de 5 tonnes/ha. L'enfouissement de la paille de riz est la fumure organique la plus rentable. Un apport de fumier de ferme (10 à 15 t/ha), ou une culture de Soja-engrais vert en contre-saison sont également à recommander.

Supplément de rendement en paddy par rapport au témoin par :

— restitution intégrale de la paille de riz	1 t 130 /ha
— enfouissement d'un engrais vert Soja	1 t 230 /ha
— apport de 10 t/ha fumier de ferme	1 t 230 /ha

Aucun complément minéral n'est rentable sur l'enfouissement de paille (la rentabilité de l'apport N P est douteuse) ou sur apport de fumier de ferme ou sur enfouissement d'engrais vert.

La chaux est rentable lorsqu'on l'apporte à la dose de 1.000 à 1.500 kg/ha/an.

b) Sur sol de marais tourbeux, série pédologique Ankaiaso, les trois éléments minéraux N P K marquent. L'azote apporté sous forme de sulfate d'ammoniaque élève significativement les rendements en paddy, malgré les teneurs très élevées de ces sols en azote total. L'action du phosphate tricalcique est particulièrement remarquable.

La formule de fumure :

$$\begin{aligned} \text{N} &= 60 \text{ kg/ha} \\ \text{P}^2\text{O}^5 &= 125 \text{ kg/ha} \\ \text{K}^2\text{O} &= 50 \text{ à } 100 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

est rentable, elle permet d'atteindre des rendements de 5 à 6 t/ha en paddy, en l'absence de piriculariose.

Sur enfouissement de paille, l'apport d'engrais minéral N P marque sur les rendements en paddy, mais la rentabilité de l'opération est douteuse.

La chaux est rentable lorsqu'elle est apportée à la dose de 1.000 kg/ha/an.

L'apport combiné N P K + chaux 1 t/ha est également rentable.

ALLUVIONS ET SOLS HYDROMORPHES DE LA RÉGION DE TANANARIVE

1° ZONES PROSPECTÉES

R. DIDIER DE ST AMAND, a étudié de nombreuses plaines et vallées de la région de Tananarive pour préciser les zones rizicoles pouvant être améliorées ou récupérées par les travaux d'hydraulique agricole :

— *Plaine de Laniera* qui s'étend à l'Est du terrain d'aviation de la capitale (Ivato). Une carte pédologique au 1/40.000^e a été dressée.

— *Marais de Tangaina* en bordure de la rivière Sisaony, premier affluent rive gauche de l'Ikopa en aval de Tananarive (Carte pédologique au 1/20.000^e).

— *Bases vallée de l'Andromba*, second affluent rive gauche de l'Ikopa en aval de Tananarive (Carte pédologique au 1/40.000^e).

— *Plaine de Firavahana* à 100 km à l'Ouest-Nord-Ouest de Tananarive (Étude au 1/20.000^e).

— Les sols de la *propriété de Mampiteny II* sur la route d'Anjozorobe à 65 km de Tananarive (Carte au 1/5.000^e).

— Vallées de : *Miarinarivo-Antombofito*,
d'*Antsomitoty*,
d'*Andriatsiazo*
et d'*Angodongodona*,

au Sud du Lac Mantasoa (Carte au 1/20.000^e).

— Avec ces sols peuvent être groupés ceux de la *Plaine de Fisakana*, District de Fandriana, Province de Fianarantsoa, cartographiés au 1/20.000^e, et ceux de la *Plaine de Soavina*, District d'Ambatofinandrahana.

2^o CLASSIFICATION ADOPTÉE

Ordre des sols évolués sur place

Sous-ordre des sols hydromorphes

Groupe des sols à engorgement total, permanent ou quasi permanent.

Engorgement permanent :

— Sols de marais : Forte accumulation en surface de matières organiques mal décomposées, consécutive à un régime anaérobie.

— Sols marécageux : L'accumulation des matières organiques est moins importante. Ces dernières sont mieux évoluées. Elles reposent sur un horizon de teinte claire très peu organique, en général compact.

