

PROBLÈMES D'UTILISATION DES ENGRAIS MINÉRAUX SUR LES HAUTS PLATEAUX DE MADAGASCAR

Province de Tananarive

par

DUFOURNET

Chef du Service d'Expérimentation
et d'Application de la Recherche

ROCHE

Directeur de l'IRAM
Pédologue-Agrologue

RABETRANO

Chef de l'Unité Régionale d'Expérimentation
de Tananarive

RAKOTONDRAINIBÉ

Chef de la Section Application de la Recherche
(Opérations de démonstration)

VELLY

Directeur de la Division d'Agrologie
Nutrition des plantes

NGO CHAN BANG

Stagiaire Agrologie. Essais en cases de végétation
Diagnostic de carences

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT)

L'expérimentation multilocale, fertilisation en rizière, n'en est qu'à sa deuxième année dans la Province de Tananarive.

On a essayé de dégager cependant, déjà, certains résultats d'expérimentation; des résultats substantiels devant être dégagés à la fin de la période de trois ans d'expérimentation, que s'est fixée l'IRAM.

LE RAPPORT ANNUEL 1962 : IRAM indiquait pour la Province de Tananarive, sur onze essais N P K, trois éléments deux doses, réalisés, les résultats suivants :

1 kg d'azote (apporté seul) amène un supplément de 27 kg de paddy;
1 kg d'acide phosphorique (apporté seul) amène un supplément de 10 kg de paddy
(calcul sur six essais ayant eu un effet P significatif).

EN 1963, sur dix essais N P K réalisés, les résultats ci-dessous ont été obtenus :

1 kg d'azote (apporté seul) amène un supplément de 31,1 kg de paddy;
1 kg d'acide phosphorique amène un supplément de 12,3 kg de paddy;
1 kg de potasse amène un supplément de 15,9 kg de paddy.

Les éléments étant apportés ensemble, les accroissements de production de paddy ont été légèrement différents et se présentent ainsi :

EFFET N (comparaison N P K—P K) =

1 kg d'azote amène un supplément de 23,9 kg de paddy;

EFFET P (comparaison N P K—N K) =

1 kg d'acide phosphorique amène un supplément de 14,3 kg de paddy;

EFFET K (comparaison N P K—N P) =

1 kg de potasse amène un supplément de 15,9 kg de paddy.

RÉSUMÉ DES ESSAIS F.I. FERTILISATION RIZ (PROVINCE DE TANANARIVE). ANALYSE ANNUELLE PLURILocale

| Traitements | 1961-1962 Onze centres (en tonnes) | 1962-1963 Dix centres (en tonnes) |
|---------------|---|--|
| N P K | 3,736 + | 4,651 + |
| N P | 3,412 + | 4,002 + |
| P K | 3,060 | 3,963 + |
| N K | 3,143 | 3,793 |
| N | 3,319 + | 3,715 |
| K | 3,044 | 3,557 |
| P | 2,936 | 3,549 |
| Témoin | 2,502 | 2,782 |
| P.p.d.s. | 0,178 kg | 0,193 kg |
| | N P K supérieur à tous traitements N P supérieur à N K, P K, K, P, T N supérieur à P K, K, P, et T Témoin inférieur à tous traitements | N P K supérieur à tous traitements N P et P K supérieurs à N, K, P, T N K supérieur à K, P, T Témoin inférieur à tous traitements |

1961-1962) F. calculé = 32,7.

F. des tables (5 %) = 2,05.

1962-1963) F. calculé = 49,4.

F. des tables (5 %) = 2,05.

N = 150 kg/ha sulfate d'ammoniaque à 21 %.

P = 250 kg/ha phosphate tricalcique à 25 % ou 28 %.

K = 75 kg/ha chlorure de potassium à 60 %.

Prix moyen des engrais dans la Province de Tananarive :

| | |
|---|-------------------|
| Sulfate d'ammoniaque 21 % N | 22.000 F la tonne |
| Phosphate tricalcique 25 à 28 % P ₂ O ₅ | 18.000 F la tonne |
| Chlorure de potassium 60 % K ₂ O | 23.000 F la tonne |

Coût de la fumure complète N P K aux doses ci-dessus : 9.525 F/ha.

La fumure minérale complète N P K a apporté, en 1962, un supplément de rendement en paddy de 1,234 t/ha, soit un supplément de 12.340 F FMG en comptant le paddy à 10 F le kg. La fumure revenant au prix actuel des engrais à 9.525 F/ha, la rentabilité est assurée mais faible. Ce chiffre est une moyenne pour l'ensemble de la Province de Tananarive. La fumure minérale complète N P K a apporté, en 1963, un supplément de rendement en paddy de 1,884 t/ha, soit un supplément de 18.884 F/ha en comptant le paddy à 10 F le kg. La marge nécessaire de rentabilité est là nettement atteinte : supplément de récolte 18.884 F par un apport de 9.525 F d'engrais (deux fois le prix de l'engrais); encore ne s'agit-il que d'un chiffre moyen pour la Province de Tananarive.

Certains essais ayant été poursuivis sur les mêmes parcelles, il y a eu effet cumulatif de la fertilisation minérale en rizière. La rentabilité de l'opération a été très nettement accrue.

En 1963, une « opération » Techniques culturales. Fertilisation, opération R.5-63, a été réalisée en vingt points différents dans les Provinces de Tananarive et de Fianarantsoa.

On a comparé la technique traditionnelle de repiquage sur rizière fumée et non fumée et le repiquage en ligne 25 × 10 cm à deux brins, sarclage à la houe japonaise, sur rizière fumée et non fumée.

Fumure de la rizière.

Fumier de parc 5 à 10 t/ha lorsque les cultivateurs disposaient de fumure organique.

| | |
|---|---------|
| N = 80 kg de sulfate d'ammoniaque | 1.760 F |
| P = 200 kg de phosphate tricalcique | 3.600 F |
| K = 50 kg de chlorure de potasse | 1.150 F |

Coût de la fumure minérale 6.510 F

Les résultats obtenus en t/ha de paddy ont été les suivants (opérations réalisées par les agriculteurs eux-mêmes) :

MOYENNE DE VINGT OPÉRATIONS :

| | |
|---|------------|
| Culture en ligne fertilisée | 4,055 t/ha |
| Culture traditionnelle fertilisée | 3,553 t/ha |
| Culture en ligne non fertilisée | 3,256 t/ha |
| Culture traditionnelle non fertilisée | 3,015 t/ha |

Les quatre traitements sont significativement distincts les uns des autres. (Analyse multilocale, couple.) La culture en ligne fertilisée amène, par rapport à la culture traditionnelle non fertilisée, un supplément de rendement de 1.040 kg/ha/paddy, soit 10.400 F en comptant le paddy à 10 F le kg (cas moyen parfois défavorable). La rentabilité de l'opération, quoique modeste, est cependant assurée. Supplément de récolte 10.400 F, coût de l'engrais 6.510 F, à condition de ne pas chiffrer la valeur du fumier de parc apporté en rizière.

Les variétés utilisées ont été les variétés locales les mieux adaptées. On assure ainsi un supplément de rendement de 1 t/ha en moyenne pour la riziculture des Hauts-Plateaux, dont le rendement moyen est trouvé égal à 3 t/ha, soit une augmentation de 33,3 %.

Sur ce pourcentage, 8 % est dû à la technique culturale (ce chiffre étant sûrement améliorable) et 25,3 % à la fertilisation. Examinons à présent les résultats obtenus par région rizicole.

1) Marais d'Infanja (Miarinarivo).

Essai F.1 réalisé en 1962 et 1963 sur le même terrain. Il s'agit d'un sol alluvial hydromorphe.

La variété utilisée a été le Betsilaizina.

En 1963, les plants, issus de pépinière fumée (fumier 10 t/ha), âgés de quarante jours, ont été repiqués à l'écartement 20 × 20 cm à trois brins, trois sarclages effectués.

| | Rendements en paddy en t/ha | | |
|--|-----------------------------|-------|-------------|
| | 1962 | 1963 | |
| Traitement N P K | 6,743 | 5,337 | |
| Traitement Témoin | 3,475 | 3,087 | |
| Accroissement de rendement en t/paddy/ha | 3,268 | 2,250 | Moy : 2,759 |
| Effets principaux (analyse confounding) | N P | N P | |

La fumure complète N P K (30 unités de N; 62,5 unités de P₂O₅; 45 unités de K₂O), représentant une valeur moyenne de 9.525 F/ha, amène un supplément de rendement de 2,759 t/ha représentant 27.590 F.

Le paddy étant compté en moyenne pour toute la Province à 10 F le kg.

La formule de fumure 30^u N—62,5^u P₂O₅—45^u K₂O est rentable à l'Infanja. Elle peut être préconisée en vulgarisation.

Notons que la dolomie est également efficace sur ce type de sol en rizière. L'essai F.8-63, réalisé avec la variété Betsilaizina sur une parcelle voisine, a permis, par adjonction à la fumure complète N P K habituelle de 500 kg/ha de dolomie (coût 11.000 F la tonne), d'obtenir un rendement de 6,224 t/ha, soit par rapport à N P K (5,337 t) un supplément de rendement de 0,887 t/ha de paddy représentant 8.870 F pour une dépense de 5.500 F. L'effet de la dolomie devant se faire sentir pendant deux ans au moins, il est possible de conseiller l'apport de 500 kg/ha de dolomie sur les sols de l'Infanja.

La dolomie apportée seule, à raison de 500 kg/ha, augmente les rendements de 1,516 t/ha/paddy par rapport au témoin.

Les plants âgés de quarante jours, issus de pépinière fertilisée (10 t/ha de fumier de parc), ont été repiqués à l'écartement 20 × 20 cm à trois brins. Deux sarclages effectués.

| Traitements | Rendements en paddy t/ha |
|---------------------------------|--------------------------|
| N P K + dolomie 500 kg/ha | 6,224 |
| Dolomie 500 kg/ha | 4,724 |
| Témoin | 3,208 |

La fertilisation des sols alluviaux hydromorphes d'Infanja peut être considérée comme suffisamment mise au point pour les besoins actuels du Paysannat. Les sols sur lesquels peuvent être appliqués cette technique de fertilisation couvrent environ 500 ha.

2) Sous-Préfecture d'Ambohidratrimo. Basse-Ikopa.

Andriantany, Tanjondroa, Casier aménagement Génie Rural.

L'essai F.1 a été réalisé, en 1961-1962 et 1962-1963, sur le même terrain. Alluvions argileuses hydromorphes de l'Ikopa.

La culture est réalisée en Vary Aloha, riz de saison froide, semis en mai en pépinière, repiquage en fin septembre-début octobre.

COMPACTITÉ 20×15 CM A DEUX BRINS. VARIÉTÉ UTILISÉE : ROJOMENA

| | Rendements paddy en t/ha | | |
|--|--------------------------|----------|--|
| | 1962 | 1963 | |
| N P K | 6,090 | 4,375 | |
| Témoin | 3,740 | 2,575 | |
| Supplément de rendements en t/ha/paddy | 2,350 | 1,800 | forte attaque de poux du riz après repiquage le 24-10-1962 |
| Effets principaux analyses confounding | N et K | N P et K | |

En moyenne sur deux campagnes, la formule de fumure N P K amène un supplément de rendement de 2,075 t/ha/paddy, soit 20.750 F/ha pour un apport d'engrais coûtant 9.525 F/ha.

La rentabilité est assurée.

L'essai de diagnostic de carences en vases de végétation, réalisé sur les alluvions hydromorphes argileuses de l'Ikopa (Ambohidratrimo, Andriantany), a fourni les résultats ci-dessous (trois coupes de ray grass). Méthode CHAMINADE.

Pour chaque traitement, récolte de ray grass comparée au rendement fourni par le traitement fumure complète amené à 100.

| | Première coupe | Deuxième Coupe | Troisième coupe |
|--|----------------|----------------|-----------------|
| Fumure complète | 100 | 100 | 100 |
| Fumure complète moins P | 43,6 | 29,9 | 21,4 + |
| Fumure complète moins K | 74,7 | 62,5 | 37,5 + |
| Fumure complète moins Ca | 105,2 | 99,0 | 85,8 |
| Fumure complète moins Mg | 95,8 | 73,9 | 74,8 |
| Fumure complète moins S | 103,1 | 76,5 | 30,6 |
| Fumure complète moins oligo-éléments | 99,3 | 98,9 | 103,4 |

HIÉRARCHIE DES CARENCES :

- 1) P carence nette.
- 2) K carence nette.
- 3) S carence faible.

La carence en azote n'est pas étudiée dans les essais en vases de végétation, mais est nette dans l'essai au champ.

La corrélation (essais au champ, essais en vases de végétation) est convenable; cependant, l'essai factoriel en rizière a fait apparaître d'abord la carence en potasse, alors que le test en vase de végétation place le phosphore en tête des hiérarchies de carence.

Un test complémentaire d'apport croissant de phosphore en vases de végétation décèle une réponse à l'acide phosphorique croissante jusqu'à la dose P₃ (600 mg de P par vase), carence moyenne par conséquent.

En résumé, en saison Vary Aloha à Ambohidratrimo-Andriantany, Basse-Ikopa, la formule de fumure N = 30 kg, P₂O₅ = 62,5 kg, K₂O = 45 kg peut être utilisée avec succès sur alluvions argileuses hydromorphes.

L'opération R.5 (repiquage en ligne, fertilisation) a donné à Ambohidratrimo, Tanjondroa (cultivateur RASON), les résultats suivants :

| | |
|--|------------|
| Repiquage en ligne fertilisé | 4,515 t/ha |
| Repiquage en ligne non fertilisé | 2,735 t/ha |
| Repiquage traditionnel fertilisé | 4,125 t/ha |
| Repiquage traditionnel non fertilisé | 2,705 t/ha |

Surface de l'opération : 4 ares.

Semis en pépinière : 2 mai 1962.

Repiquage : 10 octobre 1962.

Sarclage à la bineuse japonaise.

Récolte : 25 février 1963.

Variété : Rojomena, Vary Aloha.

Repiquage en ligne 25 × 10 cm à deux brins.

