

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE OUTRE-MER  
20, rue Monsieur  
PARIS VII<sup>e</sup>

COTE DE CLASSEMENT N° 1042

PEDOLOGIE

LES SOLS DE LA PLAINE D'AMPARIHIBE II - REGION DE MAHANORO

par

G. TERCINIER

Note préliminaire sur les sols de la plaine  
d'Amparihibe II (région de Mahanoro)

par G. TERCINIER

Généralités: La plaine d'Amparihibe II qui fait l'objet d'un projet de C.R.A.M. est limitée au Nord par le Mangoro, à l'Est par la rivière Sahave et à l'Ouest par un cordon de dunes anciennes. Au Sud, elle se prolonge le long de la Sahave jusqu'à un étranglement au-delà duquel on trouve d'autres zones basses de même types où les surfaces cultivables sont loin d'être négligeables.

Le projet de C.R.A.M. couvrant le nord de la plaine d'Amparihibe II, ce sont les sols de cette zone que nous avons étudiés avec le plus de détails. L'ensemble de la région qu'il est question de mettre en valeur, peut être regardée comme un vaste marais peu profond situé en contre-bas des alluvions du Mangoro qui le borde au Nord. Les alluvions proprement dites de la Sahave ont formé, comme nous le verrons, le sous-sol du marais mais n'occupent plus en surface qu'une bande extrêmement étroite au Nord-Est de la plaine. Au milieu du marécage on trouve une petite butte sableuse surbaissée (Nosidambo). Enfin les dunes anciennes situées à l'Ouest ont très probablement eu une influence sur la gênèse des sols de la zone marécageuse car elles doivent être regardées comme des podzols dont l'humus soluble est venu s'accumuler dans la plaine par lessivage oblique.

Les Sols: Nous étudierons successivement les alluvions et les sols de marais.

1°)- Les alluvions:- a)- Les alluvions du Mangoro proprement dites bordent ce fleuve sur une largeur d'environ 200m et sont situées un peu au-dessus du niveau de la plaine. Ce sont des alluvions juvéniles non évoluées, moyennement humifères, un peu micacées, généralement limoneuses, et formées d'un mélange de matériaux d'origine gneissique et basaltique. Lorsque par exception elles ne sont pas couvertes de cultures (caféier en particulier), elles portent une prairie de jachère très dense à Panicum maximum (Fatahana)

b)- Les alluvions évoluées forment une bande de largeur variable sur le pourtour Nord-Est de la plaine et sont situées à un niveau à peine supérieur à celui des sols de marais: leur profil caractéristique comporte un horizon brun noir assez épais, grumelleux, très humifère, reposant sur une argile plastique blanchie avec taches d'oxydes de fer. Elles se rencontrent normalement sous une végétation assez dense de Stenotaphrum madagascariensis (Ahipisaka) mais peuvent également avoir comme origine une riziculture pratiquée depuis longtemps dans des alluvions du type précédent artificiellement tronquées pour l'établissement de "rizières en fosse".

c)- Les alluvions de la Sahave n'occupent à l'heure actuelle qu'une superficie très réduite en phase face d'Ambodiharina: ce sont des alluvions argilieuses d'origine basaltique situées très peu au-dessus du niveau de la rivière et cultivées en rizières pendant la saison sèche.

2°)- Les sols de marais:- a)- Le marécage à Cyperus emirnensis (Zozoro) occupe une bande étroite le long de la Sahave. On a affaire à une masse de débris organiques peu décomposés, gorgés d'eau. En partie défriqué en rizière, ce type de sol n'occupe au total qu'une faible super-

ficie.

b)- Le marécage à petites Cypéracées et Fougères occupe à lui seul plus des 3/4 de la superficie de la zone faisant l'objet d'un projet de mise en valeur et s'étend largement plus au Sud. On peut donc admettre que c'est de la valeur de ce type de sol que dépendra l'avenir agricole de la C.R.A.M. d'Ampanihibe II. Ce marécage semble être constitué de deux sols superposés.

En surface on trouve un sol de marais formé de débris végétaux plus ou moins décomposés mélangés à une certaine proportion de matière minérale. Lorsqu'aucun drainage n'a été effectué, l'horizon supérieur du sol de marais est constitué d'une boue noire fluante enrobant les racines actuelles et l'horizon inférieur d'une masse de déchets végétaux peu décomposés; parfois on trouve au-dessous de la masse de déchets végétaux passé un horizon noir de matière organique bien décomposée mélangée à une forte proportion de matière minérale : l'ensemble de ces deux ou trois horizons a une épaisseur de 90cm à 1m/20. Lorsque le drainage est en cours l'horizon supérieur devient grumeleux et l'horizon de débris végétaux commence à se décomposer. Lorsque le drainage est terminé, l'évolution en milieu aérobie est très rapide et mène à un sol brun foncé grumeleux épais de 30 à 60cm (contenant encore quelques racines non décomposées à la partie inférieure), suffisamment ferme pour porter un tracteur. On peut donc prévoir un abaissement de 40 à 60cm après drainage.

En profondeur on ne trouve pas comme on pourrait a priori le craie, une argile blanche compacte mais un limon argileux peu plastique, non micacé, brun clair, paraissant moyennement humifère et parcouru par un lacis très serré de petites racines: il semblerait que l'on soit en présence d'une alluvion enterrée d'origine basaltique apportée par la Sahabo. L'on trouve à la partie supérieure et dans la masse de cette alluvion enterrée de nombreux troncs d'arbre témoins d'une forêt qui aurait recouvert la plaine alluviale dans une période antérieure. On peut penser que l'établissement du régime marécageux est assez récent: en effet en dehors de l'absence d'horizon plastique décoloré en profondeur, on remarque que dans aucun cas on ne trouve de sol noir enterré sous les alluvions récentes ou sous les sables dunaires.