Engorgement quasi permanent :

— Sols de Tany Manga : Plus d'accumulation de matières organiques en surface. Les horizons supérieurs sont tachetés (fer individualisé). Un horizon de teinte claire (gris ou bleuté) en général très argileux, où le fer est réduit, leur fait suite.

Groupe des sols à engorgement temporaire :

— Sols tachetés : Taches à contour net abondantes dans la majorité du profil.

— Sols faiblement hydromorphes : La matière organique en surface évolue strictement en aérobie. Taches rouille et claires à contours moins précis, ou traînées, dans les horizons inférieurs.

Sous-ordre des sols latéritiques ou ferrallitiques

— Sols formés à partir de roches mères en place :

Ils constituent les reliefs entourant les zones d'alluvionnement et possèdent généralement des horizons de couleur rouge passant parfois, au jaune ou au violacé.

— Sols formés à partir d'alluvions anciennes.

Se présentent en terrasses reprises par l'érosion et se situent géographiquement entre les sols hydromorphes actuels et les sols latéritiques formés sur place. L'hydromorphie en cours ou ancienne aboutit souvent à des zones de concrétionnement et même de cuirassement.

Couleur jaune.

Mica inexistant ou très rare, bien que les roches ayant fourni ces alluvions en soient généralement largement pourvues.

Ordre de sols non évolués sur place

Sur les bourrelets riverains des cours d'eau, existent des *sols d'apport* :

a) Alluvions sableuses (sans intérêt agricole).

b) Alluvions plus fines appelées *baiboho*, qui possèdent un horizon de surface brun moyennement ou peu pourvu en matière organique provenant d'un couvert graminéen, puis des horizons roses se différenciant entre eux granulométriquement. Le recouvrement de l'horizon organique par un dépôt récent est courant. Il se constitue alors un nouvel horizon organique et de ce mécanisme résulte un profil composé d'une succession d'horizons roses et gris.

Sols complexes

A côté de ces sols simples existent des sols complexes assez répandus dans les zones d'alluvionnement. Une alluvion récente peut par exemple enterrer un sol de marais et évoluer ensuite sous l'action de la nappe phréatique.

3° CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET UTILISATION DES SOLS

Dans le cadre d'une agriculture familiale les principaux sols utilisés en riziculture sont d'une part les *Tany Manga*, les *Tachetés* et les *Faiblement hydromorphes* qui présentent dans les conditions naturelles les caractères les plus favorables à la riziculture noyée, d'autre part les sols latéritiques à faible pente qui peuvent être aménagés en terrasses et irrigués par de petits canaux serpentant à flanc de coteaux. Dans les sols latéritiques, le décapage et une hydromorphie dirigée influencent largement la pédogenèse.

Les grands travaux d'hydraulique agricole ont pour but de permettre le drainage des sols à engorgement permanent ou quasi permanent et

l'extension des gradins. De plus ils régularisent le régime des eaux dans les sols déjà cultivés et permettent la mise en valeur des alluvions faiblement hydromorphes, en général fertiles.

En examinant l'ensemble des sols étudiés sur les hauts plateaux du centre de l'île nous pouvons sommairement dégager les caractéristiques suivantes :

Sols de Marais :

Leur teneur en matière organique totale peut souvent atteindre 50 % du poids de l'échantillon et cela, dans un profil, sur 2 à 3 m d'épaisseur (1).

La granulométrie est à dominance de limon et d'argile.

Par suite de la richesse en humus et en argile, le complexe adsorbant possède une capacité d'échange totale élevée.

S'il y a lessivage oblique, la saturation du complexe est mauvaise à tel point que la somme des bases échangeables est faible. Les ions Ca^{++} , Mg^{++} et K^+ sont alors généralement peu abondants. Il en est de même de l'acide phosphorique assimilable dosé par la méthode Truog.

Par contre, si les sols sont situés dans un fond de cuvette sans écoulement des eaux, ils sont plus riches en bases qui proviennent du lessivage des sols placés topographiquement plus haut. L'ion H^+ est toujours dominant dans le complexe ce qui entraîne une forte acidité ($4 < \text{pH} < 5$).

