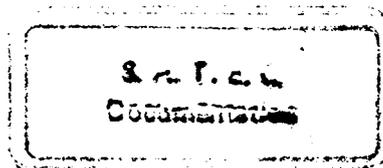


REPUBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENRADERU
DEPARTEMENT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES



EXPERIMENTATION 1974 - 79 SUR LA FUMURE
DU RIZ DANS LA PROVINCE DE TANANARIVE

S O M M A I R E

1 - Présentation

1.1 - Historique

1.2 - But des nouveaux essais

1.3 - Sites expérimentaux (carte)

1.4 - Techniques culturales (figure)

2 - Dispositif

2.1 - Variétés / Fumure

2.2 - Fumure minérale / Fumure organique

2.3 - Cas de Mahitsy - compléments

3 - Résultats

Conditions climatiques

3.1 - Réponse comparée des variétés

Mobilisations minérales et composantes du rendement

3.2 - Fumure minérale / Fumure organique

3.3 - Compléments pour Mahitsy

Evolution des sols

4 - Discussions et Conclusions

5 - Programme 1980

1 - PRESENTATION

1.1 - Historique

La culture du riz est de très ancienne tradition sur les Hautes Terres Malgaches où elle aurait été introduite par les occupants actuels de la région, venant d'Insulinde; elle est la base de leur système de production. C'est une culture de saison des pluies sur terre inondable (bas fonds ou terrasses aménagées) avec repiquage.

La production est en général d'autant meilleure que la culture bénéficie des températures élevées de l'été donc que le repiquage est précoce. Mais celui-ci n'est évidemment possible que si le sol est mis en boue et dépend donc du régime hydrique de la rizière soit plus ou moins directement de la pluviosité de l'année.

Remarque - Le cas particulier du "Vary aloha " (riz précoce) fréquent dans la plaine de Tananarive mais qui ne couvrirait pas plus de 5% des rizières des Hautes Terres ne sera pas considéré ici.

Les variétés et les techniques retenues par des générations de paysans malgaches sont bien adaptées aux conditions locales. Les rendements sont bons; ils seraient en moyenne de 2 tonnes de paddy par ha.

Certaines améliorations, mises au point par la recherche ont été proposées au paysannat et ont connu un inégal succès :

- nouvelles variétés, pour une part sélectionnées dans les populations locales comme les Rojofotsy.
- repiquage de plants vigoureux.
- repiquage en ligne pour faciliter le sarclage avec la houe (japonaise.) *noté*
- contrôle de l'irrigation : maintien d'une lame d'eau convenable pendant tout le cycle sauf les deux dernières semaines (" à sec ").

Traditionnellement les paysans mettent du fumier quand ils le peuvent sur les pépinières et s'il en reste, dans les rizières. Les doses sont alors faibles, elles seraient en moyenne de l'ordre de 5 tonnes de " poudrette de parc " à l'hectare. L'usage des engrais minéraux a été préconisé par l'OPR (Opération de Productivité Agricole, lancée par le Ministère de l'Agriculture) à partir de 1965-66. Une formule unique égale à 33 N - 66 P₂O₅ - 48 K₂O (soit 300 kg d'un complexe 11 - 22 - 16 apportés au repiquage) avait été retenue à la suite d'une expérimentation multilocale

Un apport complémentaire de 30 kg d'azote/ha (150 kg de sulfate d'ammoniaque en couverture au 30^e jour) était proposé si le paysan le jugeait utile. L'expérimentation I.R.A.M. avait pour essentiel consisté en un essai factoriel NPK ou chacun de ces éléments étaient représentés à 2 niveaux N = 0 ou 30 kg, P₂O₅ = 0 ou 63 kg, K₂O = 0 ou 45 kg, répété en 10 points répartis sur les Hauts Plateaux. En moyenne des 10 essais sur 3 ans, le supplément de production était de 25 kg paddy / kg N, de 11 kg de paddy/kg P₂O₅ et de 12 kg de paddy/kg K₂O mais cela masquait des variations très importantes d'un point à l'autre et par ailleurs le dispositif ne permettait de préciser ni les doses économiques de chaque élément ni leur équilibre relatif.

N.B. On avait à priori retenu une proportion plus importante de P₂O₅, les études antérieures ayant montré que c'était l'élément le plus souvent déficient dans les sols.

Malgré ses imperfections cette formule était rentable sur le plan régional, son succès auprès du paysan- nat jusqu'en 1972 en témoigne (cf. rapports G.O.P.R.)

1.2 - But de la nouvelle expérimentation

L'extraordinaire augmentation du prix des engrais en 1973-74 ont conduit le CENRADERU à reconsidérer la question de la rentabilisation des engrais minéraux, tous importés, en la reliant à celle d'une meilleure utilisation des ressources locales : résidus de récolte (pailles de riz, traditionnellement enlevées du champ, pour nourrir le bétail) et fumier de parc.