Repiquage traditionnel 15 × 15 cm à quatre brins.

| | | |
|--------------------------------|--|--------------|
| Fumure apportée : | $\left\{ \begin{array}{l} 80 \text{ kg/ha sulfate d'ammoniaque} \\ 200 \text{ kg/ha phosphate tricalcique} \\ 50 \text{ kg/ha chlorure de potasse} \end{array} \right\}$ | coût 6.510 F |
| environ 10 t/ha fumier de parc | | |
| | | |

On constate un effet très significatif de la fumure mixte utilisée dans cette opération. La superficie de rizière, où peut être appliquée cette technique de fertilisation, porte environ sur 250 ha.

3) Betafo (Vakinankaratra).

Alluvions et colluvions d'origine basaltiques.

L'ESSAI F.1 a été réalisé, en 1962 et 1963, sur le même terrain : terrasse alluviale et colluviale d'origine basaltique. Variété utilisée : Vary Lava, local Betafo. Plants âgés de cinquante jours, repiqués à l'écartement 15 × 15 cm à trois brins par touffe, deux sarclages effectués.

| | Rendements en paddy en t/ha | |
|--|-----------------------------|----------|
| | 1962 | 1963 |
| Traitement N P K | 4,750 | 3,555 |
| Traitement N P | 5,050 | 3,230 |
| Témoin | 3,200 | 1,955 |
| Effets principaux confounding | N et P | N P et K |
| Supplément de rendement N P K/Témoin | 1,550 | 1,605 |

La formule de fumure 30^u N—62,5^u P₂O₅—45^u K₂O apporte en moyenne un supplément de 1,575 t/ha, soit 15.750 F pour un prix de revient de la fumure de 9.525 F/ha. On peut considérer que la rentabilité est intéressante. La dose de potasse pourrait être diminuée, ramenée à 30 kg/ha.

L'ESSAI F.2-63 a été réalisé sur rizières en terrasses. Sol ferrallitique brun dérivé de basalte. Les doses suivantes d'engrais étaient testées :

N₁ = 100 kg/ha sulfate d'ammoniaque.

N₂ = 200 kg/ha sulfate d'ammoniaque.

P₁ = 200 kg/ha phosphate tricalcique.

P₂ = 400 kg/ha phosphate tricalcique.

K₁ = 50 kg/ha chlorure de potasse.

K₂ = 100 kg/ha chlorure de potasse.

Variété Vary Lava local, plants âgés de cinquante-six jours, repiqués à l'écartement 18 × 18 cm à deux brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|--|-----------------------------|
| N ₂ P ₂ K ₂ | 3,280 |
| N ₁ P ₁ K ₁ | 2,800 |
| Témoin | 0,930 |

ANALYSE STATISTIQUE :

Effet P hautement significatif p. 0,001.

Effet N significatif p. 0,01.

Effet K significatif p. 0,05.

L'effet principal P est dominant; la formule de fumure ($N^1 P^1 K^1$ ($20^u N-50^u P_2O_5-30^u K_2O$)) amène, par rapport au témoin, un supplément de rendement de 1.830 t/ha/paddy. Elle revient environ à 6.950 F, le supplément de rendement obtenu représente 18.300 F, la rentabilité est excellente. Pour les rizières en terrasse de Betafo, la formule de fumure :

Sulfate d'ammoniaque 100 kg/ha
 Phosphate tricalcique 200 kg/ha
 Chlorure de potasse 50 kg/ha

peut être retenue.

Notons que l'essai à dose croissante d'azote F.5-63, réalisé à Betafo-Ambohimasina, alluvions et colluvions de bas de pente, a donné une réponse nette aux doses croissantes de sulfate d'ammoniaque.

| Traitements | | Rendements en paddy en t/ha |
|----------------|---|-----------------------------|
| N ₅ | 300 kg/ha sulfate NH ₄ | 3,765 |
| N ₄ | 250 kg/ha sulfate NH ₄ | 3,247 |
| N ₃ | 200 kg/ha sulfate NH ₄ | 2,965 |
| N ₂ | 150 kg/ha sulfate NH ₄ | 2,654 |
| N ₁ | 100 kg/ha sulfate NH ₄ | 2,415 |
| | Témoin | 1,903 |

L'ESSAI F.1-63, réalisé sur le même type de sol, avait donné pour N seul (150 kg/ha sulfate d'ammoniaque) un rendement de 2,845 t/ha, le témoin atteignant 1,955 t/ha. Les résultats des deux essais F.5-63 et F.1-63 sont en accord; peut-être sera-t-il possible, après confirmation des résultats de l'essai à doses croissantes d'azote, qui n'en est qu'à sa première année, de prévoir de plus fortes doses d'azote sur les sols d'alluvions-colluvions de la région de Betafo.

L'ESSAI F.8 a été réalisé à Betafo sur colluvions-alluvions basaltiques, en 1962 et 1963. avec changement de terrain d'essai, le cultivateur propriétaire de la rizière utilisée en 1962 ayant voulu récupérer sa rizière en 1963.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------|
| | 1962 | 1963 |
| N P K + dolomie 500 kg/ha | 2,863 | 4,630 |
| Dolomie 500 kg/ha | 2,203 | 3,545 |
| Témoin | 1,594 | 2,655 |
| Variétés utilisées | Vary Lava local | Ali-Combo |
| P.p.d.s. | 427 kg | 825 kg |

Les deux années d'essai sont significatives, le témoin est inférieur aux deux traitements cités.

La dolomie, apportée à 500 kg/ha, élève les rendements, par rapport au témoin, respectivement de 609 kg/ha en 1962 et de 890 kg/ha en 1963.

L'ensemble dolomie + N P K élève les rendements par rapport au témoin, respectivement de 1,269 t/ha en 1962 et 1,975 t/ha en 1963.

En se rapportant aux résultats de l'essai F.1 Betafo, cités ci-dessus, on voit que l'apport de dolomie, intéressant particulièrement en 1963 avec la variété Ali Combo, a besoin d'être expérimenté plus longuement avant d'être conseillé en vulgarisation.

L'opération R.5, réalisée à Betafo-Maratsihazo (rizières en terrasses, sol brun ferrallitique dérivé de basalte), a donné les résultats suivants :

Repiquage en ligne fertilisé 3,960 t
 Repiquage en ligne non fertilisé 3,625 t
 Repiquage traditionnel fertilisé 2,410 t
 Repiquage traditionnel non fertilisé 2,300 t

Variété : Mangakely.

Sarclage bineuse japonaise pour repiquage en ligne.

Plants âgés de cinquante-cinq jours.

Repiquage en ligne 30 × 15 cm à trois brins.

Repiquage traditionnel 15 × 15 cm à trois brins.

Fumure utilisée : 16^u N—50^u P₂O₅—30^u K₂O.

Bon effet du repiquage en ligne et du sarclage à la houe japonaise. Réponse très médiocre à la fumure sur la culture en ligne.

En résumé, pour Betafo, nos connaissances en sont au point suivant :

a) Sur bas de pente. Alluvions et colluvions basaltiques.

Bonne réponse à la fumure 30 kg N, 62,5 kg P₂O₅, 45 kg K₂O avec dominance NP, et doses croissantes d'azote possibles jusqu'à 60 kg (résultat à confirmer).

b) Sur rizières en terrasses. Sol ferrallitique brun sur basalte.

Bonne réponse à la fumure 20 kg N, 50 kg P₂O₅, 30 kg K₂O effets principaux NP. Le résultat de l'essai statistique n'est toutefois pas confirmé par l'opération paysannale, qui est réalisée avec une dose d'azote insuffisante.

Les superficies sur lesquelles peuvent être appliquées ces résultats portent sur 1.600 à 2.000 ha.

4) Vinaninony (Sous-préfecture Faratsiho).

Plaine rizicole de haute altitude (1.800 m), la zone rizicole de Vinaninony comporte principalement des alluvions hydromorphes et des sols hydromorphes à gley récemment aménagés.

ESSAI F.1-1962.

Variété : Latsika, bien adaptée à l'altitude.

Sol hydromorphe tourbeux à gley.

Plants âgés de soixante-cinq jours, issus de pépinière fertilisée au fumier de parc

(10 t/ha).

Repiquage à l'écartement 15 × 15 cm à deux brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|--------------|-----------------------------|
| N P K | 2,071 |
| N K | 1,818 |
| N | 1,696 |
| N P | 1,648 |
| P K | 1,361 |
| K | 1,155 |
| P | 0,945 |
| Témoin | 0,443 |

ANALYSE CONFOUNDING : Effets principaux N, P et K, supplément de rendement en paddy 1,628 t/ha avec l'apport 30 kg N, 62,5 kg P₂O₅, 45 kg K₂O.

EN 1963, L'ESSAI F.2-63, NP K A TROIS DOSES, réalisé avec la même variété Latsika et le même calendrier cultural, a donné les résultats suivants :

Type de sol : alluvions basaltiques humifères hydromorphes.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|--|---|
| N ₂ P ₁ K ₁ | 3,928 |
| N ₁ P ₁ K ₁ | 3,678 |
| N ₁ | 3,298 |
| Témoin | 2,120 |
| Effets principaux | N probabilité 1 % P probabilité 1 % K probabilité 1 % |

La formule de fumure N¹ P¹ K¹ (20^u N, 50^u P₂O₅, 30^u K₂O). revenant à 6.950 F/ha, apporte un supplément de rendement de 1,558 t/ha par rapport au témoin. La rentabilité de l'opération est bonne.

L'opération R.5 a donné à Vinaninony, sur sol hydromorphe à gley (non tourbeux) :

| | RENDEMENTS T/HA/PADDY |
|--|--------------------------|
| Repiquage en ligne fertilisé | 3,905 |
| Repiquage en ligne non fertilisé | 2,587 |
| Repiquage traditionnel fertilisé | 2,496 |
| Repiquage traditionnel non fertilisé | 1,682 |

Variété : Latsika, plants âgés de quatre-vingt-six jours issus de pépinière fumée (10 t/ha fumier). (Froids nocturnes jusqu'en novembre.)

Repiquage en ligne 25 × 10 cm à deux brins.

Repiquage traditionnel 15 × 15 cm à deux brins.

FERTILISATION EN RIZIÈRE :

Fumier de parc 10 t/ha.

16^u N, 50^u P₂O₅, 30^u K₂O.

Augmentation de rendement : 2,223 t/ha.

Très bonne réponse à la technique culturale : 905 kg/ha/paddy (35 %), et à la fertilisation : 1,318 t/ha/paddy (52 %).

Des progrès sont encore à faire sur l'amélioration de la qualité des plants en pépinière.

La vulgarisation des engrais minéraux à Vinaninony peut être commencée en association avec l'amélioration des techniques culturales, sur la base d'un apport de 20 kg N, 50 kg P₂O₅, 30 kg K₂O.

La superficie intéressée par cette action est de 500 à 800 ha.

5) Antsirabé, Ambano, Ampataka.

Sol hydromorphe organique à gley (sols de dépressions) et alluvions d'origine basaltique.

Les essais ont été effectués sur les deux types de sols.

L'ESSAI F.1 a été réalisé en 1963, sur alluvions basaltiques hydromorphes, variété Rojofotsy. plants âgés de quarante-cinq jours, repiquage 25 × 15 cm à trois brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha 1963 |
|---------------|-------------------------------------|
| N P K | 4,540 |
| P K | 4,090 |
| N P | 3,980 |
| N K | 3,960 |
| P | 3,450 |
| N | 3,220 |
| K | 3,220 |
| Témoin | 2,560 |
| P.p.d.s. | 0,544 kg/ha |

Effets principaux : effet P hautement significatif, effets K et N significatifs mais moins net que l'effet P.

La formule N P K 30^u N, 62,5^u P₂O₅, 45^u K₂O coûtant 9.525 F/ha apporte un supplément de rendement de 1,980 t/ha/paddy représentant 19.800 F.

La rentabilité est assurée.

L'ESSAI F.2-63, trois éléments, trois doses, a été réalisé sur sol hydromorphe organique à gley avec la variété Rojofotsy, plants âgés de quarante-sept jours, issus de pépinière fertilisée (fumier 10 t/ha), repiquage 25 × 15 cm à trois brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|---|-----------------------------|
| N ₂ P ₁ K ₁ | 4,800 |
| N ₁ P ₁ K ₂ | 4,400 |
| N ₀ P ₀ K ₀ (Témoin) | 2,350 |
| Effets principaux | K, N, P |

L'effet K est le plus significatif.

La formule de fumure 40 kg N, 50 kg P₂O₅, 60 kg K₂O revenant à 10.300 F apporte un supplément de rendement en paddy de 2,450 t/ha représentant 24.500 F. La rentabilité de l'opération est assurée.

Le diagnostic de carences en vases de végétation, réalisé sur alluvions basaltiques hydromorphes, a donné les résultats ci-dessous :

| | Première coupe | Deuxième coupe | Troisième coupe |
|--|----------------|----------------|-----------------|
| Fumure complète (rendement ray grass ramené à) | 100 | 100 | 100 |
| Fumure complète moins P | 46,8 | 46,1 | 46,6 |
| Fumure complète moins K | 96,5 | 104 | 102 |
| Fumure complète moins Ca | 109 | 132 | 130 |
| Fumure complète moins Mg | 103 | 91 | 117 |
| Fumure complète moins S | 80 | 16 | 3,2 |
| Fumure complète moins oligo-éléments | 89 | 68 | 66,7 |

L'essai F.1, réalisé sur ce même type de sol, avait donné une réponse à NP, réponse moins nette à K.

Le diagnostic en vases de végétation est le suivant :

Hierarchie des carences : 1) S; 2) P.

La réponse à l'azote dans les essais au champ correspond à la correction de la carence habituelle en azote minéral sur ce type de sol, mais aussi à la correction de la carence en soufre. Bonne corrélation entre les deux techniques pour ce qui concerne aussi l'acide phosphorique. La carence en potasse apparaît au champ alors qu'elle n'apparaît pas du tout en vase de végétation.

La divergence de diagnostic est à signaler.