Dans l'ensemble, ce sol complexe paraît très homogène aussi bien par sa composition que par l'épaisseur des différents horizons, les différences apparentes provenant surtout du drainage partiel auquel il a été soumis. La végétation naturelle peut servir d'indicatrice de l'épaisseur du sol de marais au-dessus de l'alluvion enterrée et du degré du drainage : en dehors de quelques bosquets de raphia on trouve les types de végétation suivants:

A) Marais à Typhonodorum lindleyanum (Via), Cyperus aequalis, Scirpus sp. et Fougères (absence de Cyperus latifolius et de Ravenales): épaisseur du sol noir assez grande au-dessus de l'alluvion enterrée, drainage inexistant.

B) Apparition dans le type précédent de Cyperus latifolius (Vendrana) et de Ravenala madagascariensis, disparition de Typhonodorum lindleyanum: épaisseur du sol noir moins grande, drainage faible.

C) Disparition progressive des Scirpus, dominance de Cyperus latifolius apparition des Graminées: sol en cours de drainage, la surface du sol prend une structure grumeleuse.

D) Remplacement presque complet des Cyporacées par les Graminées: sol grainé et ressuyé.

Vocation agricole des différents types de sols. Précautions à prendre lors de leur mise en valeur:

Nous ne pouvons dans une note préliminaire et avant analyse donner que sous toute réserve une opinion sur la vocation agricole des sols d'Amparihibe II.

Les alluvions récentes du Mangoré sont en relief par rapport à l'ensemble de la plaine, donc difficilement irrigables: de plus ce sont des sols de toute première qualité pour la culture du café et leur transformation en rizière ne se justifierait pas.

Les alluvions évoluées sont déjà en partie cultivées en rizières. La partie non cultivée est formée de sols à l'horizon organique grumeleux épais reposant sur une couche plastique de faible valeur: on devra donc pour leur aménagement en rizière éviter de les tronquer artificiellement lors de leur ~~rat~~ nivellement (comme cela se fait par la technique locale de rizières en fosse). Ces alluvions évoluées peuvent être d'autre part considérées comme d'assez bons sols de pâturage.

Les alluvions de la Sahabe de faible étendue sont déjà entièrement mises en culture (rizières de saison sèche). Leur faible niveau au-dessus de la rivière permettra difficilement de les protéger des crues de saison des pluies.

Le marécage à Cyperus emirnensis (Zozoro) n'a probablement qu'une faible valeur ~~agri~~ rizicole parce que formée de débris végétaux se minéralisant très lentement et donnant un humus très acide. La culture du riz sur ce type de sol risque pendant un certain nombre d'années d'être entravée par des accidents physiologiques tels qu'épis vides et grains mal conformés: ce type de marécage n'occupe d'ailleurs qu'une très petite partie de la superficie totale.

Beaucoup plus intéressant paraît être le marécage à petite Cyporacées et Fougères occupant comme nous l'avons vu plus des 3/4 de la superficie de la plaine. On a affaire ici à un mélange de débris organiques facilement décomposables et de matière minérale. L'évolution par passage du milieu anaérobie au milieu aérobie ne pourra être étudiée de façon poussée qu'après l'analyse des échantillons qui ont été prélevés de façon à permettre tout spécialement cette étude.

Cependant, on peut constater qu'après drainage ce type de sol évolue très vite en milieu aérobie pour donner un sol brun noir grumeleux meuble, riche en matière organique, paraissant lié à la matière minérale et suffisamment épais. Il semble que grâce au climat humide et chaud de la côte Est, à la quantité assez importante de matière minérale mélangée à la matière noire et à l'activité probablement assez intense des micro-organismes, la dessiccation irréversible soit peu à craindre.

Ce type de marais même cultivé sans drainage préalable n'a pas, tout au moins avec les variétés locales, la fâcheuse réputation de provoquer des accidents physiologiques sur le riz, comme c'est le cas pour les marécages à Zozoro.

Enfin, le sous-sol sur lequel repose le sol de marais proprement dit paraît à première vue d'une certaine valeur agronomique, de sorte

qu'il n'y a pas de grand danger à l'atteindre par décomposition trop poussée du sol humifère et à la faire remonter par labour profond.

Seule l'analyse pourra donner des précisions suffisantes sur la composition de ce sol enterré, mais semble bien que l'on ait affaire à une alluvion peu plastique bien qu'assez argileuse, probablement assez riche, et en tout cas facilement explorable par les racines comme en témoigne le lacis radiculaire très fin et diversifié qui le pénètre.

### Conclusion.-

En manière de conclusion provisoire, l'on peut dire que la plus grande partie de la plaine d'Amparihibe II est constituée d'un mélange de matière organique relativement peu acide et de matière minérale reposant sur une alluvion enterrée probablement de bonne qualité.

Le passage du milieu anaérobie au milieu aérobie provoque une transformation rapide du sol de marais en un sol humifère grumeleux de bonne structure dans lequel la matière organique paraît en grande partie liée à la matière minérale : on aboutirait donc après drainage à un sol de bonne qualité.

Cependant, à cause des déséquilibres internes dans la physico-chimie du sol inévitables lors du passage du milieu anaérobie au milieu aérobie et du risque d'envasement des rizières irriguées par les petites cypéracées de la végétation naturelle, en particulier par Cyperus aequalis, il sera prudent de tabler pour moins pendant quelques années, sur une productivité légèrement inférieure à celle des sols de baiboho qu'on rencontre en diverses régions du district.

Enfin il nous est très difficile de donner des chiffres probables de rendement, le procédé le plus sûr pour le déterminer étant encore d'évaluer de façon aussi précise que possible les récoltes obtenues par unité de surface sur les meilleures rizières du district, par exemple sur les rizières de Maintimbato à l'Ouest de la plaine d'Amparihibe I.