Le programme mis en place en 1974-75, avec des moyens malheureusement limités, comportait deux volets :

1 - Comparer la réponse aux engrais des nouvelles variétés sélectionnées par rapport à celle des variétés vulgarisées pour voir si d'une part elles étaient plus exigeantes et si d'autre part elles valorisaient mieux la fumure.

2 - Etudier la réponse aux engrais NPK en présence ou absence d'apport de fumier ou de restitution des pailles soit rechercher le type de fumure minérale à préconiser en fonction du système de production adopté (présence ou absence de bovin, utilisation ou non des pailles comme fourrage).

1.3 - Le milieu d'expérimentation

Les essais ont été réalisés sur une station déjà ancienne (Mahitsy), et sur trois nouveaux points de démonstration choisis en accord avec les services de vulgarisation : Ambohintanaka, Datan...

1.3.1 -

La station de Mahitsy est située à l'intérieur d'un périmètre aménagé en 1950 dans la partie aval de la vallée de la Maniandra; soit dans la zone ouest de la plaine de Tananarive au sens large, peu avant le seuil de l'Ikopa à Farahantsana. Elle est représentative des grandes plaines d'origine lacustre, du moins pour leurs parties dont les sols sont " moyennement organiques ". On irrigue en dérivant les eaux de la ^{élé-}vées par un barrage à vannes au niveau du canal primaire. Il faut attendre que la saison des pluies soit bien installée pour alimenter tous les casiers. Cependant le CENRADERU peut alimenter par pompage les pépinières et au besoin quelques parcelles dès Septembre - Octobre. La maîtrise du drainage est satisfaisante sauf en période de très forte pluviosité quand le débit d'évacuation au seuil de Farahantsana est insuffisant. La plaine est alors plus ou moins longtemps ennoyée, mais le riz est lui-même rarement submergé.

1.3.2 -

Le point de démonstration d'Ambohitrakoho est représentatif d'une petite plaine alluviale dans une vallée affluente de la plaine de Tananarive. L'irrigation se fait également par élévation (grâce à des batardeaux ou un barrage provisoire en terre) du modeste cours d'eau central. Celui-ci jouant en temps normal le rôle de drain central. Il ne peut y avoir d'ennoyage prolongé. Le drainage est assez bon.

1.3.3 -

Le point de démonstration de Betsizaraina est situé dans un bas fond primaire sans drain central, assez encaissé. Il n'y a pas d'irrigation à proprement parler. La remontée de la nappe phréatique et le ruissellement remplissent les casiers. Le drainage est en fin de saison difficile, d'autant qu'il est tributaire de celui des parcelles situées en aval (donc conditionné par le calendrier cultural adapté par leurs propriétaires).

1.3.4 -

Le point de démonstration d'Antokofoana est situé nettement plus au sud dans la région de Betafo, sur roche volcanique, alors que les 3 autres points étaient situés sur le vieux socle de granito gneiss. Il est représentatif des plaines sur alluvions riches de cette zone. Le cours d'eau central est encaissé de 1 à 2 m; le contrôle du drainage est excellent. Par contre la précocité de l'irrigation dépend de la pluviosité de l'

Tableau 1 - Analyses du sol des points d'essai

		Station				
		Mahitsy	Ambohi-trakoho	Betsizaraina	Antokofoana	
Classe FAO		Ge	Ge	Ge (sol à gley)	Jg(éluvisol)	
Granulométrie %	Argile	14,5	22,5	33,0	15,0	
	Limon	22	16,5	15,5	19,0	
	Sable très fin	9,5	8,5	7,5	23,5	
	Sable fin	17	9,0	10,0	41,0	
	Sable grossier	37	43,5	34,0	2,0	
Matières organiques	C %	4,74	4,08	2,38	0,96	
	N %	3,7	3,33	1,92	0,70	
Argiles	Vermiculite				V+I = 3%	
	Chlorite			+ K+Chl = 51%		
	Illite				V+I = 3%	
	Kaolinite	+++	+++ 52%	+++ K+Chl = 51%	++ 60%	
	Gibbsite	+	++ 10%	++ 23%	++ 12%	
	Amorphes		38%	26%	25%	
Al total	%		139	106,6	112,2	
Fe total	"		52	25,8	57,7	
Al extractible	"	0,545	0,204	0,247	0,082	
Fe libre	"	20,0	35,8	10,0	32,8	
Bases échangeables me/100g	Ca	1,03	2,98	1,10	3,30	
	Mg	0,20	1,15	0,25	3,35	
	K	0,10	0,08	0,04	0,16	
	Na	0,05	0,11	0,01	0,12	
	CEC	13,9	17,44	9,30	11,85	
	V %	10	25	15	58	
pH eau		5,85	5,30	5,10	5,60	
pH KCl		4,60	4,25	4,10	4,40	
P total perchlorique	ppm	1360	599	357	648	
Pouvoir fixateur	"	1745	1508	786	745	
P Olsen	"	275	55	28,5	54,5	
P Saunders	"	580	184,5	112	313	
P Truog	"	4	0,45	0,3	1,4	
Bray n°2	"	1,6	4,41	4,7	10,15	
P Carbonate	"		135	78	155	
P Eau	"		0,07	0,11	0,07	
Valeur L	"	52	17,44	17,96	55,58	
Indice Gachon	"		0,35	0,63	6,63	
Pouvoir fixateur Gachon	"		8,50	498	410	
Chang et Jackson	P Al	ppm	261	32,5	6,75	18
	P Fe	"	218	115	42	139
	P Ca	"	85	22	6,5	220
	P Oclus	"	406	325,5	259,75	197
	P Organique	"	390	104	42	74