L'ESSAI F.5-63 DOSES CROISSANTES D'AZOTE, réalisé à Ampataka sur alluvions basaltiques hydromorphes, indique une bonne réponse à la dose N 5,300 kg/ha sulfate d'ammoniaque.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|--|-----------------------------------|
| N ₅ 300 kg/ha sulfate NH ₄ | 3,770 |
| N ₄ 250 kg/ha sulfate NH ₄ | 3,470 |
| N ₃ 200 kg/ha sulfate NH ₄ | 3,170 |
| N ₂ 150 kg/ha sulfate NH ₄ | 3,120 (3,220 dans l'essai F.1-63) |
| Témoin | 2,490 (2,560 dans l'essai F.1-63) |

La dose de 300 kg/ha de sulfate NH₄ valant 6.600 F amène un supplément de rendement de 1,280 t/ha/paddy, représentant une valeur de 12.800 F. La rentabilité semble assurée, mais l'essai n'ayant qu'un an d'âge devra être poursuivi.

L'essai F.8-63, apport de dolomie sur alluvions basaltiques hydromorphes, indique une réponse à l'apport de cet élément, mais l'essai doit être poursuivi avant d'aboutir à une interprétation.

L'OPÉRATION R.5, réalisée à Antsirabé-Fiadanana sur le type de sol : alluvions hydromorphes basaltiques, a donné les résultats suivants :

| | RENDEMENTS T/HA/PADDY |
|--|--------------------------|
| Repiquage en ligne fertilisé | 4,590 |
| Repiquage traditionnel fertilisé | 4,060 |
| Repiquage en ligne non fertilisé | 3,340 |
| Repiquage traditionnel non fertilisé | 2,980 |

Variété : Rojofotsy, plants âgés de cinquante-trois jours issus de pépinière fertilisée (fumier 10 t/ha).

Repiquage en ligne 25×15 cm à trois brins.

Repiquage traditionnel 25×10 cm à trois brins.

Apport d'engrais : fumier de parc 10 t/ha, 16 kg N, 50 kg P_2O_5 , 30 kg K_2O .

Sarclage à la bineuse japonaise sur le repiquage en ligne.

Gain de rendement par la technique culturale :
3,340 t — 2,980 t = 0,360 t/ha (12 %).

Gain de rendement par fertilisation :
4,590 t — 3,340 t = 1,250 t/ha (37 %).

Association des deux techniques, gain de rendement : 1,610 t/ha.

EN RÉSUMÉ :

Pour Antsirabé, sur sol hydromorphe organique à gley, l'association techniques culturales améliorées et fertilisation 40 kg N, 50 kg P_2O_5 , 60 kg K_2O permet d'augmenter les rendements en paddy de façon fort rentable. Les superficies intéressées par cet apport d'engrais sont à définir (quelques centaines d'hectares).

Sur alluvions basaltiques hydromorphes, la fumure 30 kg N, 50 kg P_2O_5 , 45 kg K_2O donne de bons résultats ainsi que la fumure mixte fumier 10 t/ha, 16 kg N, 50 kg P_2O_5 .

Les superficies intéressées couvrent 1.000 à 1.500 ha.

6) Ambohibary-Sambaina (Préfecture d'Antsirabé).

Alluvions hydromorphes d'origine basaltique (niveau de gravillons ferrugineux à 1 m ou 1,20 m de profondeur).

L'ESSAI F.1 a été réalisé deux années successives sur la même parcelle. Variété Rojofotsy, plants âgés de cinquante-trois jours repiqués à 15×15 cm à trois brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha | |
|-------------------------|-----------------------------|-------|
| | 1962 | 1963 |
| N P K | 3,409 | 4,044 |
| N | 3,075 | 3,218 |
| N P | 2,606 | 3,310 |
| Témoin | 1,934 | 2,695 |
| Effets principaux | N | N P K |

L'effet P ne se fait sentir qu'en deuxième année d'essai après deux apports successifs de phosphate (250 kg/ha de phosphate tricalcique chaque année).

N P K est supérieur en deuxième année à tous les autres traitements; cet apport d'engrais revenant à 9.525 F apporte en moyenne un supplément de rendement paddy de 1,412 t/ha, soit une valeur de 14.120 F.

La rentabilité est convenable.

L'ESSAI F.8-63, apport de dolomie, a également été réalisé avec la variété Rojofotsy sur le même type de sol, plants âgés de soixante jours repiqués à l'écartement 15×15 cm à trois brins.

Le traitement (N P K + dolomie 1 t/ha) est significativement supérieur à tous les autres traitements.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|---------------------------------|-----------------------------|
| N P K + dolomie 500 kg/ha | 4,471 |
| N P K + dolomie 1 t/ha | 3,816 |
| Dolomie 1 t/ha | 3,668 |
| Dolomie 500 kg/ha | 3,379 |
| Témoin | 2,909 |
| P.p.d.s. | 323 kg/ha |

Le traitement (N P K + dolomie 1 t/ha) amène par rapport au témoin un supplément de rendement de 1,562 t/ha.

La réponse à l'apport de dolomie est assez nette, mais l'effet principal est dû à la fumure N P K puisque ce traitement apporte, par rapport au témoin, un supplément de 1,400 t/paddy/ha. L'apport de dolomie n'est pas rentable en première année de culture.

L'essai en vases de végétation a permis de diagnostiquer une carence : forte en acide phosphorique, faible à moyenne en potasse, forte en soufre (réponse au sulfate d'ammoniaque).

RENDEMENTS RAY GRASS EN % PAR RAPPORT A LA FUMURE COMPLÈTE

| | Première coupe | Deuxième coupe | Troisième coupe |
|--|----------------|----------------|-----------------|
| Fumure complète | 100 | 100 | 100 |
| Fumure complète moins P | 40,1 | 17,7 | 13,1 |
| Fumure complète moins K | 86,2 | 49,7 | 41,3 |
| Fumure complète moins Ca | 106,5 | 69,9 | 69,4 |
| Fumure complète moins Mg | 97,4 | 51,0 | 52,1 |
| Fumure complète moins S | 69,7 | 22,1 | 11,6 |
| Fumure complète moins oligo-éléments | 104,2 | 96,9 | 83,4 |

La carence en acide phosphorique est forte en vases de végétation, les rendements de la plante-test croissent jusqu'à P5 : 1.000 mg de P par pot.

La gravité de la carence en P peut expliquer qu'un effet principal P ne soit pas apparu au champ dès la première année d'expérimentation, la dose apportée étant insuffisante en première année.

L'opération R.5 a été réalisée sur le même type de sol, variété Rojofotsy, plants âgés de quarante-neuf jours issus de pépinière fumée (10 t/ha fumier de parc), repiquage en ligne à l'écartement 25 × 10 cm à deux brins, repiquage traditionnel 15 × 15 cm à trois brins.

| | RENDEMENTS T/HA/PADDY |
|--|--------------------------|
| Repiquage en ligne fertilisé | 4,061 |
| Repiquage en ligne non fertilisé | 2,962 |
| Repiquage traditionnel fertilisé | 3,521 |
| Repiquage traditionnel non fertilisé | 2,750 |

L'apport de fumier F + N P K $\left\{ \begin{array}{l} F = 10 \text{ t/ha fumier de parc} \\ N = 16^u; P_2O_5 = 50^u; K_2O = 30^u \end{array} \right.$

augmente le rendement en paddy de 1,099 t/ha par rapport au repiquage en ligne non fertilisé (37 %). La technique culturale, repiquage en ligne, sarclage à la houe japonaise, augmente le rendement en paddy de 0,212 t/ha (7 %) par rapport au témoin traditionnel.

La combinaison des deux techniques élève le rendement en paddy de 1,311 t/ha (48 %).

La fumure N P K valant 6.510 F est nettement rentabilisée par une augmentation de valeur de la production atteignant 10.990 F ou 13.110 F (avec appoint de la technique culturale).

La formule de fumure 30^u N, 50^u P₂O₅, 30^u K₂O peut être vulgarisée à Ambohivary-Sambaina. Ce résultat est vulgarisable sur environ 1.000 ha dans la plaine d'Ambohivary.

7) Ambohimandroso (Onive).

a) SOL HYDROMORPHE TOURBEUX A GLEY.

L'essai F.2 a été installé en 1963 sur ce type de sol à Ampitatafika. Variété Rojomena, plants âgés de cinquante jours, repiquage à l'écartement 15 × 15 cm à quatre brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|-------------------------|-----------------------------|
| N2 P2 K1 | 3,160 |
| N2 P1 | 2,860 |
| N1 P1 | 2,500 |
| Témoin | 1,600 |
| Effets principaux | N et P |

La formule de fumure N2 P2 K1 amène, par rapport au témoin, un supplément de rendement de 1,560 t/ha, soit 15.600 F.

N2 : 200 kg/ha. Sulfate d'ammoniaque 40^u N

P2 : 400 kg/ha. Phosphate tricalcique 100^u P₂O₅ ... coût de la fumure 12.750 F

K1 : 50 kg/ha. Chlorure de potasse 30^u K₂O

Cet apport d'engrais n'est pas suffisamment rentable, la première année, mais on doit pouvoir compter sur une action rémanente du phosphate tricalcique en deuxième année de culture.

Le traitement N2 P1 revenant à 8.000 F/ha apporte, par rapport au témoin, un supplément de rendement de 1,260 t/ha, soit 12.600 F. Ce traitement pourrait, après une ou deux campagnes de confirmation, être préconisé à Ambohimandroso-Onive.

L'essai F.8-63, apport de dolomie, n'a pas amené de résultats suffisamment significatifs pour que l'on puisse prévoir leur passage à la vulgarisation. La dolomie élève significativement les rendements, mais la marge de rentabilité n'est pas atteinte.

Les essais en vases de végétation ont permis de diagnostiquer :

- 1) une carence grave en phosphore ;
- 2) une carence nette en soufre ;
- 3) une carence nette en calcium et plus tardive en potasse.

RENDEMENTS RAY GRASS EN % PAR RAPPORT A LA FUMURE COMPLÈTE

| | Première coupe | Deuxième coupe | Troisième coupe |
|--|----------------|----------------|-----------------|
| Fumure complète | 100 | 100 | 100 |
| Fumure complète moins P | 37,0 | 16,8 | 13,8 |
| Fumure complète moins K | 99,9 | 60,2 | 30,2 |
| Fumure complète moins Ca | 24,3 | 34,0 | 56,7 |
| Fumure complète moins Mg | 74,0 | 80,2 | 99,1 |
| Fumure complète moins S | 84,9 | 37,6 | 4,5 |
| Fumure complète moins oligo-éléments | 86,0 | 78,4 | 82,7 |

La relation avec les effets principaux NP trouvés au champ est bonne, réponse au champ également à la dolomie, Ca, Mg.

L'opération R.5 réalisée sur le même type de sol, avec la variété Telorirana, plants âgés de cinquante-deux jours issus de pépinière fumée (fumier 10 t/ha) a donné les résultats ci-dessous :

Repiquage en ligne 25 × 10 cm à trois brins et repiquage traditionnel 15 × 15 cm à trois brins ont été comparés avec et sans fertilisation.

| | RENDEMENTS T/HA/PADY |
|--|-------------------------|
| Repiquage en ligne fertilisé | 2,052 |
| Repiquage en ligne non fertilisé | 1,425 |
| Repiquage traditionnel fertilisé | 1,685 |
| Repiquage traditionnel non fertilisé | 1,205 |

La combinaison (Techniques culturales et Fertilisation) amène un supplément de rendement de 0,847 t/ha/paddy, soit 8.470 F.

L'apport NPK : 16^u N, 50^u P₂O₅, 30^u K₂O est trop faible en azote ; son coût 6.510 F est mal rentabilisé. Il serait préférable d'apporter 30 kg N, 50 kg P₂O₅.

b) ALLUVIONS FLUVIATILES DE LA RIVIÈRE ONIVE.

L'essai F.1-63 réalisé sur alluvions fluviales a été repiqué avec la variété Telorirana. plants âgés de cinquante-huit jours, à l'écartement de 15×15 cm à trois brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| N P K | 3,432 |
| P K | 3,035 |
| Témoin | 1,810 |
| P.p.d.s. | 0,699 kg/ha |
| Effets principaux confounding | P et K |

La formule de fumier 30^u N, $62,5^u$ P_2O_5 , 45^u K_2O , représentant une valeur de 9.525 F, amène un supplément de rendement en paddy de 1,622 t/ha, soit 16.220 F, la rentabilité est ici assez bonne.

En résumé : pour Ambohimandroso-Onive, sur sol hydromorphe à gley, on peut conseiller une fumure phosphatée de l'ordre de 200 à 300 kg/ha de phosphate tricalcique et un complément d'azote minéral sous forme sulfate d'ammoniaque (150 kg à 200 kg/ha). Sur sol d'alluvions récentes. la formule N P K : 20 à 30^u N, $62,5^u$ P_2O_5 , 35^u K_2O peut donner de bons résultats.

La superficie de rizière intéressée couvre environ 900 ha.

8) Manjakandriana (Ambohidrazana).

L'ESSAI F.1 a été réalisé, en 1963, sur alluvions argileuses hydromorphes avec la variété Rojomena, plants âgés de quarante-huit jours repiqués à la densité 10×10 cm à quatre brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|-------------------------|-----------------------------|
| N P K | 4,735 |
| N K | 4,206 |
| Témoin | 2,927 |
| Effets principaux | N et K |

Le traitement N P K : 30^u N, $62,5^u$ P_2O_5 , 45^u K_2O , coût 9.525 F, amène par rapport au témoin un supplément de rendement de 1,808 t, soit 18.080 F.

La rentabilité de l'opération est bonne. La formule N K : 30^u N, 45^u K_2O , coût 5.025 F. amène un supplément de rendement de 1,279 t, soit 12.790 F. Elle peut également être conseillée, mais réserve moins l'avenir.

L'ESSAI F.8-63, apport de dolomie, n'a pas donné de résultats rentables; cependant, l'apport de dolomie marque sur les rendements.