Tananarive le 37 Aout 1957

*G. L...*

Second rapport sur les sols de la plaine d'Amperihibe II  
(Région de Mahanoro)

par G. TERCINIER

---

Dans un précédent rapport nous avons donné les résultats d'une première étude de la plaine d'Amperihibe II (District de Mahanoro), plaine faisant l'objet d'un projet de C.R.A.M.

Nous avons défini les divers types de sols rencontrés, décrit leurs profils caractéristiques et leurs végétations naturelles; enfin, avant toute étude au laboratoire des échantillons prélevés, nous avons émis sous toutes réserves, une opinion sur leurs vocations culturales et leurs possibilités agricoles.

Les études de laboratoire étant actuellement terminées, il nous est maintenant possible d'apporter quelques précisions supplémentaires et de rectifier quelques-unes de nos conclusions.

Les types de sols que nous avons définis étaient les suivants :

- 1°) Alluvions
- a) Alluvions limoneuses récentes du Mangero moyennement humifères, un peu micacées.
  - b) Alluvions évoluées à horizon supérieur brun-noir ou gris brun, grumeleux, humifère reposant sur une argile plastique blanchie avec taches d'oxyde de fer.
  - c) Alluvions de la Sahave n'occupant qu'une superficie très réduite et exposée aux inondations.
- 2°) Sols de Marais
- a) Marécage à *Cyperus emirrensis* (Zozoro) n'occupant qu'une faible superficie et paraissant assez peu intéressant.
  - b) Marécage à petites Cypéracées et Fougères occupant la majeure partie de la plaine et semblant constitué de deux sols superposés.

Etant donné la très faible extension et l'intérêt réduit que présentent les alluvions de la Sahave et le marécage à Cyperus emirnensis nous n'avons pas effectué de prélèvements sur ces deux types de sols.

1°) a. Alluvions récentes du Mangoro. La présence de la prairie naturelle à Panicum maximum (Fataka), les très belles plantations de cafés rencontrées, la structure physique du sol rappelant celle d'une terre fraîche et les caractéristiques du profil, nous avaient permis de dire que les alluvions récentes du Mangoro figuraient parmi les meilleurs sols de la région de Mahanoro.

Les analyses effectuées sur un profil caractéristique n'ont fait que confirmer ce point de vue.

Le pH acide sans excès et la texture essentiellement limoneuse sont très favorables à la mise en culture.

La chaux échangeable est plus abondante que pour aucun des 20 autres profils que nous avons étudiés dans la région, la potasse échangeable se rencontre en proportion très convenable surtout si l'on tient compte de l'importance des réserves en cet élément; seule la magnésie échangeable paraît assez nettement déficiente et il ne serait peut être pas sans intérêt d'en apporter. Comme nous le verrons par la suite, la capacité de fixation vis à vis des cations métalliques de tous les sols de la région, est presque uniquement fonction de leurs teneurs en matière organique, le pouvoir d'adsorption de la fraction minérale du sol étant extrêmement réduit; aussi n'y-a-t-il pas à s'étonner que dans les cas des alluvions récentes non exceptionnellement riches en matière organique la capacité d'échange du complexe adsorbant soit assez réduit; ce défaut est en partie compensé par un excellent coefficient de saturation.

Le phosphore n'est pas très abondant; cependant, par comparaison avec les autres sols de la région, les alluvions du Mangoro figurent parmi les moins mal pourvus en cet élément.

Les caractéristiques de la matière organique tout en étant bonnes dans l'ensemble laissent cependant à désirer quant au rapport:

Matières humiques précipitables x 100 trop bas. Il est probable qu'à certaines époques de l'année la terre est trop fortement gorgée d'eau, ce qui pourrait amener une évolution rapide dans un sens défavorable du sol, nuire à certaines cultures et favoriser les maladies cryptogamiques s'attaquant aux caféiers et surtout aux Albizzia jouant le rôle d'arbre d'ombrage; un drainage assez énergique pourrait remédier à ce défaut.

Au total on a donc affaire à de bons sols sur lesquels, pour les raisons que nous avons indiquées dans notre premier rapport, la plantation de caféiers revêt un intérêt nettement supérieur à la culture du riz.

1°) b. Alluvions évoluées. Ce type d'alluvion se distingue nettement du précédent par la présence en profondeur d'un horizon plastique plus ou moins déferrié. Il semble qu'il doive dériver des alluvions récentes par lessivage et sous l'action du battement de la nappe phréatique.

Nous avons fait l'étude d'un profil de sol de rizière correspondant à ce type de sol.

On remarque que si les horizons supérieurs ont plutôt une texture limono-sableuse, l'horizon profond plastique est nettement argileux ce qui confirme l'hypothèse du lessivage.

La réaction du sol est plus acide que sur les alluvions récentes du Mangoro ce qu'il faut également attribuer au lessivage ainsi qu'à une plus forte proportion d'humus acide.

La chaux échangeable se rencontre en proportion assez faible quoique encore suffisante pour le riz au moins dans l'horizon supérieur; à l'inverse de la chaux, la teneur en magnésie très insuffisante en surface, augmente avec la profondeur. La potasse est assez abondante aussi bien sous forme échangeable que sous forme totale et aucune déficience en cet élément n'est à craindre.

La capacité d'échange directement liée aux teneurs en matière organique paraît assez faible et chose plus grave, le complexe adsorbant est mal saturé surtout entre 30 et 75<sup>m</sup> de profondeur.

Comme dans les alluvions récentes, le phosphore bien que peu abondant, se rencontre en proportion plus élevée que dans la plupart des sols de la région.

Si les teneurs en matière organique ne sont pas exceptionnelles, l'épaisseur de l'horizon humifère bien pourvu en carbone et surtout en azote est importante et il n'y a aucune crainte à avoir sur ce point, sauf si l'on cherche à mettre en valeur ces sols en les tronquant en vue de l'établissement de "rizières en fosses". Le rapport  $\frac{\text{Matières humiques précipitables x 100}}{\text{Matières humiques solubles aux alcalis}}$  est supérieur à 50 dans les horizons supérieurs à texture limono-sableuse et à structure grumeleuse mais nettement inférieur à cette valeur dans l'horizon plastique de profondeur; l'évolution de la matière noire paraît donc se faire dans des conditions convenables en surface mais prend une allure nettement défavorable dès que l'on atteint l'horizon plastique.