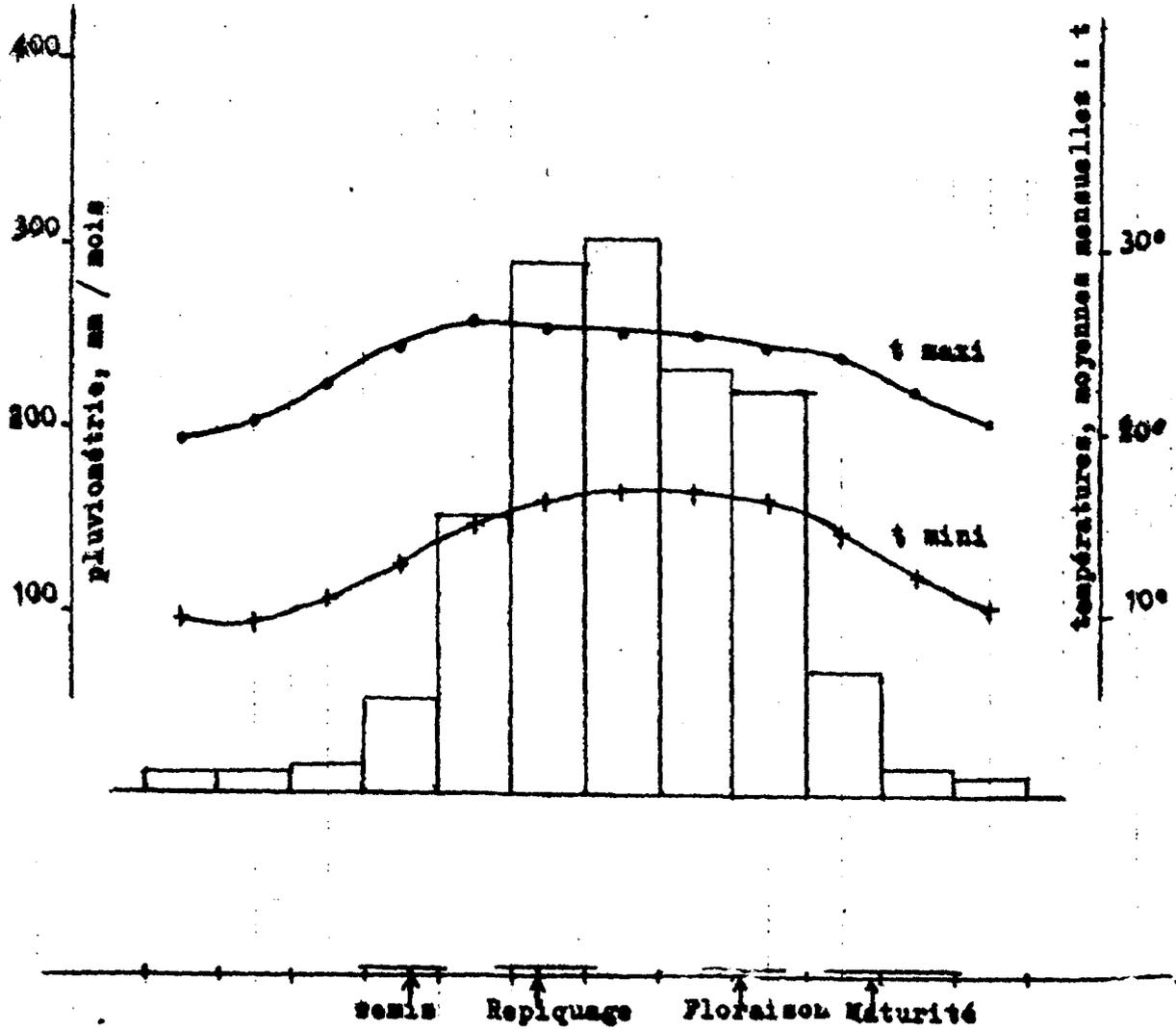


Figure 1 - Données climatiques et cycle cultural du riz Vakiabiaty dans la région de Tananariva - Variété Rojofotsy.