Ces sols ont l'inconvénient de fournir pendant les 4 ou 5 premières années qui suivent le drainage des panicules à grains vides (pirculariose); après ce délai, en raison des faibles exigences du riz, les récoltes normales fournissent de l'ordre de deux à trois tonnes de paddy par hectare.

Sols marécageux

Analogues aux précédents, mais plus faciles à mettre en culture. Les éléments organiques et la capacité d'échange totale décroissent rapidement de la surface vers la profondeur du sol sans que le degré de saturation augmente.

Sols de Tany Manga

Ce sont de bons sols à riz.

La nappe phréatique gorge toute l'année l'horizon profond, gris pâle, de structure fondue. Par contre, en surface, la matière organique qui a au moins des valeurs moyennes, évolue tantôt en anoxydobiote tantôt en aérobiote. Le complexe adsorbant est souvent mieux saturé que celui des sols à engorgement permanent.

(1) Se référer à « Méthode d'analyses physiques et chimiques des terres en application aux laboratoires de l'Alaotra », par R. DIDIER DE ST AMAND.

Sols tachetés et sols faiblement hydromorphes

Leur granulométrie est assez grossière. Le lessivage oblique est moins accusé, si bien que les teneurs en bases échangeables et en P^2O^5 assimilable sont parfois plus élevées que dans les sols précédents bien que la capacité d'échange totale y soit plus faible.

Les éléments organiques et notamment l'humus sont moyens en surface et décroissent rapidement avec la profondeur.

L'évolution des matières organiques brutes retournant au sol s'effectue en aérobiose.

La végétation naturelle n'est plus à base de Cypéracées. Ce sont les Graminées qui dominent.

Un certain nombre de caractéristiques microbiologiques et leurs variations au cours de l'année en 5 sols de rizières et en un sol de marais sous *Cyperus* des environs de Tananarive ont été étudiés par C. MOUREAUX (1).

Baiboho

La granulométrie varie beaucoup d'un profil à l'autre et dans un même profil suivant la profondeur.

Le complexe adsorbant relativement bien saturé donne au sol des valeurs assez satisfaisantes en bases. De plus, la présence de minéraux peu altérés (micas) et une activité microbienne de loin supérieure à celles des sols latéritiques ou hydromorphes permettent la régénération des solutions du sol. Les baiboho sont de bonnes terres à riz et peuvent porter des cultures plus exigeantes.

Alluvions anciennes latéritiques et sols latéritiques formés sur roche mère en place

Quand l'érosion n'est pas excessive les éléments organiques sont bien ou moyennement représentés dans l'horizon de surface.

La chaux, la magnésie, la potasse échangeables ainsi que l'acide phosphorique assimilable sont souvent déficients. La même insuffisance existe pour ces éléments dosés sous forme totale.

Les rizières établies sur ces sols ne sont donc jamais très productives d'autant plus que le décapage qui met souvent à nu l'horizon non organique, bien moins fertile que celui de surface, est inévitable pour le planage.

4^o MODIFICATIONS CONSÉCUTIVES A LA MISE EN CULTURE

Les caractères morphologiques, physiques, chimiques et biologiques des sols subissent des modifications marquées après la mise en culture sous riz.

(1) L'activité microbiologique et ses variations dans l'année en divers sols des Hauts-Plateaux malgaches. *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, IX.

C'est ainsi que les sols très hydromorphes, après drainage, se tassent et voient leur matière organique évoluer brusquement sous l'influence des micro-organismes aérobies. Les sols faiblement hydromorphes, les baiboho et les sols latéritiques ont leurs horizons de surface soumis brusquement à une aérobose partielle alors qu'elle était précédemment totale.

L'établissement de rizières aboutit donc à la longue à des profils artificiels.

Signalons que la pratique de l'amendement des sols tourbeux récemment drainés avec de la terre provenant de sols latéritiques voisins aboutit à la formation d'une croûte en surface reposant sur un horizon tourbeux non évolué et encore gorgé d'eau. Le profil acquiert ainsi une morphologie toute particulière.