Au point de vue pratique l'on peut dire qu'il n'est pas souhaitable de cultiver des plantes à enracinement profond sur ce type d'alluvion évoluée; en effet le coefficient de saturation est nettement insuffisant dès 30cm de profondeur et d'autre part si les racines atteignaient l'horizon plastique, les cultures auraient certainement à souffrir.

On a donc affaire à des sols à vocation rizicole et pastorale sur lesquels la rotation riz-prairie d'embouche revêtirait un intérêt certain.

L'apport d'engrais azotés et à plus forte raison potassiques nous semble tout à fait inutile au moins dans l'immédiat; en revanche, les phosphates naturels broyés, souvent assez riches en oligo éléments dont ce type de sol est susceptible de manquer, et les phosphates de magnésium seront extrêmement utiles et peuvent agir à la fois comme engrais et comme amendements.

2°) b. Marécage à petites Cypéracées et Fougères. Nous avons fait por-

ter l'essentiel de notre étude sur ce type de sol qui occupe à lui seul les 3/4 de la superficie de la zone faisant l'objet d'un projet de mise en valeur et qui s'étend largement plus au sud; on peut admettre que c'est de sa valeur que dépend l'avenir agricole de la plaine d'Amparihibe II.

Les profils 3, 2 et 4 correspondent respectivement à des zones non drainées, très légèrement drainées et bien drainées.

La réaction du sol excessivement acide en surface (pH 4,6) l'est encore franchement dans l'horizon brun clair profond (pH 5,2). Le drainage a pour effet de relever de façon nette le pH dans le seul horizon supérieur.

Dans les sols marécageux la matière organique excessivement abondante conditionne en premier lieu la structure, aussi ne faut-il pas accorder une importance exagérée à l'analyse granulométrique. Cependant il semble bien que les quantités d'argile faibles rencontrées permettent d'expliquer en partie la tendance peu marquée du sol à se compacter et à durcir après drainage; si l'argile avait été abondante on aurait pu s'attendre à ne pouvoir récupérer que des sols extrêmement lourds et à très mauvaise structure, étant donné les faibles teneurs en éléments échangeables trouvées par ailleurs.

La déficience en éléments échangeables que nous venons de signaler est surtout marquée pour la chaux; bien que le riz ne passe pas pour être une culture exigeante sur ce point, il est certain que l'on aura tout avantage à apporter du calcium sous une forme que nous chercherons à préciser par la suite. A l'inverse de ce que nous avons vu pour les alluvions, la carence en magnésium n'est pas à craindre. Enfin, si la potasse se rencontre presque toujours en abondance il ne faut cependant préciser que les réserves en cet élément sont faibles et que le potassium présent presque entièrement sous sa forme mobile pourrait disparaître assez rapidement après quelques années de culture.

Etant donné leur très grande richesse en matière organique on pouvait s'attendre à trouver pour les sols de marais une capacité d'échange nette-

ment plus élevée que pour les alluvions. C'est en effet ce que l'on observe; cependant le pouvoir d'adsorption est nettement plus faible que celui que l'on pouvait prévoir à priori. On peut donner à ce dernier fait l'explication suivante : dans les sols de marais il existe une forte proportion de matière organique peu décomposée à pouvoir de sorbtion beaucoup moins important que celui de la matière noire humifiée, d'autre part la fraction minérale du sol nettement latéritisée n'a qu'un très faible pouvoir de sorbtion; on peut remarquer à ce propos qu'en dépit d'une teneur en matière organique nettement moins élevée, la capacité d'échange de l'échantillon 3-3 est plus importante que celle de l'échantillon 4-3 grâce à une proportion plutôt plus forte d'acide humique et surtout au caractère latéritique moins marqué de sa fraction minérale (rapport  $S_{102}/Al_{203}$  égal à 2,30 au lieu de 0,73). Le drainage de la zone de marais actuellement en cours amènera nécessairement une décomposition accélérée de la matière organique; cependant, pendant un certain nombre d'années, la valeur de la capacité d'échange n'en sera pas affectée, la diminution du taux de matière organique ~~devra~~<sup>devant</sup> être compensée sur ce point par une augmentation de son pouvoir d'adsorption.

Le coefficient de saturation s'est révélé comme étant nettement trop bas. Pour plusieurs échantillons de surface la détermination du rapport  $S \times 100/T$  n'a pu être faite; malgré le manque de données analytiques on peut affirmer que pour ces échantillons particulièrement riches en matière organique et nullement mieux pourvus en éléments échangeables fixés, le coefficient de saturation est également très bas. De plus il y a déséquilibre évident entre les cations fixés, le calcium se rencontrant en quantité parfois plus faible que le magnésium et même que le potassium; tout ceci vient confirmer le besoin en chaux déjà signalé.

Le phosphore total se rencontre en proportion moyenne en surface, nettement insuffisant en profondeur; quant au phosphore assimilable il est à peu près inexistant. Il ne fait guère de doute que la matière organique

joue dans le sol le rôle d'organisme stockeur et régulateur du phosphore; si le rapport C/P est bas cet élément sera facilement mobilisable mais lorsque, comme c'est le cas pour les sols de marais de la plaine d'Amparihibe II, ce rapport est très élevé, le phosphore fixé et énergiquement retenu par la matière organique ne pourra être mis à la disposition des plantes. Nous pensons donc que si ces sols sont cultivés, la carence en phosphore se manifestera de façon aiguë particulièrement durant les premières années suivant la mise en valeur; le remède qui consisterait à brûler amènerait à une dangereuse diminution de l'épaisseur du sol et de plus équivaudrait à un énorme gaspillage d'azote et d'humus, aussi ~~croissons~~<sup>croisons</sup>-nous que la véritable solution à ce problème doit être recherché dans l'utilisation massive d'engrais phosphaté en fumure de fond.