La caractérisation physicochimique des sols a été faite par le laboratoire du Gerdats sur des échantillons de l'horizon 0 - 20 cm prélevés " au départ " ou sur les témoins absolus - voir tableau 1 - Ces analyses étaient effectuées dans le cadre d'une étude générale du phosphore dans les sols tropicaux * d'où l'importance des données relatives à cet élément.

1.4 - Techniques culturales

Elles n'ont pas changé depuis l'époque de l'I.R.A.M (of. J Velly, Celton, 1971, doc. IRAM n° 298). La culture est entièrement manuelle, y compris les labours faits à l'angady. La pépinière semée fin Octobre-début Novembre, avec 6 kg de paddy à l'are, reçoit pour cette surface 2,5 kg de sulfate NH_4 , 2 kg de phosphate bicalcique et 1 kg de Kcl, par sécurité, cette fumure n'étant pas indispensable (doc. IRAM n° 298). On repique si possible dans la première quinzaine de Décembre des plants de 40-50 jours à 20 x 20 cm et 4 brins (soit 100 plants au m^2).

La fumure phosphatée (généralement sous forme d'Hyper-Reno) et la moitié de la fumure NK (Urée et Kcl) sont enfouies avant repiquage dans le sol en boue. L'autre moitié de NK est épanchée une cinquantaine de jours plus tard après mise à sec.

En année moyenne pour un semis du 25 Octobre avec repiquage le 10 Décembre, la floraison a lieu début Mars et la maturation fin Avril pour la variété locale la plus utilisée: Rojofotsy- Voir figure 1.

On récolte à la faucille en coupant les tiges à 25-30 cm du sol. Après battage les pailles ne sont pas rapportées sur les parcelles, sauf mention contraire.

Par ailleurs on effectue les traitements à la demande contre les deux principaux parasites: poux de riz et borers.

pépinière semis
6kg/are semences
2kg 5 sulfate NH_4
2kg ph. bicalcique
1kg kcl

2 - DISPOSITIF, VARIETES TEST.

2.1 - Réponses aux engrais comparées des variétés nouvelles et des variétés vulgarisées.

Le comportement vis à vis des engrais des nouvelles créations variétales de l'I.R.A.M (M. Arreaudeau, R. Déchanet) a été comparé à celui de la variété témoin 1285 (sélectionnée dans le Rojofotsy local) sur la seule station de Mahitsy. Deux essais y ont été mis en place en 1974 dans des casiers précédemment en jachère ou cultivés sans apports d'engrais (sauf occasionnellement un peu d'azote).

2.1.1 - Essai " Intensification " (Mh 06)

Blocs de Fisher à 8 traitements principaux " fumure minérale et / ou organique " subdivisés en 2 sous traitements variétés - sous parcelle élémentaire 24 m², 6 répétitions.

Les 8 traitements sont :

- 1 - témoin sans engrais pailles exportées
- 2 - fumure organique (5t de fumier " poudrette " /ha)
- 3 - pailles réenfouies
- 4 - fumure minérale (60 à 67 kg N et 30 kg P₂O₅ /ha)
- 5 - fumure minérale et organique
- 6 - pailles enfouies et fumure minérale
- 7 - pailles enfouies et fumure minérale dose double
- 8 - idem 7 et 300 kg P₂O₅ /ha en première année *

* c'est-à-dire fumure initiale de " redressement " en phosphore .

Les 2 variétés (sous traitements sont)

- le témoin 1285
- la variété nouvelle : 2532 (hybride 1632 x 90)

N.B - A Madagascar on désigne les variétés par leur n° d'ordre dans la collection générale du Lac Alaotra .

2.1.2 - Essai réponse aux engrais minéraux des variétés nouvelles .

Blocs de Fisher à 6 traitements principaux " fumure " subdivisés en 3 sous traitements variétés. - sous parcelle élémentaire 24 m² - 6 répétitions

Traitements principaux :

- 1 - 00 : témoin sans engrais
- 2 - N₁ : azote seul (90 kg N / ha / an)
- 3 - P : Phosphore seul (45 kg P₂O₅ / ha / an, en moy.)
- 4 - N₁ . P
- 5 - N₂ . P
- 6 - N₂ . P . k

Les trois variétés (sous-traitements) furent :

les n° 2584, 2507 et 2532 en 1974-75
et 271-10, 2525, et 2532 en 1975-76

Voir également § 2.3.4

2.2 - Fumure minérale / Fumure organique

Une dizaine d'essais démonstrations fumure minérale / fumure organique ont été installés dans la province de Tananarive en 1974; sur des rizières cultivées de façon traditionnelle, sans engrais, les années précédentes, seuls les 3 mentionnés dans les § 1.3.1 et 1.3.4 ont été conservés.