L'opération R.5 réalisée sur ce même type de sol, variété Rojomena, plants de quarante-neuf jours issus de pépinière fertilisée (10 t/ha fumier), a donné les résultats suivants :

| | RENDEMENTS T/HA/PADDY |
|---|--------------------------|
| Repiquage en ligne 25×10 cm à deux brins avec fumure. | 4,994 |
| Repiquage en ligne sans fumure | 3,810 |
| Repiquage traditionnel 10×10 cm à quatre brins sans fumure | 3,492 |
| Repiquage traditionnel avec fumure | 4,536 |

La culture en ligne avec sarclage à la bineuse japonaise augmente les rendements de 318 kg/ha par rapport à la culture traditionnelle. L'apport N P K : 16^u N, 50^u P_2O_5 , 30^u K_2O donne 1,184 t/ha de supplément de rendement (33 %). La conjugaison des deux techniques permet de faire progresser les rendements de 1,502 t/ha/paddy. La fumure N P K, valant 6.510 F, est très rentable dans cette opération.

En résumé : pour Manjakandriana, on peut conseiller l'apport en rizière de 30 kg N, 45 kg de K_2O ou l'apport complet fumier 10 t/ha, 16 à 20 kg N, 50 kg P_2O_5 , 30 kg K_2O .

Résultat vulgarisable sur environ 800 ha. L'absence d'études pédologiques pour cette région ne nous permet qu'une estimation de superficie.

9) Mahitsy-Andranovaky (Ambohidratrimo).

La vallée d'Andranovaky-Mahitsy a, comme type de sol dominant, un sol hydromorphe organique à gley de faible fertilité potentielle.

Nombreux ont été les essais de fertilisation en rizière conduits sur le Centre Multiplicateur d'Andranovaky.

Citons tout d'abord l'essai première série (actuellement F.6-63) mis en place en 1952. L'apport de fumure mixte (fumier de ferme 15 t/ha/an + phosphate tricalcique 400 kg/ha) fait passer les rendements en paddy de 1,613 t/ha (témoin moyenne sur douze ans) à 3,091 t/ha, soit un supplément de rendement de 1,478 t/ha/paddy/an. Si le fumier de ferme, considéré comme production paysannale, ne rentre pas dans le calcul de prix de revient, cet apport de fumure mixte est largement rentable.

La formule de fumure minérale N : 30^u, P₂O₅ : 100^u, K₂O : 75^u amène en douze ans, en moyenne, un supplément de rendement en paddy de 1,357 t/ha/an. Cet apport d'engrais revient à 13.950 F environ et n'est pas rentable. Les doses de P₂O₅ et de K₂O sont trop fortes pour une fumure d'entretien. L'essai F.1, réalisé en 1962 et 1963 avec les doses N : 30^u, P₂O₅ : 62,5^u, K₂O : 45^u avec la variété Rojofotsy, plants âgés de cinquante-huit jours issus de pépinière fertilisée (10 t/ha fumier) repiqués à l'écartement 10 × 10 cm à quatre brins, a donné les résultats ci-dessous :

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha | | |
|-------------------------|-----------------------------|-------|---------|
| | 1962 | 1963 | Moyenne |
| N P K | 3,146 | 5,370 | 4,258 |
| N P | 2,960 | 4,492 | 3,726 |
| N K | 3,244 | 4,181 | 3,712 |
| P K | 2,938 | 4,643 | 3,790 |
| N | 3,055 | 5,125 | 4,090 |
| P | 2,599 | 3,875 | 3,237 |
| K | 3,016 | 4,772 | 3,894 |
| Témoin | 2,393 | 2,970 | 2,681 |
| P.p.d.s. | 0,327 | 0,400 | |
| Effets principaux | N K | N P K | |

La fumure complète N P K : 30^u N, 62,5^u P₂O₅, 45^u K₂O amène, en moyenne, un supplément de rendement de 1,577 t/ha représentant 15.760 F pour un coût de fertilisant égal à 9.525 F. La marge de rentabilité est en moyenne convenable, quoique non atteinte en première année d'essai.

L'apport d'azote seul, 30^u N, coûte 3.300 F/ha et amène, en moyenne, 1,409 t/ha de supplément représentant 14.090 F. La rentabilité est bonne et est atteinte dès la première année d'essai. On est tenté, sur ce type de sol, de ne préconiser que le seul apport d'azote. Mais les rendements ne se maintiendront pas. N'hypothèque-t-on pas sur l'avenir ?

L'essai en case de végétation sur ce type de sol a donné les résultats suivants :

RENDEMENTS RAY GRASS EN % PAR RAPPORT A LA FUMURE COMPLÈTE

| | Première coupe | Deuxième coupe | Troisième coupe |
|--|----------------|----------------|-----------------|
| Fumure complète | 100 | 100 | 100 |
| Fumure complète moins P | 28,9 | 6,5 | 6,4 |
| Fumure complète moins K | 58,8 | 27,0 | 9,6 |
| Fumure complète moins Ca | 98,0 | 88,6 | 89,5 |
| Fumure complète moins Mg | 93,1 | 96,9 | 104,3 |
| Fumure complète moins S | 87,2 | 30,7 | 14,5 |
| Fumure complète moins oligo-éléments | 93,1 | 99,7 | 100 |

Hiérarchie des carences :

- 1) P.
- 2) K.
- 3) S.
- 4) Possibilité légère carence en Ca.

Les effets NPK trouvés au champ sont bien confirmés par l'essai en vase de végétation. L'apport de sulfate d'ammoniaque au champ permet de parer à la carence en soufre. La gravité de la carence en P et de la carence en K nous inciterait à prévoir, pour la fertilisation au champ, le maintien d'une fumure complète NPK.

Il doit être possible d'utiliser à Mahitsy-Andranovaky une formule comportant : 30^u N, 30^u P₂O₅, 30^u K₂O.

L'OPÉRATION R.5 réalisée, à Mahitsy, avec la variété Ali Combo et la variété Rojofotsy, comparait la culture en ligne et la culture traditionnelle avec ou sans une fumure mixte comprenant : fumier de parc 10 t/ha, 16^u N, 50^u P₂O₅, 30^u K₂O.

Ali Combo, plants de quarante-neuf jours issus de pépinière fertilisée, F = 10 t/ha
Rojofotsy, plants de quarante-neuf jours

| | Rendements en paddy en t/ha | |
|--|-----------------------------|-----------|
| | Ali Combo | Rojofotsy |
| Repiquage en ligne fertilisé | 2,780 | 2,865 |
| Repiquage en ligne non fertilisé | 2,265 | 2,515 |
| Repiquage traditionnel fertilisé | 2,465 | 2,590 |
| Repiquage traditionnel non fertilisé | 2,050 | 2,320 |

Repiquage en ligne 25 × 10 cm à deux brins.
Repiquage traditionnel 10 × 10 cm à quatre brins.

Sur la variété Ali Combo, la combinaison (technique culturale et fertilisation) amène un supplément de rendement de 730 kg/ha/paddy (35 %), 7.300 F. La fumure revenant à 6.510 F/ha, le seuil de rentabilité n'est pas assuré.

Cette augmentation de rendement en milieu paysan sur des parcelles en vraie grandeur (quelques ares) n'est cependant pas négligeable :

10 % d'augmentation de rendement est dû à la technique culturale : repiquage en ligne, sarclage à la houe japonaise ;

25 % d'augmentation de rendement est dû à la fertilisation.

L'opération devra être poursuivie avec la formule de fumure 30^u N, 30^u P₂O₅, 30^u K₂O.

EN RÉSUMÉ : pour Mahitsy-Andranovaky, il n'est pas aisé de dégager des conseils en matière de vulgarisation de l'emploi des engrais en rizière. La position la plus rentable serait d'adopter l'apport unique d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque à la dose de 150 kg/ha (soit 30^u N). Ce résultat est vulgarisable mais non satisfaisant suivant la doctrine de l'IRAT en matière de fertilisation. La gravité de la carence en phosphore et en potasse nous incite à préconiser non pas la formule complète 30 kg N, 62,5 P₂O₅, 45 kg K₂O, dont la rentabilité moyenne sur deux ans est acceptable mais s'est avérée non atteinte en première année, mais la formule 30^u N, 30^u P₂O₅, 30^u K₂O ou encore, ce qui est bien plus rationnel, la correction de la carence en P et K par une fumure de fond. Ceci nécessitera la mise en place d'une expérimentation nouvelle prévue en 1964-1965.

Rappelons que les résultats de l'essai première série, mis en place en 1952 à Mahitsy, avait précédemment permis de conclure à l'efficacité de la fumure annuelle : fumier de ferme 15 t/ha + phosphate tricalcique 300 kg/ha, l'apport de phosphate pourrait-être réduit à 200 kg/ha/an (50 kg P₂O₅).

La zone rizicole intéressée doit couvrir 500 à 600 ha (étude de Saint-Amand).

10) Ankadivoribé (Tanarive-Banlieue).

L'ESSAI F.1 a été réalisé en 1963 à Ankadivoribé sur sol d'alluvions limono-argileuses hydro-morphes. Saison froide, Vary Aloha.

Variété Botohavana, plants âgés de cinquante jours, repiqués à la compacité 15×15 cm à trois brins.

| Traitements | Rendements en paddy en t/ha |
|-------------------------|-----------------------------|
| N P K | 6,469 |
| P K | 5,787 |
| N P | 5,731 |
| Témoin | 4,456 |
| P.p.d.s. | 1,089 |
| Effets principaux | P et K |

L'apport N P K 30^u N, $62,5^u$ P_2O_5 , 45^u K_2O , représentant une valeur de 9.525 F, amène un supplément de rendement de 2,013 t/ha, soit une valeur de 20.130 F. La rentabilité est très convenable.

L'ESSAI F.5-63 doses croissantes d'azote n'a pas donné de résultats significatifs et cela confirme bien les effets principaux P K trouvés dans l'essai de triage F.1-63.

Il faut signaler que dans cet essai le fumier de parc, même à 20 t/ha, ne donne pas de résultats significatifs.

L'OPÉRATION R.5 repiquage en ligne, fertilisé et non fertilisé, a été réalisé à Ankadivoribé avec la variété Rojofotsy, plants âgés de cinquante-six jours, repiqués à 20×10 cm à deux brins.

L'apport d'engrais fumier de parc 10 t/ha, 16^u N, 50^u P_2O_5 , 30^u K_2O (coût 6.510 F) a amené sur la culture en ligne un accroissement de rendement de 938 kg/paddy/ha (22 %) représentant une valeur de 9,380 F.

Ce résultat est appréciable sur un type de sol où les rendements atteignent 4 t/ha sur les témoins.

L'expérimentation devra être poursuivie à Ankadivoribé avant d'aboutir à un résultat vulgarisable mais, d'ores et déjà, on peut escompter une bonne réponse aux apports d'engrais N P K.

CONCLUSIONS POUR LA PROVINCE DE TANANARIVE

Examinons d'abord les résultats obtenus par zone rizicole.

1) Marais d'Infanja (Miarinarivo).

SOLS HYDROMORPHES TOURBEUX À GLEY.

Fumure conseillée :

- Azote 30 kg/ha.
- Acide phosphorique 62 kg/ha.
- Potasse 45 kg/ha.
- Dolomie environ 500 kg/ha.

2) Ambohidratrimo. Basse-Ikopa.

CULTURE DE VARY ALOHA SUR ALLUVIONS ARGILEUSES HYDROMORPHES. Andriantany-Tanondroa.

Fumure conseillée :

- α) Cultivateurs disposant de fumier de parc ou de fumier de ferme :
 - Fumier 10 t/ha.
 - Azote 16 à 20 kg/ha.
 - Acide phosphorique 50 kg/ha.
 - Potasse 30 kg/ha.

β) Cultivateurs ne disposant pas de fumure organique :

Azote 30 kg/ha.
Acide phosphorique 62 kg/ha.
Potasse 45 kg/ha.

3) Betafo (Vakinankaratra).

SOL BRUN, FERRALLITIQUE, DÉRIVÉ DE BASALTE. CULTURES EN TERRASSES ET COLLUVIONS, ALLUVIONS EN BAS DE PENTE.

a) CULTURES EN TERRASSES : Sol ferrallitique en place.

Fumure conseillée :

Azote 20 kg/ha, soit 100 kg/ha sulfate d'ammoniaque à 21 %.
Acide phosphorique 50 kg/ha, soit 200 kg/ha de phosphate tricalcique à 25 %.
Potasse 30 kg/ha, soit 50 kg/ha de chlorure de potasse à 60 %.

b) ALLUVIONS ET COLLUVIONS DE BAS DE PENTE.

L'effet des doses croissantes d'azote est à confirmer, on peut conseiller la fumure suivante :

Azote 30 kg/ha.
Acide phosphorique 62 kg/ha.
Potasse 30 kg/ha.

4) Vinaninony (Faratsiho).

SOL HYDROMORPHE HUMIFÈRE À GLEY.

Fumure conseillée :

Azote 20 kg/ha.
Acide phosphorique 50 kg/ha.
Potasse 30/ha.

5) Antsirabé, Ampataka, Ambano.

a) SOL HYDROMORPHE ORGANIQUE A GLEY.

Fumure conseillée :

Azote 30 à 40 kg/ha, 150 à 200 kg/ha sulfate d'ammoniaque.
Acide phosphorique 50 kg/ha, 200 kg/ha phosphate tricalcique.
Potasse 60 kg/ha, 100 kg/ha chlorure de potasse.

b) ALLUVIONS BASALTIQUES HYDROMORPHES.

Fumure conseillée :

Fumier de parc 10 t/ha.
Azote 16 à 20 kg/ha.
Acide phosphorique 50 kg/ha.

6) Ambohibary. Sambaina.

ALLUVIONS HYDROMORPHES BASALTIQUES.

Fumure conseillée :

a) N : 30 kg/ha, 150 kg/ha sulfate d'ammoniaque.
P : 50 kg/ha, 200 kg/ha potasse tricalcique.
K : 30 kg/ha, 50 kg/ha chlorure de potasse.

b) Fumier de ferme 10 t/ha.
N : 16 à 20 kg/ha, 80 à 100 kg/ha sulfate d'ammoniaque.
P : 38 kg/ha, 100 kg/ha phosphate tricalcique.
K : 30 kg/ha, 50 kg/ha chlorure de potasse.

7) **Ambohimandroso (Onive).**

α) SOL HYDROMORPHE HUMIFÈRE A GLEY.

Fumure conseillée :

N : 40 kg/ha.

P : 50 kg/ha.

L'influence de l'apport de potasse devra être étudiée.