Nous avons indiqué que dans les sols de marais la matière organique était surabondante; on en trouve 29 à 52% en surface et 28 à 17% dans l'horizon riche en racines mal décomposées sous-jacent. Après drainage la décomposition ou la migration de la matière organique de surface paraît très rapide et l'on peut compter que, quelques précautions que l'on puisse prendre lors de la mise en valeur, la moitié au moins/<sup>en</sup> sera perdu.

L'horizon brun-clair de profondeur que nous avons considéré dans notre premier rapport comme une alluvion enterrée moyennement humifère s'est révélé à l'analyse comme étant beaucoup plus riche en matière organique et surtout en acide humique soluble, que sa couleur ne le laissait prévoir; c'est très vraisemblablement à la présence de cette forte proportion d'humus et de matière organique très divisée que cet horizon doit de ne pas être plastique et impénétrable aux racines. Plutôt qu'à un humus résiduel d'alluvion enterrée, nous pensons que les fortes teneurs en matière organique rencontrées ici doivent être attribuées au lessivage oblique des podzols sur dunes anciennes voisines et surtout à une infiltration d'humus en provenance des horizons supérieurs; à l'appui de cette hypothèse on peut mettre l'augmentation très nette du taux de carbone dosable et l'élévation du rap-

port C/N observé dans l'horizon brun-clair profond dès que l'on procède au rabattage de la nappe phréatique.

La nature de la matière organique elle-même est assez délicate à préciser; d'après son aspect et son évolution sur place on a l'impression qu'elle est en grande partie liée à la matière minérale mais tous les essais de fractionnement par densité qui auraient pu apporter des précisions sur ce point ont échoué par suite de l'existence de résines ou cires immouillables protégeant la surface des agrégats secs. La présence de ces résines ou cires permet d'affirmer qu'un drainage trop brutal et trop complet serait extrêmement dangereux, la matière organique desséchée n'étant plus susceptible de se réhumecter. Il est possible que la structure grumoleuse que prend très rapidement le sol ressuyé provienne de la formation d'agrégats à pellicules cireuses; il serait alors à craindre qu'en dépit de l'irrigation le riz ait à souffrir de sécheresse physiologique. Un remède facile à cet état de chose serait le brûlage contrôlé; cependant il sera toujours préférable pour l'avenir de ne pas y recourir même si pour cela l'on devait se contenter de récoltes moyennes durant les premières années de culture.

Le rapport  $\frac{\text{Matière humique précipitable} \times 100}{\text{Matière humique soluble aux alcalis}}$  est généralement supérieur à 50 ce qui paraît indiquer que l'on a affaire à un humus de bonne qualité ~~aux~~ susceptible d'entretenir une vie microbienne intense; il est remarquable de constater que c'est dans l'horizon brun clair profond que ce rapport est le plus élevé, on a une plus forte proportion d'acide humique que d'acide fulvique ne pouvant guère se former en milieu anaérobie, ce fait vient confirmer l'hypothèse précédemment émise relative à l'origine exogène de la matière organique rencontrée dans cet horizon. D'autre part si à la suite du drainage, l'acide humique migre en profondeur de préférence à l'acide fulvique le rapport :

$$\frac{\text{Matière humique précipitable} \times 100}{\text{Matière humique soluble aux alcalis}}$$

doit nécessairement s'abaisser en surface pendant le même temps et c'est

bien en effet ce que l'on observe.

Lorsque dans les sols de marais des Hauts-Plateaux s'accumule de la matière organique, on constate qu'à partir d'un certain moment l'azote n'augmente plus corrélativement. Tout se passe comme si une fois atteint un taux de carbone voisin de 10% il ne se produisait plus qu'une matière noire chimiquement très voisine de la lignine c'est-à-dire très pauvre en azote et se décomposant mal. Il s'ensuit qu'en dépit de teneurs en azote de 0,6 à 0,7% en apparence très élevées, des rapports C/N de 30 à 60 se rencontrent couramment, ce qui peut entraîner une dangereuse carence alimentaire en azote passant parfois inaperçue.

Rien de tel ne s'observe pour les sols de marais d'Amparhibe II où l'azote s'accumule jusqu'à constituer près de 2% de la masse du sol sec (ce qui permettrait d'ailleurs d'utiliser celui-ci sur place comme un véritable engrais azoté). Il semble que, contrairement aux sols de marais des Hauts-Plateaux, la matière organique accumulée soit surtout de nature protéidique et que, dans ces conditions, le rapport C/N ne puisse s'élever au-dessus de la valeur encore admissible de 18; de plus, après drainage, l'azote disparaît beaucoup moins vite que le carbone, la fraction de la matière organique la plus pauvre en azote semblant immédiatement se décomposer et migrer en profondeur. On aboutit alors pour un sol convenablement ressuyé à la teneur en azote total encore énorme de 1,3% et à un rapport C/N de 13 convenant parfaitement à la culture du riz.

Si donc il est une catégorie d'engrais qu'il est absolument inutile d'apporter, c'est bien celle des engrais azotés, un déséquilibre par excès d'azote étant même sérieusement à craindre.