Dispositif : Bandes croisées 3 x 5 avec 4 répétitions
parcelle élémentaire 20 m²

3 bandes fumure organique ou " ressources locales "

- témoin pailles exportées
- pailles réenfouies
- pailles exportées, apport de 5 t de fumier de parc/ha

5 bandes fumures minérales ou " engrais importés " qui recourent perpendiculairement les précédentes.

- 1 - 00 témoin sans engrais
- 2 - N azote seul (90 N)
- 3 - P phosphore seul (45 P₂O₅ en moyenne)
- 4 - NP
- 5 - NPK (NP + 60 K₂O en moyenne)

On constate leur analogie avec les essais de Mahitsy décrits au paragraphe précédent.

En 1976 quand l'étude de la réponse aux engrais des nouvelles variétés a été suspendue les 3 sous-traitements variété de l'essai correspondant (§ 2.1.2) ont été transformés en 3 sous-traitements fumures organiques identiques à ceux de l'essai multilocal en bandes croisées :

- témoin
- pailles
- fumier

essai dont il devenait l'équivalent pour Mahitsy.

2.3 - Complément d'étude de fertilisation sur la station de Mahitsy

Le dispositif précédent ne permet pas de préciser les doses de chaque engrais à apporter. Une série d'essais complémentaires a été mis en place, sur la seule station disposant des moyens suffisants, dans des casiers précédemment cultivés de façon traditionnelle (sans engrais). Ils ont été installés en 1974 ou 1975 sauf l'un d'entre eux, ouvert dès 1952 (avec depuis plusieurs modifications de protocole).

2.3.1 - Essai phosphore (1974 à 1978)

Blocs de Fisher, 9 traitements
parcelle élémentaire 18 m², 6 répétitions
Tous les traitements reçoivent une fumure NK uniforme de l'ordre de 135 kg N et 60 kg K₂O /ha

- T1 : témoin sans P
T2 : 45 kg P₂O₅ /ha /an sous forme Hyper-reno
T3 : " " " " " " Supertriple
T4 : " " " " " " Phosphate NH₄
T5 : idem T2 mais avec réenfouissement des pailles *
T6 : 180 kg P₂O₅ Supertriple la 1ère année, 0 les années suivantes
T7 : 180 kg P₂O₅ Supertriple la 1ère année, 45 kg P₂O₅ (Supertriple) les années suivantes
T8 : 180 kg P₂O₅ Hyper-reno la 1ère année, 0 les années suivantes
T9 : 180 kg P₂O₅ Hyper-reno la 1ère année, 45 kg P₂O₅ (Hyper) les années suivantes

* sur les 8 autres traitements les pailles sont systématiquement exportées

2.3.2 - Essai potasse (1974-1979)

Blocs de Fisher, 6 traitements factoriel 3 x 2
parcelle élémentaire 22 m², 4 répétitions

- T1 : pas de potasse, pailles exportées
T2 : 30 K₂O / ha / an, " "
T3 : 90 " " " , " "
T4 : pas de potasse, pailles réenfouies
T5 : 30 K₂O / ha / an, " "
T6 : 90 " " " " "

2.3.3 - Essai éléments secondaires et Oligoéléments (1975 ...)

Blocs de Fisher, 6 traitements principaux fumure minérale
subdivisés avec ou sans réenfouissement des pailles
sous-parcelle élémentaire de 24 m², 6 répétitions
Traitements principaux :

T1 : FC, Fumure Complète \equiv

T2 : FC moins soufre

T3 : FC moins dolomie (sans Ca, Mg)

T4 : FC moins dolomie plus chaux (sans Mg)

T5 : FC moins nutramine (sans Oligoéléments)

T6 : FC plus 3t de balle de riz/ha (plus silice)

\equiv FC = 250 kg d'urée + 120 kg de sulfate de potasse, 120
kg de phosphate d'ammoniaque, 300 kg de dolomie et 20 kg
de Nutramine / ha / an
soit 135 N - 60 P₂O₅ - 60 K₂O

2.3.4 - Essai azote, mis en place en 1952 lors de l'amé- nagement du périmètre, 25ème année de culture en 1978-79