β) ALLUVIONS FLUVIATILES (ONIVE).

Fumure conseillée :

N : 20 kg/ha.

P : 50 kg/ha.

K : 45 kg/ha.

8) **Manjakandriana.**

ALLUVIONS ARCILO-LIMONEUSES HYDROMORPHES.

Fumure conseillée :

N : 30 kg/ha.

K : 45 kg/ha.

L'influence de l'apport d'acide phosphorique fera l'objet d'un contrôle d'expérimentation ; pour les cultivateurs disposant de fumure organique, on peut conseiller : fumier de parc 10 t/ha, 16 kg N/ha, 50 kg P₂O₅/ha, 30 kg K₂O/ha.

9) **Mahitsy-Andranovaky.**

SOL HYDROMORPHE HUMIFÈRE À GLEY.

Fumure conseillée :

1) Fumier de ferme : 10 à 15 t/ha + 50 kg P₂O₅.

2) N : 30 kg/ha apporté seul.

L'étude de la fertilisation de fond phospho-potassique est à poursuivre. On peut penser à une fumure annuelle 30^u N, 30^u P₂O₅, 30^u K₂O.

10) **Ankadivoribé (Tananarive-Banlieue).**

Fumure conseillée :

N : 30 kg/ha.

P₂O₅ : 62 kg/ha.

K₂O : 45 kg/ha.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES sur les problèmes de fertilisation en rizière dans la Province de Tananarive.

ANALYSES CONFOUNDING. EFFETS PRINCIPAUX

| Année | Ambohimandroso (Onive) | Vinaninony | Ambohitrarimo | Ambohibary Sambaina | Betafo | Ifanja |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|
| Première année. | Effet P (essai F.1) | Effet N P K (essai F.1) | Effets N K | Effet N | Effets N, P | Effets N, P |
| Deuxième année. | Effets N, P (essai F.2) | Effets N P K (essai F.2) | Effets N, P, K | Effets N, P, K | Effets N, P, K | Effets N, P, K |

Sur les six points d'essai, où l'expérimentation a été maintenue sur les mêmes terrains, quatre points d'essai : Ambohitrarimo, Ambohibary-Sambaina, Betafo, Ifanja, n'ont pas été changés de parcelles et ont reçu par conséquent, pendant deux ans, les doses d'engrais 30 kg N, 62,5 kg P₂O₅,

45 kg K₂O; on constate que les effets principaux ont augmenté en deuxième année. A Ambohidratrimo, P devient significatif en deuxième année (N K → N P K). A Ambohivary-Sambaina, P K deviennent significatifs en deuxième année (N → N P K). A Betafo, K devient significatif en deuxième année (N P → N P K). A Ifanja-Miarinarivo, seulement les effets principaux ne sont pas augmentés en deuxième année (N P).

Pour les deux points d'essai, où nous sommes passés du plan 2³ au plan 3³ (trois éléments deux doses, trois éléments trois doses), les effets sont en augmentation à Ambohimandroso Onive (P → N P) et les effets sont complets (N P K) à Vinaninony pendant les deux années d'essais.

Ceci nous amène à passer, ainsi que l'indique l'analyse annuelle plurilocale citée en page 2, pour l'ensemble des points d'essai F.1 dans la Province de Tananarive, que la formule de fumure complète 30 kg N, 62,5 kg P₂O₅, 45 kg K₂O peut être considérée comme valable en moyenne pour l'ensemble des points d'essais de la Province. Lorsque l'effet de l'engrais n'apparaît pas la première année, il devient significatif en deuxième année grâce à l'effet cumulatif des doses apportées.

| Année | Mahitsy | Ambohidratrimo | Ambohimandroso | Ambohivary | Antsirabé | Betafo | Ifanja |
|---|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| Première année : Effets principaux | N K | N K | P | N | N P | N P | N P |
| Deuxième année : Effets principaux | N P K | N P K | N P | N P K | N P K | N P K | N P |
| | changement de terrain | même terrain | même terrain | même terrain | changement de terrain | même terrain | même terrain |

Cette constatation nous incite à deux conclusions :

1) PREMIÈRE CONCLUSION.

La fertilisation en rizière mérite d'être abordée, non pas ainsi que nous l'avons fait jusqu'ici sous l'angle apport d'engrais annuel 30^u N, 62,5^u P₂O₅, 45^u K₂O, correspondant à une dose intermédiaire entre dose d'entretien (exportation par les récoltes) et dose de correction des carences (fumure de fond), mais sous l'angle correction des carences fondamentales (selon diagnostic P, K, S, Ca, Mg) par une fumure de fond, et ensuite apport annuel d'une dose d'entretien correspondant à l'exportation des récoltes.

Pour une production annuelle voisine de 4,5 t/paddy/ha dans la province de Tananarive, moyenne de rendement obtenue en 1962-1963 avec fumure complète N P K, cette dose annuelle d'entretien ne devrait pas être loin de 65 kg de N, 30 kg de P₂O₅, 60 kg de K₂O, surtout en considérant que la paille est exportée en totalité pour l'alimentation du bétail dans la province de Tananarive.

Les chiffres d'exportation suivants ont pu être trouvés dans la littérature :

ÉGYPTE

Rendement 3,200 t/paddy, 5,500 t/paille. Exportation

| | |
|---|--|
| { | 91,9 kg/ha N |
| | 22,7 kg/ha P ₂ O ₅ |
| | 70,8 kg/ha K ₂ O |
| | 12,1 kg/ha CaO |
| | 11,4 kg/ha MgO |

ITALIE

Rendement 7,500 t/paddy + paille. Exportation

| | |
|---|--|
| { | 122 kg/ha N |
| | 94 kg/ha K ₂ O |
| | 75 kg/ha P ₂ O ₅ |

MALAYA

Rendement 3,100 t/paddy + paille. Exportation

| | |
|---|--|
| { | 66,5 kg/ha N |
| | 10 kg/ha P ₂ O ₅ |
| | 70 kg/ha K ₂ O |

INDONÉSIE

Rendement, paddy + paille. Exportation

| | |
|---|--|
| { | 45 kg/ha N |
| | 23 kg/ha P ₂ O ₅ |
| | 62 kg/ha K ₂ O |
| | 15 kg/ha CaO |
| | 10 kg/ha MgO |

PHILIPPINES

| | |
|---|--|
| Rendement 1,750 t/paddy 1,750 t/paille. Exportation | 32 kg/ha N |
| | 12 kg/ha P ₂ O ₅ |
| | 32 kg/ha K ₂ O |

INDES

| | |
|---|--|
| Rendement 2,270 t/paddy 2,270 t/paille. Exportation | 32 kg/ha N |
| | 23 kg/ha P ₂ O ₅ |
| | 68 kg/ha K ₂ O |

JAPON

| | |
|---|--|
| Rendement 4 t/paddy 7,2 t/paille. Exportation | 84 kg/ha N |
| | 24 kg/ha P ₂ O ₅ |
| | 46 kg/ha K ₂ O |

Retenons, pour une récolte de 4,5 t de paddy et 4,5 t de paille, une exportation estimée à :

65 kg d'azote,
30 kg P₂O₅,
60 kg K₂O.

On peut constater que la formule moyenne, expérimentée dans la province de Tananarive, 30 kg N, 62,5 kg P₂O₅, 45 kg K₂O, en 1962 et 1963, est inférieure aux exportations d'azote (mais ici joue le mécanisme complexe de la minéralisation rapide de la matière organique en rizière, déchets de culture, etc.), inférieure aux exportations de potasse, supérieure aux exportations d'acide phosphorique.

Pour ce dernier élément, la forme d'apport étant du phosphate tricalcique, nous avons volontairement forcé la dose de P₂O₅ pour tenir compte de l'insolubilisation de cet élément par le fer, insolubilisation particulièrement active en sols hydromorphes ou en alluvions d'origine ferrallitique.

2) DEUXIÈME CONCLUSION.

Le tableau I, « Formules de fumures conseillées dans la province de Tananarive », donne des doses d'engrais ayant en essais statistiques et en opérations fait preuve de leur rentabilité, à condition que soit assurée la maîtrise parfaite de l'eau, le contrôle des mauvaises herbes, l'application des techniques culturales améliorées : plants de bonnes qualités, sarclages, etc.

Nous sommes amenés à conseiller, pour faciliter la vulgarisation des engrais minéraux :

a) POUR LES SOLS HYDROMORPHES ORGANIQUES OU TOURBEUX A GLEY.

La formule de fumure annuelle 30 kg N, 50 kg P₂O₅, 45 kg K₂O, la dose d'acide phosphorique pouvant être ramenée à 25 kg/ha après quatre années d'apport à 50 kg P₂O₅/ha (soit 200 kg P₂O₅).

b) POUR LES ALLUVIONS HYDROMORPHES (SOLS TACHETÉS).

La formule de fumure :

Première année, 30 kg N, 62,5 kg P₂O₅, 30 kg K₂O.

Deuxième année et suivantes, 30 kg N, 25 kg P₂O₅, 30 kg K₂O.

Il suffirait que le prix du phosphate tricalcique descende à 10/12 FMG le kg, ce qui est réalisable avec le phosphate naturel du Juan de Nova, pour que les formules de fertilisation deviennent de rentables, au prix actuel des engrais à Madagascar, à très rentables.

Comparaison des augmentations des rendements en paddy obtenus par l'emploi des techniques culturales améliorées et par l'emploi des engrais.

Les tableaux II et III donnent le détail, pour la province de Tananarive, des augmentations de rendements susceptibles d'être obtenus :

a) Par l'amélioration des techniques culturales (repiquage en ligne, sarclage à la houe japonaise), 19,7 % d'augmentation de rendement.

TABLEAU I
FORMULES DE FUMURES CONSEILLÉES DANS LA PROVINCE DE TANANARIVE

| | (en kg/ha) | | | (en t/ha) |
|---|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Fumier de ferme |
| Ifanja-Miarinarivo, superficie intéressée : 500 ha. Sol hydromorphe tourbeux | 30 | 62 | 45 | — |
| Ambohitrarimo, Basse-Ikopa, superficie intéressée : 250 ha .. | a) 16 à 20 | 50 | 30 | 10 |
| Alluvions argileuses hydromorphes | b) 30 | 62 | 45 | — |
| Mahitsy, superficie intéressée : 500 ha. Sol hydromorphe organique | a) — | 50 | — | 15 |
| | b) 30 | — | — | — |
| Ankadivoribé Tananarive-Banlieue. Alluvions limono-argileuses, hydromorphes | 30 | 62 | 45 | — |
| Manjakandriana, superficie intéressée : 800 ha | a) 16 | 50 | 30 | 10 |
| Alluvions argilo-limoneuses hydromorphes | b) 30 | — | 45 | — |
| Ambohimandroso Onive } superficie intéressée : 900 ha } Sol hydromorphe à gley | 40 | 50 | — | — |
| | Alluvions | 20 | 50 | 45 |
| Ambohivary-Sambaina, superficie intéressée : 1.000 ha | a) 30 | 38 | 30 | 10 |
| Alluvions basaltiques hydromorphes | b) 30 | 50 | 30 | — |
| Antsirabé-Ambano, superficie intéressée : 1.500 ha. Sol hydromorphe à gley | a) 30 à 40 | 50 | 60 | — |
| Alluvions basaltiques | b) 16 à 20 | 50 | — | 10 |
| Vinaninony, superficie intéressée : 600 à 800 ha. Sol hydromorphe à gley | 20 | 50 | 30 | — |
| Betafo } superficie intéressée : 1.500 ha } Sol ferrallitique basalte (terrasse) | 20 | 50 | 30 | — |
| | Alluvions-colluvions (vallée) .. | 30 | 62 | 30 |
| Extrêmes | 16 à 40 | 38 à 62 | 30 à 60 | — |
| Moyenne | 30 | 45 | 45 | — |

TABLEAU II
RÉSULTATS DES ESSAIS DE FERTILISATION. CAMPAGNE 1962-1963. TANANARIVE
(en tonnes par hectare)

| Traitements Essai n° 1 | Lieux | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| | Vary Aloha | Saison Vakiambiaty | | | | | | | |
| | Ankadivoribé | Mahitsy | Ambohitrarimo | Manjakandriana | Ambohimandros | Ambohivary Sambaina | Antsirabé | Betafo | Ifanja |
| Variétés .. | Botohavana | Rojo-fotsy | Rojo-mena | Rojo-mena | Telorirana | Rojo-fotsy | Rojo-fotsy | Vary lava | Betsilaizina |
| N P K | 6,469 | 5,370 | 4,375 | 4,735 | 3,567 | 4,044 | 4,540 | 3,555 | 5,337 |
| N P | 5,731 | 4,492 | 4,035 | 3,624 | 2,625 | 3,310 | 3,980 | 3,230 | 4,487 |
| N K | 5,069 | 4,181 | 3,705 | 4,206 | 2,065 | 3,176 | 3,960 | 2,985 | 4,662 |
| P K | 5,787 | 4,643 | 3,485 | 3,775 | 3,035 | 3,160 | 4,090 | 3,200 | 4,493 |
| N | 4,675 | 5,125 | 3,420 | 3,700 | 2,300 | 3,218 | 3,220 | 2,845 | 4,937 |
| P | 5,031 | 3,871 | 3,450 | 3,575 | 2,446 | 2,970 | 3,450 | 2,685 | 4,462 |
| K | 5,050 | 4,772 | 3,450 | 3,682 | 2,350 | 3,156 | 3,220 | 2,540 | 3,793 |
| Témoin ... | 4,456 | 2,970 | 2,575 | 2,927 | 1,810 | 2,694 | 2,560 | 1,955 | 3,087 |
| P.p.d.s. ... | 1,089 | 0,400 | 0,466 | 0,831 | 0,699 | 0,346 | 0,544 | 0,412 | 0,823 |
| Effets | P K | N P K | N P K | N K | N K | P K | N P K | N P K | N P |
| | Première année | changement de terrain | Deuxième année | Première année | changement de terrain | Deuxième année | changement de terrain | Deuxième année | Deuxième année |

Ankadivoribé (Tananarive-Banlieue) : alluvions limono-argileuses hydromorphes.
 Mahitsy : humifère hydromorphe à gley.
 Ambohitrarimo : alluvions fluviatiles argileuses, hydromorphes.
 Manjakandriana : alluvions limono-argileuses, hydromorphes.
 Ambohimandroso : alluvions fluviatiles hydromorphes.
 Ambohivary-Sambaina : alluvions basaltiques hydromorphes.
 Antsirabé-Ampataka : alluvions basaltiques.
 Ifanja-Miarinarivo : alluvions fluviatiles.

b) Par l'application d'une fumure mixte : fumier 10 t/ha, 16 kg N, 50 kg P₂O₅, 30 kg K₂O, sur un riz bénéficiant des techniques culturales améliorées, 35 % d'augmentation de rendement.