Enfin une série d'analyses totales sur les horizons bruns clairs profonds nous a permis de classer ces derniers à la limite des latérites argileuses et des argiles latéritiques. Ces attaques totales ont mis par ailleurs en évidence que la proportion d'oxyde de fer par rapport à l'alumine était extrêmement minime ce qui implique nécessairement une

déferrification de cet horizon, phénomène observé de façon classique dans les argiles blanches ou bleues plastiques sous tourbe; on peut en conclure que les horizons profonds brun-clair des sols de marais d'Amparihibe II sont très comprables du point de vue minéral à ces argiles et que seule la forte proportion d'acide humique et de matière organique liée qu'ils contiennent les empêchent d'être plastiques et impénétrables aux racines. De plus une telle déferrification peut faire soupçonner de sérieuses carences en certains oligo-éléments (manganèse, cobalt etc...) migrant en même temps que le fer; nous devons signaler ce danger mais ne pouvons y insister, la recherche des carences en oligo-éléments étant beaucoup plus du domaine du phytopathologiste et de l'analyse foliaire que de celle du pédologue et de l'analyse des sols.

Pour nous résumer, nous dirons que les sols de marais de la plaine d'Amparihibe II présentent des qualités certaines mais ont également des points faibles auxquels il est absolument nécessaire de remédier; en effet la nature chimique de la matière organique rencontrée et la richesse en azote des sols permettent les plus grands espoirs mais il est essentiel d'apporter du calcium et du phosphore.

Sur les sols de rizière un épandage brutal de chaux n'est pas à recommander car en dehors d'une décomposition trop rapide de la matière organique il provoquerait trop souvent, comme l'expérience l'a montré, un effet dépressif sur les cultures; le marnage pour lequel on pourrait utiliser des gisements de calcaire voisins serait déjà plus intéressant. Cependant nous pensons que la véritable solution au problème posé doit être recherché par l'apport d'une fumure massive (plusieurs tonnes à l'hectare si possible) de phosphate tricalcique naturel broyé et de scories de<sup>de</sup> phosphatation. Le phosphate tricalcique, engrais bon marché, à toutes chances, sous un climat chaud et en présence de fortes quantités de Matière Organique, d'être plus efficace que n'importe quelle forme de phosphate solubilisé et aura l'avantage d'apporter en même temps de la

chaux; le phosphore fixé à la matière organique sera libéré lentement et la fumure de fond à toutes chances d'avoir un arrière effet se prolongeant durant de nombreuses années. D'autre part des engrais non purifiés comme le phosphate naturel et les scories peuvent apporter des oligo-éléments nécessaires. Le basalte qu'on peut, comme le calcaire, rencontrer à proximité immédiate de la plaine à mettre en valeur, pourrait une fois broyé constituer une forme d'amendement intéressante <sup>par</sup> pour le phosphore, les cations métalliques et les oligo-éléments qu'<sup>il</sup>elle apporterait.

La fumure potassique ne présentera vraisemblablement pas d'intérêt dans l'immédiat mais il n'est nullement impossible qu'elle le devienne par la suite; seuls des essais comparatifs pourront le montrer. Dans le cas où la potasse viendrait à manquer, elle devra, contrairement au phosphore, être appliqué en petites fumures annuelles.

Latendance du sol à prendre une structure grumeleuse après drainage doit être attribuée non à la richesse en chaux du sol, mais à la formation d'agrégats à pellicules cireuses; si cette tendance n'est pas exagérément marquée, elle peut, en permettant un ameublissement facile du sol, et une circulation de l'eau à vitesse moyenne, être favorable à la culture; mais si, par suite d'une dessiccation trop intense, la réhumectation des agrégats devenait impossible on risquerait d'aboutir à une catastrophe. En fait cependant, d'après ce que nous avons vu sur place et étant donné le climat constamment humide de la région et les difficultés techniques d'un drainage brutal, nous ne ~~xxx~~ croyons pas qu'une dessiccation irréversible de la tourbe soit réellement à craindre.

La migration de l'humus en profondeur après drainage et l'infiltration de celui-ci dans l'horizon brun-clair entraînera un certain appauvrissement des horizons de surface mais permettra au sous-sol de rester pénétrable aux racines et favorisera un approfondissement du sol cultivable compensant en partie l'inévitable diminution de volume de la couche tourbeuse; pour permettre cette migration de l'acide humique qui, au toy

tal offre plus d'avantages que d'inconvénients, il sera utile de ne pas drainer trop rapidement et surtout nécessaire de ne pas brûler.

### Conclusion

La plaine d'Amparihibe II constitue sans aucun doute un bon terrain d'essai pour la culture du riz sur certains types d'alluvions évolués et sur les sols de marais de la Côte Est.

Contrairement à ce que nous avons dit dans notre premier rapport, l'horizon brun-clair rencontré sous la couche tourbeuse n'est probablement pas une alluvion enterrée mais est comparable au point de vue pédologique aux horizons d'argiles blanches ou bleues qu'on trouve en profondeur dans les sols de marais des Hauts-Plateaux. Cependant la structure physique de l'horizon brun-clair est complètement transformée par l'infiltration d'une quantité importante de matière organique, ce qui modifie dans un sens nettement favorable le pronostic agronomique.

Pour tirer véritablement parti du marécage à petites Cypéracées et Fougères, type de sol occupant de loin la plus grande surface dans la zone à mettre en valeur, il sera nécessaire d'apporter du calcium et du phosphore pour corriger certains déséquilibres graves. Si nous ne croyons pas devoir conseiller la chaux, nous pensons que les calcaires bruts et les basaltes broyés apportés comme amendements auront le plus heureux effet. Les phosphates tricalciques et les scories de déphosphatation appliqués en fumures de fond seront absolument nécessaires et augmenteront de façon considérable non seulement les possibilités rizicoles des terres mais aussi leurs possibilités pastorales par l'amélioration surtout qualitative du fourrage que l'on pourra y produire.