Blocs de Fisher, 8 traitements: 6 doses croissantes N +
2 additionnels

parcelle élémentaire 19 m², 6 répétitions

Jusqu'en 1977 on cultivait des variétés différentes sur
chaque répétition (test de réponse à l'azote de celles-
ci)

en 1974-75 : variété n° 1285, 1632, 2532, 2162, 2067;
2584

en 1975-76 : " n° 1285, 1632, 2532, 1766, Latsika D

en 1976-77 : " n° 1285, 2532, 271-10

à partir de 1977-78 la seule variété 1285 est cultivée

Variétés Test

En 1974-75 le 1632 (Chianan 8) a servi de variété
test à Mahitsy sauf sur les essais variété / fumure. Elle
a été remplacée par le 2532 en 1975-76. A partir de 1976-
77 le 1285 a été adopté comme seule variété test à Ma-
hitsy et sur les points de démonstration. En fin de com-
pte deux variétés ont été principalement utilisées:

1285 : sélectionné dans la variété locale Rojofotsy, in-
dica à pailles longues, serait assez sensible à
la piriculariose et à la verse, cycle repiquage
maturité de 140 jours en moyenne.

2532 : hybride à pailles courtes donc plus résistant à la

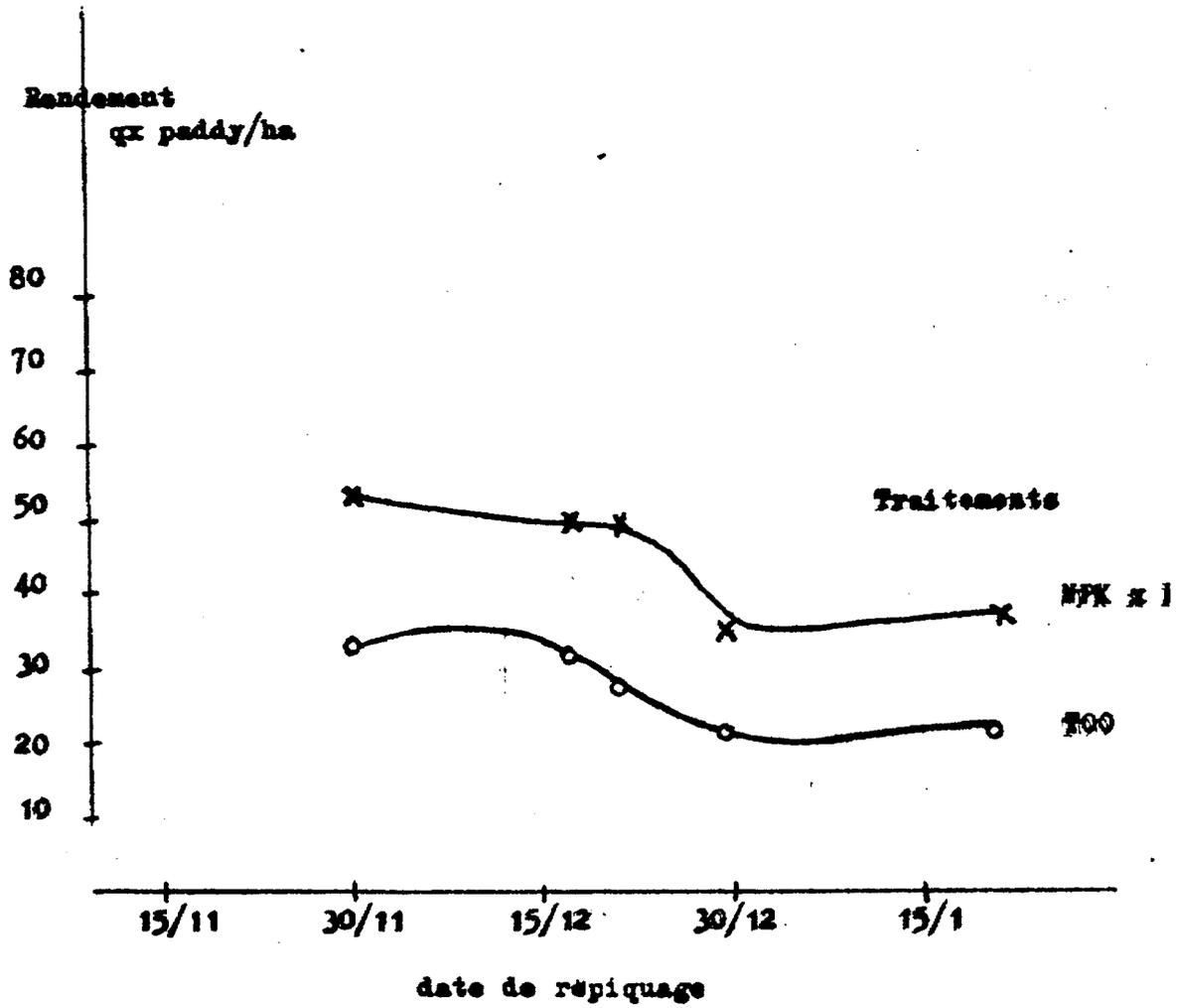


Figure 2 - Rendements dans l'essai " Bandes croisées " d'Ambokotrakoho en fonction de la date de repiquage.