Des progrès restent à faire dans les techniques culturales que nous avons utilisées en essais (âge et vigueur des plants en pépinière).

La conjugaison des deux opérations permet, à partir de la technique rizicole traditionnelle, une augmentation de rendement de 60 %.

En 1964, l'expérimentation fertilisation riz dans la province de Tananarive repartira sur les bases :

1) Apport d'une fumure de fond pour la correction des carences graves diagnostiquées au champ et en vases de végétation.

2) Complément annuel d'entretien de la fertilité.

*
* *

Efficacité générale dans la province de Tananarive d'une fumure complète N P K annuelle :

20 à 30 kg N,
38 à 50 kg P₂O₅,
30 à 45 kg K₂O.

Il suffirait d'une politique gouvernementale favorisant la baisse du prix des engrais minéraux (usine d'azote, phosphate de Juan de Nova) et d'une action de vulgarisation paysannale soutenue en milieu rural pour que l'utilisation simultanée des techniques culturales rizicoles améliorées et des fertilisants fasse faire, à la production rizicole des Hauts-Plateaux malgaches, un progrès substantiel.

TABLEAU III
RÉSULTATS DES ESSAIS DE FERTILISATION, CAMPAGNE 1961-1962, TANANARIVE
(en tonnes par hectare)

| Traitement Essai F.1-62 | P.p.d.s 229 kg | 304 kg (Vary Aloha) | 1.051 kg (Vary Aloha) | 327 kg | 286 kg | 378 kg | 620 kg | 167 kg | 589 kg | |
|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Lieux | | | | | | | | | | |
| Variétés .. | Ambohi- mandroso Onive * | Alasora | Ambohi- droa | Ambohi- dratrimo Basse-Ikopa | Mahitsy | Vinani- nony | Ifanja | Ambohi- bary Sambaina | Antsirabé Ampataka | Betafo |
| | Rojo- mena | Rojo- mena | Rojo- fotsy | Rojo- mena | Rojo- fotsy | Latsika | Betsi- laizina | Rojo- fotsy | Rojo- fotsy | V L local |
| N P K | 2,994 | 2,726 | 5,560 * | 6,090 * | 3,146 * | 2,071 * | 6,743 * | 3,409 * | 2,025 * | 4,750 * |
| N P | 2,041 | 2,490 | 5,610 * | 5,430 * | 2,960 * | 1,648 * | 5,687 * | 2,606 * | 2,005 * | 5,050 * |
| N K | 1,094 | 2,304 | 5,390 | 4,820 * | 3,244 * | 1,818 | 5,050 * | 2,339 | 1,865 | 4,400 * |
| P K | 1,720 | 2,273 | 5,330 | 4,470 | 2,938 * | 1,361 * | 4,487 * | 2,206 | 2,075 * | 4,200 * |
| N | 2,296 | 2,404 | 5,230 | 4,680 | 3,056 * | 1,696 * | 5,712 * | 3,075 * | 1,955 * | 4,400 * |
| P | 2,494 | 2,222 | 4,850 | 4,380 | 2,599 | 0,945 * | 4,656 * | 1,807 | 1,865 * | 3,950 * |
| K | 2,131 | 2,450 | 5,070 | 5,410 * | 3,016 | 1,155 * | 4,031 | 2,321 | 1,790 | 4,050 * |
| Témoin ... | 0,866 | 2,370 | 5,120 | 3,740 | 2,393 | 0,443 | 3,475 | 1,934 | 1,705 | 3,200 |
| | Effet P | Effet N inter- action N P | Effet N | Effet N et K | Effet N et K | Effet N P K inter- action N K | Effet N P inter- action N P | Effet N inter- action P K | Effet N | Effet N inter- action N K |

* L'essai Ambohimandroso-Onive a été réalisé sur sols hydromorphes, organiques à gley.

PROVINCE DE TANANARIVE

AUGMENTATION MOYENNE DE RENDEMENT EN PADDY PAR FERTILISATION N P K OU F. N P K :

944.5 kg/ha/paddy (moyenne sur vingt points d'opération).

Rendement obtenu sur le témoin 2,674 t/ha

L'apport d'engrais :

80 kg sulfate d'ammoniaque 16^u N
 200 kg phosphate tricalcique 50^u P₂O₅
 50 kg chlorure de potasse 30^u K₂O

revient à 6.510 F/ha et apporte un supplément de rendement représentant une valeur de 9.455 FMG. soit un gain de 2.935 FMG.

Augmentation de rendement par fertilisation : 35 %.

AUGMENTATION MOYENNE DE RENDEMENT EN PADDY PAR AMÉLIORATION DES TECHNIQUES CULTURALES :

Repiquage en ligne à la distance 25 × 10 cm à deux brins, sarclages à la bineuse japonaise. 439 kg/ha/paddy (moyenne sur douze points d'opération), soit un gain de 4,390 FMG/ha.

TABLEAU IV
OPÉRATION R.5-63

| Lieux | % augmentation de rendement en paddy | |
|---|--|---|
| | dû à l'amélioration : techniques culturales, repiquage en ligne, houe japonaise, par rapport à la culture traditionnelle | dû à la fertilisation : fumier 10 t/ha, 16 ^u N, 50 ^u P ₂ O ₅ , 30 ^u K ₂ O, par rapport à la culture en ligne non fumée, sarclée |
| Ambohidratrimo-Tanjondroa (Vary Aloha) | 1,1 25 × 10 cm à deux brins plants de cent cinquante-huit jours | 65 |
| Betafo (Maratsihazo) | 57 30 × 15 cm à trois brins plants de cinquante-quatre jours | 9 |
| Vinaninony (Faratsiho) | 35 25 × 10 cm à deux brins plants de quatre-vingt-six jours | 52 |
| Fiadanana (Antsirabé) | 12 25 × 15 cm à trois brins plants de cinquante et un jours | 37 |
| Ambohibary-Sambaina | 7 25 × 10 cm à deux brins plants de quarante-neuf jours | 37 |
| Ambohimandroso-Onive | 18 25 × 10 cm à trois brins plants de cinquante-deux jours | 44 |
| Manjakandriana | 9 25 × 10 cm à deux brins plants de quarante-neuf jours | 33 |
| Mahitsy-Andranovaky (Ali Combo) | 10 25 × 10 cm à deux brins plants de quarante-neuf jours | 25 |
| Ankadivoribé (Tananarive-Banlieue) | — | 22 |
| Mahabo-Ambohidratrimo (Ali Combo) | 40 plants de quarante-neuf jours 25 × 10 cm à deux brins | 60 |

Rendement moyen obtenu sur le témoin : 2,223 t/ha/paddy.

Augmentation de rendement de 19,7 %.

| Lieu | Type de sol | N° de l'opération | Variétés | Conduite de l'opération | Fumure utilisée | Accroissement de rendement paddy en kg/ha | | | Rendement Témoin t/ha | Valeur fumure à l'ha (francs) | Perte ou bénéfice par ha fertilisation (francs) |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------|---|-----------------|---|-------------------|-------|-----------------------|-------------------------------|---|
| | | | | | | par techniques culturales | par fertilisation | Total | | | |
| Ambohibary Sambaina | Alluvions basaltiques hydromorphes | R.3-63 | Rojofotsy | Compacité 15 x 15 cm à trois brins plants âgés de quarante-neuf jours | F. N P K | | 1.045 | | 2,760 | 6.510 + F. | 3.940 |
| Vinaninony Faratsiho | Sol hydromorphe tourbeux à gley | R.3-63 | Latsika | 15 x 15 cm à deux brins plants âgés de quatre-vingt-cinq jours | F. N P K | | 1.053 | | 1,702 | 6.510 | 4.020 |
| Antsirabé Fiadanana | Hydromorphe alluvial | R.3-63 B | Rojofotsy | 25 x 15 cm à deux brins plants âgés de quarante-six jours | N P K | | 1.550 | | 3,180 | 6.510 | 8.990 |
| Antsirabé Fiadanana | Alluvial hydromorphe | R.3-63 A | Vary Lava local | 25 x 15 cm à trois brins plants âgés de quarante-neuf jours | N P K | | 880 | | 2,990 | 6.510 | 2.290 |
| Betafo Maratsihazo | Alluvions Colluvions basaltiques | R. -63 | 1.300 | 10 x 10 cm à trois brins plants âgés de quarante-six jours | F. N P K | | 1.346 | | 0,925 (faible) | 6.510 + F. | 6.950 |
| Ambohitrinanjaka Tananarive | Alluvions limono-argileux | R.5-63 Saison Aloha | Botohavana | 25 x 10 cm à trois brins plants âgés de cent dix-sept jours | F. N P K | néant | 700 | | 5,000 | 6.510 + F. | 490 |
| Ambohidra Tananarive | Alluvions argileuses | R.3-63 Saison Aloha | Botohavana | 15 x 15 cm à trois brins plants âgés de cent quatre-vingts jours | F. N P K | | 400 | | 6,100 | 6.510 | Perte - 2.510 |
| Ambohidratrimo Tanjondroa | Alluvial hydromorphe | R.5-63 Saison Aloha | Rojomena | 25 x 10 cm à deux brins 15 x 15 cm à quatre brins plants âgés de cent cinquante-huit j. | F. N P K | 30 négligeable) | 1.780 | 1.810 | 2,705 | 6.510 + F. | 11.290 |
| Manjakandriana Sambaina | Alluvial hydromorphe | R.5-63 | Rojomena | 25 x 10 cm à deux brins 10 x 10 cm à quatre brins plants âgés de quarante-neuf jours | F. N P K | 318 | 1.184 | 1.502 | 3,492 | 6.510 + F. | 5.330 |
| Ankadivoribé Tananarive-B. | Alluvial hydromorphe | R. -63 | Rojofotsy | 25 x 10 cm à deux brins plants âgés de cinquante-six jours | F. N P K | | 938 | | 4,152 | 6.510 | 2.870 |
| Ambohibary Sambaina | Alluvion basaltique hydromorphe | R.5-63 | Rojofotsy | 25 x 10 cm à deux brins 15 x 15 cm à trois brins plants âgés de quarante-neuf jours | F. N P K | 212 | 1.099 | 1.311 | 2,750 | 6.510 | 4.480 |
| Ambohmandroso Onive | Hydromorphe à gley | R.5-63 | Teloirirana | 25 x 10 cm à trois brins 15 x 15 cm à trois brins plants âgés de cinquante-deux jours | F. N P K | 220 | 627 | 847 | 1,205 | 6.510 | Perte - 240 |
| Betafo Maratsihazo | Alluvions Colluvions basaltiques | R.5-63 | Mangakely | 30 x 15 cm à trois brins 15 x 15 cm à trois brins plants âgés de cinquante-quatre jours | F. N P K | 1.325 | 335 | 1.660 | 2,300 | 6.510 | Perte - 3.160 |
| Vinaninony Faratsiho | Hydromorphe à gley | R.5-63 | Latsika | 25 x 10 cm à deux brins 15 x 15 cm à deux brins plants âgés de quatre-vingt-six jours | F. N P K | 905 | 1.318 | 2.223 | 1,682 | 6.510 | 6.670 |
| Antsirabé Fiadanana | Alluvions hydromorphes | R.5-63 A | Vary Lava | 25 x 15 cm à trois brins 25 x 10 cm à trois brins plants âgés de cinquante et un jours | N P K | 350 | 960 | 1.310 | 2,280 | 6.510 | 3.090 |
| Antsirabé Fiadanana | Alluvions hydromorphes | R.5-63 B | Rojofotsy | 25 x 10 cm à trois brins 25 x 15 cm à trois brins plants âgés de cinquante-trois jours | N P K | 360 | 1.250 | 1.610 | 2,980 | 6.510 | 5.990 |
| Mahitsy | Hydromorphe à gley | R.5-63 | Rojofotsy | 25 x 10 cm à deux brins 10 x 10 cm à quatre brins plants âgés de cinquante jours | F. N P K | 195 | 340 | 535 | 2,320 | 6.510 | Perte - 3.110 |
| Mahitsy | Hydromorphe à gley | R.5-63 | Ali Combo | 25 x 10 cm à deux brins 10 x 10 cm à quatre brins plants âgés de cinquante jours | F. N P K | 215 | 515 | 730 | 2,050 | 6.510 | Perte - 1.360 |
| Mahabo Ambohidratrimo | Alluvions hydromorphes | R.7-63 A | Vary Lava local | 25 x 10 cm à deux brins 10 x 10 cm à quatre brins plants âgés de quarante-neuf jours | N P K | 580 | 690 | 1.270 | 1,520 | 6.510 | + 390 |
| Mahabo Ambohidratrimo | Alluvions hydromorphes | R.7-63 B | Ali Combo | 25 x 10 cm à deux brins 10 x 10 cm à quatre brins plants âgés de quarante-neuf jours | N P K | 560 | 850 | 1.410 | 1,400 | 6.510 | 1.690 |