Type Sols	N°	Alluvion récente du Mangoro		Alluvion évoluée		
		EM1 - 1	EM1 - 2	EM5 - 1	EM5 - 2	EM5 - 3
<b>Déterminations</b>						
pH		6	6,1	5,2	6	6
<b>Granulométrie</b>						
Terre fine	%	100	100	100	100	100
Sable grossier	%	1,6	1,3	0,9	0,1	1,2
Sable fin	%	35,2	49,3	63,4	71,1	16,2
Limon	%	47,8	24,6	22,0	15,0	33,4
Argile	%	5,7	20,7	6,4	5,0	43,4
Humidité 105°	%	2,75	2,15	3,66	4,6	2,83
<b>Matière Organique</b>						
Mat.Org.Totale	%	69,0	19,3	36,2	41,4	29,0
Acides humiques	%	3,0	0,3	6,0	5,6	0,9
Acides fulviques	%	4,3	0,7	4,6	5,2	2,1
Azote total	%	2,15	0,91	4,0	6,01	1,12
C/N		18,5	12,2	5,2	4,0	14,3
Mat.hum.précip.x 100		41	30	56,5	52	30
Mat.hum.solubles alcalis						
<b>↑</b>						
<b>Complexe adsorbant</b>						
CaO éch.	%	1,57	1,05	0,80	0,28	0,25
MgO éch.	%	0,115	0,072	0,10	0,16	0,38
K2O éch.	%	0,159	0,176	0,245	0,068	0,270
T (capacité échange)		6,88	4,88	8,66	8,9	2,55
S (sommes bases éch)		6,51	4,49	3,86	1,93	3,13
V (coefficient sat.)		94	92	44	21,5	88
P205 assimilable %		0,036	0,018	0,024	0,030	0,028
<b>Eléments totaux</b>						
<b>(attaque nitrique)</b>						
CaO	%	2,17	1,12	2,28	1,89	1,96
K2O	%	3,62	2,41	2,86	1,03	0,65
P205	%	1,29	0,79	0,81	1,65	0,92

## Type

## Marécage à petites Cypéracées et Fougères

Sols	N°	EM2-0	EM2-1	EM2-3	EM3-0	EM3-1	EM3-2
<b>Déterminations</b>							
pH		4,6	5,2	5,4	4,7	6,0	5,2
<b>Granulométrie</b>							
Terre fine	%	100	100	100	100	100	100
Sable grossier	%	13,9	12,1	1,6	-	5,4	-
Sable fin	%	16,4	38,7	23,6	-	-	-
Limon	%	10,0	8,4	9,0	-	5,25	-
Argile	%	3,5	4,5	15,7	-	0,9	-
Humidité à 105°	%	13,47	8,9	5,6	15,0	-	7,12
<b>Matière organique</b>							
Mat.org.Total.	%	427	274	145	520	283	69,6
Acides humiques	%	14,6	12,6	11,7	21	17,4	20,4
Acides fulviques	%	7,0	15,0	4,58	9,2	8,6	4,2
Azote total	%	18,3	8,68	3,55	18,7	12,1	3,81
C/N		13,5	16	23,4	16,1	14	16,5
Mat.hum.précipitablex100		67,5	45	72	69,5	66,5	79,5
Mat.hum.solublesalcalis							
<b>Complexe adsorbant</b>							
CaO éch.	%	0,44	0,57	0,17	0,24	0,25	0,45
MgO éch.	%	0,45	0,35	0,13	0,32	0,33	0,28
K2O éch.	%	0,48	0,58	0,06	0,08	0,71	0,20
T (capacité d'échange)		-	19,1	15,1	-	-	18
(somme bases échangeab)		4,86	5,0	1,37	2,6	4,02	3,42
(coefficient satr.S/T)		-	26	9,0	-	-	19
P205 assimilable %		0,014	0,012	0,004	-	-	0,010
<b>Éléments totaux</b>							
<b>(attaque nitrique)</b>							
CaO	%	0,91	2,10	0,70	1,54	-	1,05
K2O	%	0,50	0,66	0,45	0,46	-	0,37
P205	%	1,45	1,14	0,82	0,81	-	0,65
<b>analyse complète</b>							
<b>(attaque triacide)</b>							
Résidu	%			7,8			4,17
SiO2 combiné				22,45			17,41
Al2O3				31,45			22,65
Fe2O3				2,0			1,25
Perte au feu				36,5			53,2
SiO2/Al2O3				1,21			1,30
SiO2/R2O3				1,16			1,26

Type

Marécage à petites Cypéracées et Fougères (suite)

Sols

N°

EM<sub>4</sub> - 0EM<sub>4</sub> - 1EM<sub>4</sub> - 2Détermination

pH

6,0

5,0

5,2

Granulométrie

Terre fine %

100

100

100

Sable grossier %

10,8

11,3

3,6

Sable fin %

42,1

33,5

45,3

Limon %

2,3

22,6

7,6

Argile %

2,2

1,9

5,2

Humidité à 105° %

13,6

13,8

8,2

Matière organique

Mat.Org.Totale %

290

169

300

Acides humiques %

9,0

11,6

18,2

Acides fulviques %

11,0

9,6

10,2

Azote total %

12,75

12,5

6,62

C/N

13,2

8,0

26,3

Mat.hum.précipt. x 100

45

55

64

Mat.hum.solubles alcalisComplexe adsorbant

CaO éch. %

0,36

0,34

0,40

MgO éch. %

0,25

0,20

0,26

K<sub>2</sub>O éch. %

0,132

0,196

0,344

T (capacité d'échange)

16,0

-

16,0

S (somme bases échangeables)

2,8

2,61

3,45

V (Coefficient satur.S/T)

17,5

-

21,5

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable %

0,018

-

0,016

Éléments totaux

(attaque nitrique)

CaO %

0,46

-

1,30

K<sub>2</sub>O %

0,56

-

-

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> %

1,42

-

0,41

Analyse complète

(attaque triacide)

Résidu %

25,6

SiO<sub>2</sub> combiné %

4,06

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %

9,40

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %

0,75

Perte au feu %

58,6

SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

0,73

SiO<sub>2</sub>/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

0,70

Annexes

1)- Méthodes analytiques. Les analyses ont été effectuées au laboratoire de Pédologie de l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar, à Tananarive-Tsimbazaza, sous la direction de M. Pernet.

a)- Déterminations physiques. L'analyse mécanique a été effectuée après destruction de la matière organique à l'eau oxygénée; la dispersion a été faite à la soude et la méthode pipette utilisée.