3 - RESULTATS

Conditions de culture

Si le regime des pluies est en moyenne le même sur toute la région on peut enregistrer de grandes différences d'un point à l'autre au cours d'une même saison. On a vu plus haut que la précocité des pluies donc du repiquage est un facteur favorable. On le vérifie, en gros, sur les stations où le contrôle de l'eau est le moins bon: Ambohitrakoho et Betsizaraina - voir figure 2 .

Par contre on ne trouve pas de corrélation entre rendement et date de repiquage sur les stations où le contrôle de l'eau est meilleur: Mahitsy et Antokafoana. Les variations de rendements y sont probablement lié à la quantité d'ensoleillement au cours de chaque saison, donc indirectement à la nébulosité et la pluviométrie. Nous ne disposons pas des mesures climatiques nécessaires pour cette étude .

Il n'y a pas eu d'attaque extraordinaire des parasites habituels que les traitements classiques n'aient pu enrayer, ni de piriculariose.

3.1 - Réponses aux engrais comparées des nouvelles variétés et des variétés vulgarisées

Les données les plus intéressantes proviennent de l'essai " Intensification " où les variétés 1285 et 2532 ont été comparées trois saisons de suite à différents niveaux de fumure organique et / ou minérale - voir tableau 2 .

En moyenne sur 3 ans les deux variétés se sont montrées équivalentes, pour le rendement en paddy, quelle que soit la fumure. Ce résultat est confirmé par ceux de l'essai azote au cours des mêmes saisons, où ces deux variétés apparaissent également auprès de quelques autres - tableau 3 - Parmi ces dernières la variété 271-10 testée en 76-77 semble plus productive.

Dans l'essai variétés/fumure minérale (1ère phase de l'essai fumure minérale et organique de Mahitsy) où seules des variétés nouvelles sont comparées entre elles, la variété 271-10 est à nouveau supérieure à la 2532, mais avec une réponse aux engrais du même type - tableau 4

Finalement la variété Rojofotsy, et mieux 1285, a un excellent potentiel de production et répond très bien aux engrais. C'est une bonne variété test pour les essais et c'est elle que l'on a exclusivement retenue par la suite .

Campagne	Variété	témoin		fumier ⁽¹⁾		pailles enfouies			
		0	fm(2)	0	fm	0	fm	2fm	2fm+R(3)
1974-75	1285	34	46	38	52	41	53	62	56(3)
	2532	39	53	43	59	43	58	66	60(3)
1975-76	1285	38	40	42	47	42	45	51	53
	2532	31	38	38	44	35	41	46	45
1976-77	1285	28	39	38	39	37	42	46	49
	2532	29	38	37	40	32	38	45	49
Moyenne	1285	33	42	39	46	40	47	53	-
	2532	33	43	39	48	37	46	52	-

Tableau 2 - Mahitsy, essai " Intensification "
Production en qx de paddy / ha

(1) fumier 5t de poudrette / ha

(2) fm (fumure minérale) = 60 N + 30 P₂O₅ / ha

(3) ce traitement n'a reçu que 1fm et non 2fm cette année là.

Composantes du rendement et mobilisations minérales

Des poquets échantillons ont été prélevés à la récolte 1976 sur les deux traitements; témoin absolu et fumure forte de l'essai variétés / fumure minérale de Mahitsy.

On y a estimé les composantes du rendement:

Variété	1285	2532
Nombre de panicules/poquet *	10,9	10,38
Poids de grains/poids de pailles	0,9	1,0
Poids de 100 grains	3g	2,6g

* pour des poquets à 20 cm x 20 cm repiqués à 4 brins

Puis on en a fait l'analyse chimique - voir annexe 2 - :

La composition minérale des deux variétés est à peu près la même et est peu influencée par la fumure sauf pour la teneur en K des pailles .