TABLEAU VI
ANALYSES PÉDOLOGIQUES SUR PARCELLES-TÉMOINS (PROVINCE DE TANANARIVE).
ESSAI F.1-63 RIZ

| Lieux | Ambohimandroso Onive | | Betafo | | Antsirabé Ampataka | | Ambohibary Sambaina | | Vinaninony | | Ifanja | | Mahitsy | | Tananarive-Banlieue | | | |
|--|-------------------------------|---------|-----------------------------|---------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| | Rb 32-1 Alluv. fluviatiles | | Rb 3-2 Alluv. basaltique | | Rb 32-3 Alluv. basaltique | | Rb 32-4 Alluv. basaltique | | Rb 32-5 Alluv. hydrom. | | Rb 32-7 Alluv. hydrom. | | Ro 27-2 Hydrom. à gley | | RT 32-1 Alluv. hydrom. | | Ro 32-7 Alluv. hydrom. | |
| | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 15 | 15 à 35 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 12 | 12 à 25 |
| N° profil | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Type de sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Profondeur (cm) | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 15 | 15 à 35 | 0 à 20 | 20 à 40 | 0 à 12 | 12 à 25 |
| pH | 4,9 | 5,3 | 6,0 | 6,2 | 4,6 | 4,9 | 5,0 | 5,3 | 4,5 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 4,6 | 4,9 | 4,5 | 4,6 |
| Sable grossier (%) ... | 14,8 | 24,8 | 11,6 | 28,8 | 7,0 | 8,7 | 8,3 | 13,6 | 3,08 | 1,11 | 0,51 | 0,65 | 15,7 | 18,4 | 12,4 | 3,6 | 9,4 | 15,2 |
| Sable fin (%) | 14,8 | 32,2 | 7,8 | 11,6 | 8,8 | 7,8 | 7,3 | 11,5 | 4,0 | 4,7 | 0,83 | 1,0 | 10,5 | 22,7 | 21,1 | 1,5 | 5,7 | 6,2 |
| Sable très fin (%) ... | 2,8 | 0,9 | 2,0 | 1,2 | 2,5 | 3,6 | 2,4 | 2,1 | 1,0 | 1,4 | 0,7 | 1,1 | 3,8 | 1,8 | 1,6 | 0,5 | 1,2 | 0,9 |
| Limon (%) | 25,5 | 14,5 | 25,5 | 22,5 | 43,0 | 22,0 | 31,0 | 25,0 | 31,5 | 32,0 | 45,0 | 45,0 | 22,5 | 19,0 | 15,5 | 25,0 | 18 | 21 |
| Argile (%) | 33,5 | 21,0 | 45,0 | 29,0 | 27,5 | 51,0 | 34,0 | 38,0 | 35,5 | 47,5 | 48,0 | 47,5 | 34,5 | 24,5 | 39,0 | 54,0 | 54 | 48 |
| Carbone organiq. (%) | 3,87 | 3,26 | 2,46 | 2,70 | 4,67 | 1,84 | 7,87 | 4,06 | 14,0 | 7,1 | 2,18 | 2,09 | 4,97 | 4,49 | 3,87 | 7,62 | 2,66 | 2,46 |
| Matière organiq. (%) | 6,67 | 5,62 | 4,24 | 4,65 | 8,05 | 3,17 | 13,5 | 7,0 | 24,1 | 12,2 | 3,76 | 3,60 | 8,56 | 7,74 | 6,68 | 13,1 | 4,59 | 4,24 |
| Azote total (%) | 2,52 | 0,56 | 1,96 | 1,60 | 3,08 | 1,40 | 6,0 | 3,3 | 10,1 | 3,8 | 1,76 | 1,52 | 4,04 | 3,56 | 2,84 | 3,12 | 2,08 | 1,84 |
| Rapport C/N | 15 | 58 | 12 | 16 | 15 | 33 | 13 | 12 | 13 | 18 | 12 | 13 | 21 | 21 | 13 | 24 | 12,7 | 13,3 |
| P ₂ O ₅ assim. (%) | 0,030 | 0,036 | 0,032 | 0,028 | 0,044 | 0,070 | 0,016 | 0,038 | 0,040 | 0,048 | 0,020 | 0,036 | 0,036 | 0,020 | 0,032 | 0,084 | 0,014 | 0,022 |
| CaO échang. m.e. (%) | 2,67 | 2,07 | 7,47 | 8,54 | 2,37 | 3,56 | 2,37 | 2,07 | 3,56 | 4,74 | 4,74 | 3,85 | 2,34 | 1,49 | 1,89 | 2,60 | 2,42 | 2,13 |
| MgO échang. m.e. (%) | 2,18 | 1,58 | 6,64 | 6,74 | 3,07 | 4,66 | 1,98 | 1,98 | 1,98 | 3,27 | 3,07 | 2,67 | 0,75 | 0,63 | 1,09 | 1,09 | 2,28 | 2,13 |
| K ₂ O échang. m.e. (%) | 0,39 | 0,18 | 0,28 | 0,39 | 0,34 | 0,53 | 0,10 | 0,10 | 0,34 | 0,21 | 0,36 | 0,26 | 0,16 | 0,25 | 0,13 | 0,05 | 0,11 | 0,07 |
| Na ₂ O échang. m.e. (%) | 0,25 | 0,04 | 0,19 | 0,79 | 1,28 | 1,77 | 0,48 | 0,10 | 0,25 | 0,16 | 0,93 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,12 | 0,18 | 0,19 |
| S. Somme bases échang. m.e. (%) ... | 5,49 | 3,87 | 14,5 | 16,4 | 7,0 | 10,5 | 4,93 | 4,25 | 6,13 | 8,38 | 9,10 | 6,9 | 3,42 | 2,56 | 3,30 | 3,86 | 4,99 | 4,52 |
| Capacité d'échange T. m.e. (%) | 14,5 | 8,5 | 19,0 | 21,0 | 23,0 | 16,5 | 28,0 | 21,5 | 39,0 | 31,5 | 24,5 | 27,0 | 24,0 | 28,0 | 24,5 | 27,0 | 33,5 | 26,5 |
| Degré de saturation : $\frac{S}{T} \times 100$ | 37,8 | 45,5 | 76,7 | 78,3 | 30,7 | 63,7 | 17,6 | 19,7 | 15,7 | 26,6 | 37,1 | 25,7 | 14 | 9 | 13,5 | 14,3 | 14,9 | 17 |

CONJUGAISON DE L'AMÉLIORATION DES TECHNIQUES CULTURALES ET L'APPORT D'ENGRAIS ENTRAÎNE UNE AUGMENTATION DE RENDEMENT DE :

1.351 kg/ha/paddy (moyenne sur douze points d'opération).
Rendement moyen obtenu sur le témoin : 2,223 t/ha/paddy.
Augmentation de rendement de 60 %.

BIBLIOGRAPHIE

- DUFURNET (R.). — Amélioration de la Riziculture Malgache dans la Région de Tananarive par la méthode du repiquage en ligne. *Riz et Riziculture*, 2^e et 3^e trim. 1961, p. 91-100.
- ROCHE (P.), JOLIET (B.), VELLY (J.). — Réponse du Riz à la fumure à Madagascar. *Riz et Riziculture*, 2^e et 3^e trim. 1957, p. 75-101.
- , —, —. Fertilisation du Riz sur les Hauts-Plateaux de Madagascar (Province de Tananarive et Fianarantsoa). *Riz et Riziculture*, 2^e trim. 1956.

RÉSUMÉ. — *L'expérimentation multilocale, fertilisation en rizière et techniques culturales. a porté sur deux campagnes 1961-1962 et 1962-1963 sur les Hauts-Plateaux de Madagascar (province de Tananarive); elle s'est déroulée dans les centres suivants :*

| | Nature des essais | |
|--|-------------------|----------------------------|
| | 1961-1962 | 1962-1963 |
| Marais d'Ifanja, Miarinarivo | F1 | F1 F8 |
| Sous-préfecture d'Ambohidratrimo (Basse-Ikopa) | F1 | F1 R5 |
| Betafo, Vakinankaratra : | | |
| a) Alluvions et colluvions d'origine basaltique | F1 | F1 F2 F5 F8 R5 |
| b) Alluvions et colluvions d'origine basaltique (bas de pente) | F1 | F1 |
| c) Sols ferrallitiques (terrasses) | F1 | F1 |
| Vinaninony (Sous-préfecture Faratsiho) | F1 | F2 R5 |
| Antsirabé, Ambano, Ampataka : | | |
| a) Sol hydromorphe organique à gley | | F1 F2 F5 R5 |
| b) Alluvions basaltiques hydromorphiques | | |
| Ambohibary, Sambaina (Préfecture d'Antsirabé) | F1 | F1 F8 R5 |
| Ambohimandroso : | | |
| a) Sol hydromorphe tourbeux à gley | | F2 R5 F1 |
| b) Alluvions fluviales | | |
| Manjakandriana | | F1 F8 R5 |
| Mahitsy, Andransvaky (Ambohidratimo) | F1 | F1 R5 |
| Tananarive-Banlieue (Ankadivoribé) | | F1 F5 R5 |

Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit pour l'ensemble de Tananarive :

1) Essais F1 :

N = 150 kg/ha sulfate d'ammoniaque.

P = 250 kg/ha phosphate tricalcique (25 % à 28 %).

K = 75 kg/ha chlorure de potasse (60 %).

RÉSUMÉ DES ESSAIS F.1. FERTILISATION RIZ (PROVINCE DE TANANARIVE). ANALYSE ANNUELLE PLURILocale

| Traitements | 1961-1962 onze centres (en t/ha) | 1962-1963 dix centres (en t/ha) |
|---------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| N P K | 3,736 + | 4,651 + |
| N P | 3,412 + | 4,002 + |
| P K | 3,060 | 3,963 + |
| N K | 3,143 | 3,793 |
| N | 3,319 + | 3,715 |
| K | 3,044 | 3,557 |
| P | 2,936 | 3,549 |
| Témoin | 2,502 | 2,782 |
| P.p.d.s. | 179 kg | 193 kg |

N P K supérieur à tous traitements
 N P supérieur à N K, P K, K, P, T
 N supérieur à P K, K, P et T
 Témoin inférieur à tous traitements

N P K supérieur à tous traitements
 N P et P K supérieurs à N, K, P, T
 N K supérieur à K, P, T
 Témoin inférieur à tous traitements

CES ESSAIS MONTRENT QUE :

| | 1962 (kg paddy) | 1963 (kg paddy) |
|--|--------------------|--------------------|
| 1 kg de N (seul) amène un supplément de | 27 | 31,1 |
| 1 kg de P ₂ O ₅ (seul) amène un supplément de | 10 | 12,3 |
| 1 kg de K ₂ O (seul) amène un supplément de | | 15,9 |
| 1 kg de N (comparaison N P K-P K) amène un supplément de | | 23,9 |
| 1 kg de P ₂ O ₅ (comparaison N P K-N K) amène un supplément de | | 14,3 |
| 1 kg de K ₂ O (comparaison N P K-N P) amène un supplément de | | 15,9 |
| Coût de la fumure complète N P K | 9.525 F FMG | 9.525 F FMG |
| Supplément apporté par fumure N P K | 2.340 F FMG | 18.884 F FMG |

2) Essais R5 :

Culture en ligne fertilisée 4,055 t/ha
Culture traditionnelle fertilisée 3,553 t/ha
Culture en ligne non fertilisée 3,256 t/ha
Culture traditionnelle non fertilisée 3,010 t/ha

Dans ces essais, la fertilisation est assurée par fumier de porc 5 à 10 t/ha :

N = 80 kg sulfate ammoniacque.
 P = 200 kg phosphate tricalcique.
 K = 50 kg chlorure de potasse.

La culture en ligne fertilisée donne un supplément nettement rentable par rapport à la culture traditionnelle non fertilisée (10.400 F MG/ha); sur cette augmentation de rendement de 33,3 % :

8 % est dû à la technique culturale;
 25,3 % est dû à la fertilisation.

3) Essais F2 :

Formule à doses doubles d'engrais.

4) Essais F5 :

Formule à doses croissantes d'engrais.

5) Essais F8 :

Formule complète de fumure N P K + dolomie.

Dans plusieurs cas, les Auteurs comparent les résultats obtenus avec ceux obtenus en vase de végétation pour diagnostiquer les carences.

| | Hiérarchie des carences | | | |
|---|-------------------------|-----------|--------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ambohidratrimo, Basse-Ikopa | P (nette) | K (nette) | S (faible) | |
| Antsirabé, Ambano (alluvions d'origine basaltique) | S | P | — | |
| Ambohibary, Sambaina | P (forte) | S (forte) | K (faible moyenne) | |
| Ambohimandroso (Onive). Sol hydromorphe tourbeux à gley ... | P (forte) | S (nette) | Ca (nette) | K (faible) |
| Mahitsy, Andranovaky | P (forte) | K (nette) | S (nette) | Ca (légère) |

En général, il n'y a pas opposition entre les résultats des essais en champs et les indications des essais de carence en vase de végétation, mais la hiérarchie des carences est souvent différente.

Les Auteurs tirent, de ces divers essais, deux catégories de conclusions :

1) La fertilisation en rizière mérite d'être abordée non pas, comme jusqu'à présent, par l'apport annuel d'engrais : 30 kg N, 62,5 P₂O₅, 45 kg K₂O, correspondant à une dose intermédiaire entre dose d'entretien (exportation par les récoltes) et dose de correction des carences (fumure de fond), mais sous forme en premier lieu de correction des carences fondamentales (selon diagnostic P, K, S, Ca, Mg) par une fumure de fond, et ensuite apport annuel d'une dose d'entretien correspondant à l'exportation des récoltes.

2) On peut conseiller :

a) Pour les sols hydromorphes organiques ou tourbeux à gley :

Formule annuelle : 30 kg N, 50 kg P₂O₅, 45 kg K₂O; la dose d'acide phosphorique pouvant être ramenée à 25 kg/ha après quatre années d'apport à 50 kg P₂O₅/ha (soit 200 kg P₂O₅).

b) Pour les alluvions hydromorphes (sols tachetés) :

Première année : 30 kg N, 62,5 kg P₂O₅, 30 kg K₂.

Deuxième année et suivantes : 30 kg N, 25 kg P₂O₅, 30 kg K₂O.