Diverses autres plaines ont été étudiées dans la province de Tananarive par P. ROCHE :

La plaine de Fitandambo, dans le District de Soavinandriana, présente des alluvions fluviales récentes cultivées en rizière et des sols hydromorphes en cours d'aménagement.

1° Les alluvions fluviales récentes sont des atterrissements situés un peu partout dans la plaine, et les bourrelets de berges des différentes rivières (Varahina, Fitandambo). Les alluvions fluviales présentent divers stades d'évolution sous l'influence de l'hydromorphie (sol hydromorphe à engorgement temporaire).

Ces alluvions sont souvent très sableuses; elles sont colmatées en surface par les apports des eaux d'irrigation. Au niveau du Lac Itasy, les alluvions deviennent argilo-limoneuses. Les teneurs en éléments organiques sont moyennes ou faibles. Les teneurs en acide phosphorique et en bases échangeables sont faibles.

2° Les sols hydromorphes à engorgement permanent ont donné lieu à une très faible évolution de la matière organique, ils présentent une trame végétale très développée retenant des limons et des argiles alluvionnaires. Il y a peu de décomposition de la matière organique.

L'acide phosphorique assimilable est partout très faible, les teneurs en bases échangeables sont faibles ou moyennes. Le pH est acide (4,8).

Par drainage, les sols hydromorphes submergés peuvent fournir de bons sols de rizières. Plusieurs années seront cependant nécessaires avant l'obtention de rizières stabilisées et à haut rendement.

Plaines d'Ambohibary Sambaina et de Vinaninony District d'Antsirabé. — Dans la plaine d'Ambohibary Sambaina, les terrasses les plus hautes bordant la cuvette et cultivées en rizières sont constituées par un sol latéritique jaune ou jaune rouge développé sur alluvions basaltiques anciennes ou sur colluvions d'origine basaltique. Ces sols sont limoneux à argileux limoneux. Ils sont pauvres en éléments organiques; les teneurs en éléments minéraux sont assez bonnes, sauf en ce qui concerne la potasse échangeable.

La plus grande partie de la plaine est occupée par des alluvions basaltiques anciennes, ayant subi des phénomènes d'hydromorphie se traduisant par l'apparition de veinules ou de concrétions ferrugineuses au niveau de la zone de battement de la nappe phréatique (sols hydromorphes à engorgement temporaire).

L'évolution latéritique avec formation de grenaille ferrugineuse semble être un phénomène assez général pour les sols de la plaine d'Ambohibary-Sambaina.

La même formation pédologique a été retrouvée dans la plaine de Vinaniony, District de Faratsiho.

Ces sols à concrétions ferrugineuses sont bien pourvus, en surface, en éléments organiques. Les teneurs décroissent régulièrement avec la profondeur.

Les teneurs en éléments minéraux sont faibles ou moyennes en surface, on observe une accumulation fort nette de bases échangeables au niveau de la zone imperméable englobant les grenailles ferrugineuses. L'accumulation est surtout sensible pour la chaux et la magnésie échangeables; elle n'intervient pas pour la potasse qui reste pour ces sols l'élément déficient. Les rendements des rizières de la plaine ne doivent pas dépasser 2 t/ha en moyenne. L'utilisation des fumures organiques et minérales permettraient d'augmenter considérablement ces rendements.

La réponse aux applications d'engrais a été étudiée dans la région de Mahitsy (Province de Tananarive), par P. ROCHE, J. VELLY et B. JOLIET (7)

A Mahitsy (à 30 km de Tananarive) la culture du riz est effectuée sur un ancien sol hydromorphe à engorgement permanent (sol de marais évolué).

Cette série pédologique est très pauvre en acide phosphorique assimilable, très pauvre en éléments minéraux, moyennement pourvue en azote et en humus. Plusieurs années d'expérimentation ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes.

Le phosphate est l'engrais minéral le plus efficace. La fumure mixte fumier de ferme + P est la formule la plus rentable.

Les différents phosphates commerciaux sont à peu près équivalents lorsqu'ils sont apportés à doses égales de P_2O_5 /ha. Phosphates naturels broyés et scories Thomas viennent cependant en tête. Les engrais verts, cultivés en intersaisons, sont à déconseiller, ils poussent mal et n'améliorent pas le rendement en paddy.