L'humidité a été déterminée par passage à l'étuve à 100-105° des sols séchés à l'air.

b)- Déterminations physico-chimiques. Le pH a été déterminé par colorimétrie à l'aide d'une trousse Prolabo.

c)- Déterminations chimiques. La matière organique a été déterminée par attaque du sol au mélange sulfo-chromique d'après la technique de Anne, suivi d'un dosage colorimétrique d'après Carolan.

L'humus soluble a été dosé à la soude; l'acide humique correspond à la fraction précipitable aux acides, l'acide fulvique à la fraction non précipitable.

L'azote total a été déterminé selon le procédé Kjeldahl; le catalyseur utilisé est un mélange  $SO_4Cu + SO_4K_2 \text{ \& } Se$ .

Les bases échangeables sont obtenues après lessivage du sol à l'attaque chlorhydrique N/20. La capacité d'échange est mesurée par conductivité après saturation du sol au chlorure de baryum d'après la technique du "Salinity Laboratory Riverside, Californie".

Le phosphore assimilable est dosé d'après la méthode Truog (extraction à l'acide sulfurique 2N/1000).

La Chaux, la potasse et le phosphore total ont été déterminés après attaque à l'acide nitrique concentré bouillant.

Le réactif d'attaque de Baeyens (mélange triacide) a été utilisé pour les analyses complètes; le résidu clastique, la silice combinée et l'alumine ont été déterminés par gravimétrie tandis que le fer a été dosé colorimétriquement.

2) Description et lieux de prélèvement des profils

a)- Alluvions récentes du Mangoro

Sol n° EM 1 : Profil prélevé à 300m au Nord-Ouest d'Ambodiharina et 700m au Sud-Est d'Ifasina ( à 150m au Sud du Mangoro); zone légèrement en relief par rapport à la plaine d'Amparihibe II. Plantation de caféiers d'environ 15 ans sans plante de couverture mais cependant à haute productivité.

Profil : 0 - 15cm : Brun, structure grumeleuse, meuble

15 - 30cm : Brun-clair, structure grumeleuse

30 - 60cm : Beige, structure de terre franche

Dans ce profil on ne remarque aucune évolution pédologique. On a affaire à un sol limoneux un peu micacé dans lequel la matière organique diminue insensiblement de la surface vers la profondeur.

Prélèvements : EM 1 - 1 : 0 à 15cm

EM 1 - 2 : 60cm.

b)- Alluvion évoluée

Sol n° EM 5 : Profil prélevé à proximité du précédent (200m au Sud-Est).

On a affaire à un sol de vieille rizière à la limite Nord de la plaine d'Amparihibe II. Le profil a pu être anciennement tronqué pour l'aménagement d'une rizière en fosse. La nappe phréatique se rencontre à 75cm.

Profil : 0 - 30cm : Brun-gris, structure très grumeleuse, micacé.

30 - 90cm : Gris-foncé, nettement grumeleux, micacé, racines nombreuses.

90 - 130cm : Gris-clair, très plastique, traînées rouilleuses le long des trajets de racines.

Prélèvements : EM 5-1 : 2 à 15cm

EM 5-2 : 30 à 40cm

EM 5-3 : 120cm.

c)- Marécage à petites Cypéracées et Fougères.

Sol n° EM 2 : Profil prélevé à 200m de la Sahave, à proximité du drain allant de l'avancée des dunes anciennes vers le Sud-Est et à la Sahave en tr

versant Nosidambo. La végétation est constituée d'un mélange d'espèces de marais (Cypéracées, Fougères, Raphias) et de savoka (Ravenala, Longoze). La nappe phréatique est à 10cm de profondeur.

Profil: 0 - 30cm : Noir, fluant, lacis de racines assez grosses

30 - 60cm : Brun-foncé, structure à tendance grumeleuse, feu-trage de racines.

60 - 130cm : Brun-clair, fluant mais non plastique, très nombreuses petites racines en réseau serré.

Prélèvements : EM2 - 0 : 0 à 15cm

EM2 - 1 : 35 à 45cm

EM 2- 2 : 130cm.

Sol n° EM 3 : Prélèvement effectué à 700m à l'Est de Nosidambo à proximité du croisement de drains Est-Ouest et Sud-Sud-Ouest Nord-Nord-Ouest. On a affaire à une végétation typique de marais (bosquets de Raphias à proximité) La nappe phréatique est au niveau du sol.

Profil : 0 - 80cm : Noir, racines actuelles enrobées dans une argile noire à structure à tendance grumeleuse (60 à 75% de rétraction probable après drainage).

80 - 100cm : Brun, lacis dense de racines peu décomposées

100 - 150cm : Brun-clair, fluant mais non plastique, lacis de fines racines en réseau serré.

Prélèvements : EM3- 0 : 10 à 20cm

EM3 - 1: 80 à 90cm

EM3 -2 : 130cm.

Sol N° EM 4 : Prélèvement effectué à 600m au Nord-Ouest d'Ambodiharina et à 200m au Nord-Ouest du coude du drain. Marais drainé évoluant vers la prairie Sol en jachère après culture du riz "Java" labouré au tracteur. La nappe phréatique <sup>est</sup> rabattue à 75cm.

Profil : 0 - 30cm : Noir, structure grumeleuse, meuble, tassage du sol après drainage pouvant être considéré comme achevé.

30 - 55cm : Lacs de grosses racines décolorées sur fond argileux  
brun-clair

55 - 1m : Brun-clair, fluant mais non plastique, lacs de fines  
racines en réseau serré.

Prélèvements : EM4 - 0 : 0 à 10cm

EM4 - 1 : 40 à 50cm

EM4 - 2 : 75cm.

Tanariva le 15.11.1952

*G. Lurion*