SUMMARY.—Multilocal experimentation on rice field fertilization and cultural practices, has been carried out during two crop-years in 1961-1962 and 1962-1963 in the Highlands of Madagascar (Tanarive Province) in the following centers:

| | Trial Nature | |
|--|--------------|----------------------------|
| | 1961-1962 | 1962-1963 |
| Ifanja marshes, Miarinarivo | F1 | F1 F8 |
| Ambohidratrimo sub-Prefecture (Lower Ikopa) | F1 | F1 R5 |
| Betafo, Vakinankaratra : | | |
| a) Alluvions and colluvions from basaltic origin (terraces). | F1 | F1 F2 F5 F8 R5 |
| | F8 | |
| b) Alluvions and colluvions from basaltic origin (bottom of slope) | F1 | F1 |
| c) Lateritic soils (terraces) | F1 | F1 |
| Vinaninony (Faratsiho sub-prefecture) | F1 | F2 R5 |
| Antsirabe, Ambano, Ampataka : | | |
| a) Organic hydromorphic gley soils | | F1 F2 F5 R5 |
| b) Hydromorphic basaltic alluvions | | |
| Ambohibary, Sambaina (Antsirabe Prefecture) | F1 | F1 F8 R5 |
| Ambohimandroso : | | |
| a) Hydromorphic gley peats | | F2 R5 F1 |
| b) Fluvial alluvions | | |
| Manjakandriana | | F1 F8 R5 |
| Mahitsy, Andranovaky (Ambohidratrimo) | F1 | F1 R5 |
| Tananarive Suburbs (Ankadivoribe) | | F1 F5 R5 |

The results obtained can be summed up as follows for the whole Tananarive area:

1) F1 trials:

N = 150 kg/ha of ammonium sulphate.
P = 250 kg/ha of tricalcium phosphate (25 % to 28 %).
K = 75 kg/ha of potassium chloride (60 %).

F.1 TRIAL ABSTRACT. RICE FERTILIZING (TANANARIVE PROVINCE). MULTILocal ANNUAL ANALYSIS

| Treatments | 1961-1962 eleven centers (in t/ha) | 1962-1963 ten centers (in t/ha) |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| N P K | 3.736 + | 4.651 + |
| N P | 3.412 + | 4.002 + |
| P K | 3.060 | 3.963 + |
| N K | 3.143 | 3.793 |
| N | 3.319 + | 3.715 |
| K | 3.044 | 3.557 |
| P | 2.936 | 3.549 |
| Control | 2.502 | 2.782 |
| I.s.d. | 179 kg | 193 kg |

N P K best treatment N P K best treatment
 N P higher than N K, P K, K, N P and P K higher than N,
 P, C K, P, C
 N higher than P K, K, P and C N K higher than K, P and C
 Control lower than all the Control lower than all the
 other treatments other treatments

| THESE TRIALS SHOW THAT : | 1962 (kg paddy) | 1963 (kg paddy) |
|--|--------------------|--------------------|
| 1 kg of N (alone) produces a supplementary yield of | 27 | 31.1 |
| 1 kg of P ₂ O ₅ (alone) produces a supplementary yield of ... | 10 | 12.3 |
| 1 kg of K ₂ O (alone) produces a supplementary yield of ... | | 15.9 |
| 1 kg of N (comparison N P K-P K) produces a supplementary yield of | | 23.9 |
| 1 kg of P ₂ O ₅ (comparison N P K-P K) produces a supplementary yield of | | 14.3 |
| 1 kg of K ₂ O (comparison N P K-N P) produces a supplementary yield of | | 15.9 |
| Cost of complete N P K fertilizing | 9,525 F FMG | 9,525 F FMG |
| Supplementary profit due to N P K fertilizing | 2,340 F FMG | 18,884 F FMG |

2) R5 trials:

Fertilized row cropping 4.055 t/ha
Traditional fertilized cultivation 3.553 t/ha
Unfertilized row cropping 3.256 t/ha
Traditional unfertilized cultivation 3.010 t/ha

In these trials manuring consists of pig manure at the rate of 5 to 10 t/ha:

N = 80 kg of ammonium sulphate.
P = 200 kg of tricalcium phosphate.
K = 50 kg of chloride of potash.

Fertilized row cropping gives a net supplementary profit of 10,400 F MG/ha compared with traditional unfertilized cultivation; in this increase in yield of 33,3 %:

8 % are due to cultural practices;
 25,3 % are due to fertilizing.

3) F2 trials:

Formula with double amount of fertilizers.

4) F5 trials:

Increasing amounts of fertilizers.

5) F8 trials:

Complete fertilizer formula N P K + dolomite.

In several cases, the Authors compare the results obtained with those obtained from experiments made in pots in order to diagnose deficiencies.

| | Deficiency order | | | |
|--|------------------|-----------------|------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ambohitrarimo, Lower Ikopa | P (significant) | K (significant) | S (low) | |
| Antsirabé, Ambano (alluvions from basaltic origin) | S | P | — | |
| Ambohibary, Sambaina | P (high) | S (high) | K (low mean) | |
| Ambohimandroso (Onive). Hydromorphic gley peats | P (high) | S (significant) | Ca (significant) | K (low) |
| Mahitsy, Andranovaky | P (high) | K (significant) | S (significant) | Ca (light) |

Generally the results from field experiment and from deficiency tests in pots are not opposed but the importance order of deficiencies is often different.

The Authors draw from these various trials two kinds of conclusion:

1) *Rice field fertilizing is worthy of being considered no more as an annual fertilizer application of: N 30 kg, P₂O₅ 62,5 kg, K₂O 45 kg which is an intermediary amount between maintenance (plant absorption) and deficiency correction (basal dressing) but the problem is, at first, to correct fundamental deficiencies (according to the diagnosis P, K, S, Ca, Mg) by basal dressing, and then to annually apply a maintenance amount equal to plant uptake.*

2) *It can be recommended:*

a) *For organic hydromorphic soils or gley peats:*

Annual formula: N 30 kg, P₂O₅ 50 kg, K₂O 45 kg; the amount of phosphoric acid can be reduced to 25 kg/ha after four years of applications of 50 kg/ha of P₂O₅ (i.e. P₂O₅ 200 kg).

b) *For hydromorphic alluvions (spotted soils):*

First year: N 30 kg, P₂O₅ 62,5 kg, K₂O 30 kg.

Second year and the following years: N 30 kg, P₂O₅ 25 kg, K₂O 30 kg.

RESUMEN. — *La experimentación multilocal, fertilización de arrozales y técnicas de cultivo, se desarrolló durante las dos campañas 1961-1962 y 1962-1963 en las Altiplanicies de Madagascar (provincia de Tananarive) y precisamente en los centros siguientes :*

| | Naturaleza de los ensayos | |
|---|---------------------------|----------------------------|
| | 1961-1962 | 1962-1963 |
| Pantanos de Ifanja, Miarinarivo | F1 | F1 F8 |
| Subprefectura de Ambohidratrimo (Baja Ikopa) | F1 | F1 R5 |
| Betafo, Vakinankaratra : | | |
| a) Aluviones y coluviones de origen basáltica (terrazas) .. | F1 | F1 F2 F5 F8 R5 |
| b) Aluviones y coluviones de origen basálticas (faldas) .. | F1 | F1 |
| c) Suelos ferralíticos (terrazas) | F1 | F1 |
| Vinaninony (subprefectura Faratsiho) | F1 | F2 R5 |
| Antsirabé, Ambano, Ampataka : | | |
| a) Suelo hidrómorfo orgánico de gley | | F1 F2 F5 R5 |
| b) Aluviones basálticas hidrómorfas | | |
| Ambohibary, Sambaina (prefectura de Antsirabé) | F1 | F1 F8 R5 |
| Ambohimandroso : | | |
| a) Suelo hidrómorfo turboso de gley | | F2 R5 |
| b) Aluviones fluviales | | F1 |
| Manjakandriana | | F1 F8 R5 |
| Mahitsy, Andransvaky (Ambohidratrimo) | F1 | F1 R5 |
| Tananarive (Ankadivoribé) | | F1 F5 R5 |

Los resultados de los ensayos de Tananarive pueden resumirse así :

1) Ensayos F1 :

$N = 150 \text{ kg/há de sulfato de amonio.}$

$P = 250 \text{ kg/há de fosfato triple de calcio (25 \% a 28 \%).}$

$K = 75 \text{ kg/há de cloruro de potasio al 60 \% .}$

RESUMEN DE LOS ENSAYOS F.1. FERTILIZACIÓN DEL ARROZ (PROVINCIA DE TANANARIVE). ANALISIS ANUAL PLURILOCAL

| Tratamientos | 1961-1962 once centros (en t) | 1962-1963 diez centros (en t) |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| N P K | 3.736 + | 4.651 + |
| N P | 3.412 + | 4.002 + |
| P K | 3.060 | 3.963 + |
| N K | 3.143 | 3.793 |
| N | 3.319 + | 3.715 |
| K | 3.044 | 3.557 |
| P | 2.936 | 3.549 |
| Testigo | 2.502 | 2.782 |
| Menor diferencia significativa. | 179 kg | 193 kg |

N P K es superior a todos los tratamientos
 N P es superior a N K, P K, K, P y T
 N es superior a P K, K, P y T
 El testigo es inferior a todos los tratamientos

N P K es superior a todos los tratamientos
 N P y P K son superiores a N, K, P y T
 N K es superior a K, P y T
 El testigo es inferior a todos los tratamientos

| ESTOS ENSAYOS MUESTRAN QUE : | 1962 (kg paddy) | 1963 (kg paddy) |
|--|--------------------|--------------------|
| 1 kg de N (solo) proporciona un suplemento de palay de .. | 27 | 31.1 |
| 1 kg de P ₂ O ₅ (solo) proporciona un suplemento de palay de .. | 10 | 12.3 |
| 1 kg de K ₂ O (solo) proporciona un suplemento de palay de .. | | 15.9 |
| 1 kg de N (comparado con N P K-P K) proporciona un suplemento de palay de .. | | 23.9 |
| 1 kg de P ₂ O ₅ (comparado con N P K-N K) proporciona un suplemento de palay de .. | | 14.3 |
| 1 kg de K ₂ O (comparado con N P K-N P) proporciona un suplemento de palay de .. | | 15.9 |
| Coste de la fertilización completa N P K | 9,525 F FMG | 9,525 F FMG |
| Suplemento de provecho debido a la fertilización N P K ... | 2,340 F FMG | 18,884 F FMG |

2) **Ensayos R5 :**

| | |
|--|------------|
| <i>Cultivo en filas fertilizadas</i> | 4.055 t/há |
| <i>Cultivo tradicional fertilizado</i> | 3.553 t/há |
| <i>Cultivo en filas sin fertilización</i> | 3.256 t/há |
| <i>Cultivo tradicional sin fertilización</i> | 3.010 t/há |

En estos ensayos el abonado se hace con estiércol de cerdo : 5 a 10 t/há.

N = 80 kg de sulfato de amonio.

P = 200 kg de fosfato triple de calcio.

K = 50 kg de cloruro de potasio.

El cultivo en filas con fertilización proporciona un suplemento remunerador comparado con el cultivo tradicional sin fertilización (10,400 F MG/há). Este aumento de rendimiento del 33.3 % se debe a la técnica de cultivo (8 %) y a la fertilización (25.3 %).

3) **Ensayos F2 :**

Fórmula con dosis de fertilizantes dos veces mayores.

4) **Ensayos F5 :**

Fórmula con dosis crecientes de fertilizantes.

5) **Ensayos F8 :**

Fórmula completa de fertilización : N P K + dolomía.

En varios casos, los Autores comparan sus resultados con los obtenidos en vasos de vegetación para diagnosticar las deficiencias.

| | Jerarquía de las deficiencias | | | |
|---|-------------------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ambohitrarimo, Baja Ikopa | P (marcada) | K (marcada) | S (ligera) | |
| Antsirabé, Ambano (aluviones de origen basáltica) | S | P | | |
| Ambohivary, Sambaina | P (fuerte) | S (fuerte) | K (ligera mediana) | |
| Ambohimandroso (Onive). Suelo hidrómorfo turboso de gley .. | P (fuerte) | S (marcada) | Ca (marcada) | K (ligera) |
| Mahitsy, Andranovaky | P (fuerte) | K (marcada) | S (marcada) | Ca (ligera) |

Generalmente no se halla oposición entre los resultados de los ensayos en campos y las indicaciones de los ensayos de deficiencias en vasos de vegetación, pero la jerarquía de las deficiencias es muchas veces diferente.

De los varios ensayos, los Autores sacan dos categorías de conclusiones :

1) *La fertilización del arrozal debe hacerse no como se hizo hasta hoy con el aporte anual de 30 kg de N, 62.5 kg de P₂O₅ y 45 kg de K₂O correspondientes a una dosis intermedia entre la dosis de mantenimiento de la fertilidad (teniendo en cuenta la exportación de las cosechas) y la dosis de corrección de las deficiencias (abonamiento de fondo), pero en primer lugar como corrección de las deficiencias básicas (siguiendo el diagnóstico de P, K, S, Ca, Mg) con un abonamiento de fondo, y después con el aporte anual de una dosis de mantenimiento correspondiente a la exportación de nutrientes por las cosechas.*

2) Se aconseja :

a) Para los suelos hidromorfos orgánicos o turbosos de gley :

Fórmula anual : 30 kg N, 50 kg P₂O₅, 45 K₂O; la dosis de ácido fosfórico puede reducirse a 25 kg/há después de cuatro años de aporte de 50 kg P₂O₅/há, o sea un total de 200 kg de P₂O₅.

b) Para los suelos hidromorfos (suelos manchados) :

Primer año : 30 kg N, 62.5 kg P₂O₅, 30 kg K₂O.

Segundo año y años siguientes : 30 kg N, 25 kg P₂O₅, 30 kg K₂O.

L'AGRONOMIE TROPICALE

Extrait du n° 4
AVRIL 1964

PROBLÈMES D'UTILISATION DES ENGRAIS MINÉRAUX SUR LES HAUTS PLATEAUX DE MADAGASCAR Province de Tananarive

par

DUFURNET

Chef du Service d'Expérimentation
et d'Application de la Recherche

RABETRANO

Chef de l'Unité Régionale d'Expérimentation
de Tananarive

VELLY

Directeur de la Division d'Agrologie
Nutrition des plantes

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT)

ROCHE

Directeur de l'IRAM
Pédologue-Agrologue

RAKOTONDRAINIBÉ

Chef de la Section Application de la Recherche
(Opérations de démonstration)

NGO CHAN BANG

Stagiaire Agrologie. Essais en cases de végétation
Diagnostic de carences

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 29759 ex 1

Cote : B