La chaux agricole utilisée seule à la dose de 1 t/ha/an est rentable.

Divers autres points d'expérimentation ont été implantés dans la Province de Tananarive.

Sur la série pédologique Antsirabé-Betafo. Alluvions d'origine basaltique), seul l'apport de fumure organique (fumier de ferme) est conseillé.

A Miarinarivo-Itasy, sur alluvions fluviales récentes, la fumure la

plus rentable est encore celle effectuée au fumier de ferme. On a pu déceler cependant.

- un effet principal N significatif à 1 %,
- un effet principal K significatif à 5 %,
- un interaction N P K.

A Anjzorobe sur sol de marais tourbeux le phosphate de chaux est l'élément essentiel, apporté en complément de la fumure organique au fumier de ferme, il constitue une formule de fumure rentable.

A Ankazobe, sur alluvions fluviales d'origine latéritique, le complément minéral à conseiller sur l'enfouissement du fumier de ferme est le phosphate.

Une fumure minérale complète N P K est également rentable.

COTE EST

PARTIE NORD-EST DE L'ILE

Dans les districts de Fénérive et d'Andapa, les zones rizicoles importantes telles que la plaine de Iazafo et la cuvette d'Andapa ont été étudiées par R. DIDIER DE ST AMAND.

Les types de sols sont analogues à ceux décrits sur les hauts plateaux du centre de l'île et leur classification a eu lieu d'après les mêmes critères.

A Iazafo, malgré une végétation luxuriante, les sols sont pauvres en éléments échangeables et assimilables. Cette contradiction apparente s'explique par le fait que sous le climat très pluvieux et très chaud de la région, les réserves minérales régénèrent rapidement les solutions du sol.

Les types pédologiques les plus répandus sont les « Tany Manga » et les « Sols marécageux ».

A Andapa les sols sont plus riches. Quand l'engorgement est temporaire ils portent de la vanille alors que les « Tany Manga » et les « Sols de Marais » sont affectés à la riziculture.

COTE OUEST

PARTIE SUD-OUEST DE L'ILE

Basse vallée du *Fiherenana* (Etude de R. DIDIER DE ST AMAND et de Mme GOARIN). Des alluvions récentes assez peu soumises à l'hydromorphie ont été décrites. Là où l'eau d'irrigation est abondante des cultures de riz à forts rendements sont entreprises, seuls l'acide phosphorique assimilable et les éléments organiques sont inférieurs à la moyenne.

Vallée de la *Taheza*. Elle a fait l'objet d'une étude de SÉCALEN et MOUREAUX dans les *Mém. Inst. sci. Madagascar, D, 1, 2, en 1949*. Puis en 1956, DIDIER DE ST AMAND a prospecté à nouveau la rive droite de ce

cours d'eau. A côté des sols hydromorphes typiques on rencontre des profils hydromorphes artificiels formés par des rizières établies sur sable roux.

PARTIE NORD-OUEST

Les sols halomorphes d'une côte basse à palétuviers ont été étudiés par R. DIDIER DE ST AMAND dans le district d'Analalava-Baie de Narinda. Il a montré que le riz pousse encore sur sols argileux ayant, dans les horizons exploités par les racines, environ 15 ‰ de sels solubles (Méthode basée sur la conductivité électrique après agitation mécanique de la terre additionnée d'eau) et 3 ‰ de Cl (Extraction à l'eau chaude et dosage par Méthode CHARPENTIER et VOLHARD).

RÉGION DE LA BETSIBOKA

Les sols de la plaine de Madirovalo, utilisés en riziculture, étudiés par P. ROCHE en 1955, comprennent des alluvions limoneuses ou limono-argileuses.

1° *Alluvions de la Rivière Bemarivo*, limoneuses, faiblement pourvues en éléments organiques, très pauvres en acide phosphorique assimilable, moyennement riches en bases échangeables.

2° *Alluvions de la Rivière Beseva*, argileuses, brunes ou brun-chocolat, se divisant en saison sèche en grands polyèdres par des fentes de retrait, présentant des efflorescences salines blanches en surface (chaux et magnésie).

Ces alluvions sont faiblement pourvues en éléments organiques, les teneurs en acide phosphorique assimilable sont irrégulières, parfois assez fortes, le complexe d'échange est fortement saturé par la chaux et la magnésie. Les teneurs en carbonates sont faibles 0,2 à 0,5 %.

3° *Alluvions de la Rivière Tsilakana*, limono-argileuses, brun-rouge foncé, faiblement pourvues en éléments organiques. Cependant, en amont de la vallée de la Tsilakana, ces alluvions ont évolué par hydromorphie et un horizon organique de 30 à 40 cm d'épaisseur s'est constitué en surface.

Ces alluvions sont bien pourvues en acide phosphorique assimilable, leur complexe d'échange est bien pourvu en éléments minéraux (forte saturation par la chaux).

Les sols d'alluvions de la plaine de Madirovalo sont de bonne valeur pour la culture du riz. Ils sont susceptibles de porter deux récoltes annuelles. Des rendements de 4 à 6 t/ha sont obtenus chaque année en culture repiquée.

PLAINE DE MAROVOAY

La plaine de Marovoay a fait l'objet en 1956 d'une carte d'utilisation des sols (Notice explicative par J. BOSSER et J. HERVIEU, Publications de l'I.R.S.M.). Cette région est depuis longtemps un grand centre producteur de riz : il s'y fait jusqu'à quatre récoltes de riz dans l'année, selon la situation topographique de la rizière et ses possibilités d'alimentation en eau.

L'étude pédologique générale a mis en lumière l'existence, sur de grandes superficies, de sols salés, dont certains peuvent être classés dans les sols salés à alcalis (pourcentage élevé de sodium échangeable dans le complexe adsorbant). La présence de sels se manifeste particulièrement en saison sèche dans les zones exondées, par des efflorescences blanchâtres ou une structure poudreuse ou squameuse, à la surface d'argiles profondément crevassées.

Ce sel a deux origines : d'une part la remontée des eaux salées par la marée dans le bas-cours de la Betsiboka, d'autre part la nature marine des argiles qui constituent le substratum de la plaine elle-même. Il semble que la seconde cause soit de beaucoup prépondérante. En effet, l'existence de cette plaine dont l'altitude varie entre 3 et 6 m paraît liée étroitement à l'histoire géologique du Quaternaire : des dépôts d'huîtres vers 10 m sur le pourtour, indiquent une transgression récente; des dépôts analogues ont été relevés plus à l'Ouest dans la basse vallée de la Mahavavy. D'autre part, l'existence de sols salés dans les basses plaines de la Mahavavy, de la Betsiboka et de la Mahajamba, serait un argument en faveur de cette invasion marine.

Dans les zones de marais ou à tendance marécageuse, le sol se caractérise par une grande richesse en composés sulfurés formés lors de la décomposition des matières organiques : en milieu anaérobie, ceux-ci confèrent à l'horizon organique une teinte très noire; en milieu aérobie, il se forme des taches jaunes de sulfate de fer et il y a oxydation de ces composés du soufre avec libération d'acide sulfurique libre, d'où des pH mesurés au laboratoire sur des échantillons secs, pouvant descendre jusqu'à 3,5. Dans d'autres pays, ces phénomènes d'oxydo-réduction, liés à des processus biologiques, ont été considérés comme responsables de troubles physiologiques sur le riz (maladie du « Tiem »).

Une partie de la plaine est cultivée en rizières de façon presque continue. Sur les parties non cultivées, ou cultivées sporadiquement, on trouve des groupements herbacés halophiles, caractérisés soit par une petite Convolvulacée, *Cressa cretica* L. (Sira-Sira), soit par des Cypéracées, *Cyperus volodioides* Cherm., des Graminées, *Diplacne fusca* P. B., *Echinochloa pyramidalis* Hitch. et Chase. Le *Thespesia populnea* Soland., Malvacée arbustive de lisière de mangrove, est fréquent sur une zone salée en bordure de la Betsiboka.

Le *Cressa cretica* L. que l'on peut considérer comme une plante bonne indicatrice de salure des sols, se rencontre le plus souvent en zone basse et plane, mais il remonte quelquefois jusqu'à 3-4 m sur les bords en pente de la plaine constitués par des argiles marines, ce qui est un argument

supplémentaire pour affirmer la salure de ces couches géologiques. Le bord des rivières (Marovoay) est longé par une galerie ripicole où le *Barringtonia racemosa* Roxb. (Lécythidacée) et *Heritiera littoralis* Dryand (Sterculiacée) sont fréquents. Cette galerie n'existe pas toujours, dans cette zone, sur les bords de la Betsiboka, où elle est parfois remplacée par un peuplement de *Typhonodorum Lindleyanum* (Aracée).

Les sols de rizière ont été classés de la manière suivante :

Sols évolués

A) Sols hydromorphes :

a) Sols à engorgement total permanent ou quasi-permanent :

— sols de marais,

— sols à horizon réduit (« Tany manga »).

b) Sols à engorgement temporaire de surface ou d'ensemble :

— sols alluviaux des vallées secondaires (sols à profil complexe).

— sols alluviaux de plaine (baiboho évolués).

B) Sols halomorphes :

a) Sols salins :

— sols salins à Gley,

— sols salins tachetés,

— baiboho salés.

b) Sols salés à alcalis :

— sols salés à alcalis, à Gley,

— sols salés à alcalis tachetés.

Sols peu ou pas évolués

Alluvions récentes (baiboho) :

— baiboho argileux ou argilo-limoneux,

— baiboho sableux ou sablo-limoneux.

MISE EN VALEUR

Les sols précédents ont été répartis en trois classes d'utilisation, selon leurs caractères de fertilité et leur possibilité de mise en valeur.

La classe II A est en surface la plus importante. Elle comprend des sols variés, de bonne fertilité, à vocation éminemment rizicole. La plus grande partie est déjà aménagée en rizières et présente un grand intérêt économique. Y prennent place les sols à accumulation de matière organique, des alluvions type « baiboho » plus ou moins évoluées et la totalité des sols halomorphes. Du fait de leur situation naturelle ou des travaux d'hydraulique existants ou en cours, l'alimentation en eau y est satisfaisante.

La classe II B comprend essentiellement la plaine de la Bekarara et ses annexes. Il s'agit de sols parfois moins bien pourvus que dans la classe précédente. Cependant la mise en valeur en est plus délicate et nécessite des travaux d'hydraulique agricole assez importants (barrages de retenue, planage, drains).

La classe II C comprend un certain nombre de vallées secondaires au nord et à l'est de la plaine de Marovoay. Il s'agit en général de sols à fertilité moyenne ou médiocre, facilement aménageables en rizières, mais où l'alimentation en eau dépend directement de la pluviométrie, étant donné la faible étendue des bassins versants intéressés.

BIBLIOGRAPHIE

1. RIQUIER (J.) et SÉGALEN (P.), 1949. — Notice sur la carte pédologique du Lac Alaotra. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, I (1).
2. ROCHE (P.), VELLY (J.) et JOLIET (B.), 1953. — Fertilisation du riz sur deux types de sols de la Région du Lac Alaotra. — C.R. Recher. agron. Madagascar, 2.
3. — 1955. — Utilisation des engrais verts en rizières dans la région du Lac Alaotra Madagascar. — *Riz et Riziculture*.
4. — 1954. — Fertilisation des sols de rizière dans la région du Lac Alaotra Madagascar. — Cinquième Congrès International de la Science du sol, Léopoldville, V III, p. 191 à 203.
5. MOUREAUX (Cl.) et RIQUIER (J.), 1951. — Les sols submergés de l'Alaotra. — *Mém. Inst. sci. Madagascar*, D, III (1).
6. ROCHE (P.), 1952. — Les sols de marais récemment récupérés au Lac Alaotra. — *Agron. tropic.*, VII, (1), janvier, février.
7. ROCHE (P.), VELLY (J.) et JOLIET (B.), 1956. — Fertilisation du riz sur les hauts plateaux de Madagascar. — *Riz et Riziculture*.