 $P_2O_5 = 90, K_2O = 90, N =$

Année	Variété	-----							
		00	0	45	90	135	135*	180	225
74-75	1285	17	39	47	61	65	56	68	71
	2532	18	43	36	63	64	57	62	73
	Moy 6 var	18	42	41	59	60	53	64	72
75-76	1285	20	46	58	69	77	77	85	86
	2532	20	43	66	75	75	68	72	83
	Moy 6 var	18	45	56	64	66	70	74	79
76-77	1285	20	33	36	49	56	53	55	63
	2532	16	32	43	58	62	54	66	54
	271-10	21	38	47	57	56	58	61	69
Moyenne	1285	19	39	47	60	66	-	69	73
	2532	16	39	48	65	67	-	67	70
	générale	18	40	46	59	61	-	66	71

Tableau 3 - Mahitsy - Essai azote
 Production en qx de paddy/ha

* avec 60 P_2O_5 et 60 K_2O et non 90-90 tous les ans et
 seulement 60 N en 1974-75

 fumure NPK

Année	Variété	-----						Moy
		0	N	P	NP	2N,P	2N,PK	
74-75	2584	31	36	38	44	47	53	41
	2507	22	26	29	31	34	38	30
	2532	35	44	41	54	58	64	49
75-76	271-10	37	44	44	50	52	59	47
	2525	35	38	37	40	43	48	40
	2532	29	38	39	43	49	49	41
Moyenne	2532	32	41	40	49	54	57	

avec N = 60 ou 67 kg/ha, P = 60 kg P_2O_5 / ha, K = 60 kg K_2O / ha

On a en moyenne :

Partie	teneur en % de la matière sèche				
	N	P	K	Ca	Mg
Paddy	1,0	0,25	0,35	0,01	0,12
Pailles	0,7	0,10	1,5 [≠]	0,30	0,04

≠ Ce pourcentage varie de 1,05 sur les traitements les plus pauvres (T00) à 2,3 recevant un excès de fumure potassique (voir § 3.3.2)

Les mobilisations minérales correspondantes pour une tonne de paddy (à 10% d'eau, avec une production équivalente de pailles à la même humidité) sont environ les suivantes, en kg :

Dans	élément				
	N	P	K	Ca	Mg
le paddy	9	2,3	3,2	0,1	1,1
les pailles	6,3	0,9	13,5	2,7	0,4
total	15,3	3,2	16,7	2,8	1,5

Une récolte de 5t de paddy mobilise dans ses pailles en moyenne : 30 kg N - 4,5 kg P (10 P₂O₅) - 67 kg K (80 K₂O) - 14 kg Ca (20 CaO) et 2 Mg² (5,3,3 MgO)

Le réenfouissement ou non de ces quantités est un facteur important du bilan minéral de la culture, en particulier pour la potasse .

3.2 - Etude de la fumure minérale en fonction des apports organiques

Le tableau 2 relatif à l'essai " Intensification " donne déjà des indications sur l'effet d'une fumure minérale faible 60 N - 30 P₂O₅ dans différentes hypothèses d'utilisation des ressources organiques.

Remarque: - Cette formule d'équilibre 2 - 1 - 0 , avait été retenue comme la plus économique d'après les résultats

En l'absence d'apport de fumier et quand les pailles sont exportées, la productivité de cette dose faible est de 10 kg de paddy par unité fertilisante N ou P₂O₅.

Si l'on réenfouit les pailles - Ce qui en l'absence d'un complément minéral entraîne un supplément de récolte de 4 à 5 qx de paddy/ha, ou si l'on compense leur exportation par l'apport de 5t de fumier/ha dont l'apport seul augmente la production de 5 à 6 qx de paddy/ha, la productivité des engrais minéraux est un peu moindre. Réciproquement l'effet des enfouissements organique est un peu plus faible en présence d'engrais minéraux. Les deux sources font partiellement double emploi.

Le fumier utilisé sur cet essai, provenant de l'étable de l'école rurale voisine, a été analysé chaque année.

Saison	H ₂ O	en % de la matière sèche						
	% total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C	SiO ₂
74-75	70	1,5	0,55	2,3	1,1	0,6	32	-
75-76	55	1,6	0,60	2,4	0,7	0,5	25	37
76-77	-	1,8	1,0	2,5	1,0	0,7	32	32
moyenne	60	1,6	0,7	2,4	0,9	0,6	30	35

(Analyse Département de Technologie du CENRADERU)

On remarque sa richesse en silice, signe d'une forte proportion de terre (de l'ordre de la moitié du poids de la matière sèche) qui tient à son mode de fabrication proche de la méthode traditionnelle, avec apport très insuffisant de litière.

Les éléments fertilisants fournis par 5t de ce fumier frais (2 tonnes de matière sèches) sont, sous forme plus ou moins utilisable de l'ordre de : 32 kg N, 14 kg P₂O₅, 48 kg K₂O, 18 kg CaO et 12 kg MgO .

Evolution des sols

Des prélèvements de sols, horizon 0 - 20 cm ont été prélevés " au départ " de cet essai (Novembre 1974) puis à l'issue de la 2ème culture (Juin 1976), on n'a pas constaté d'évolution sur les caractères analysés :

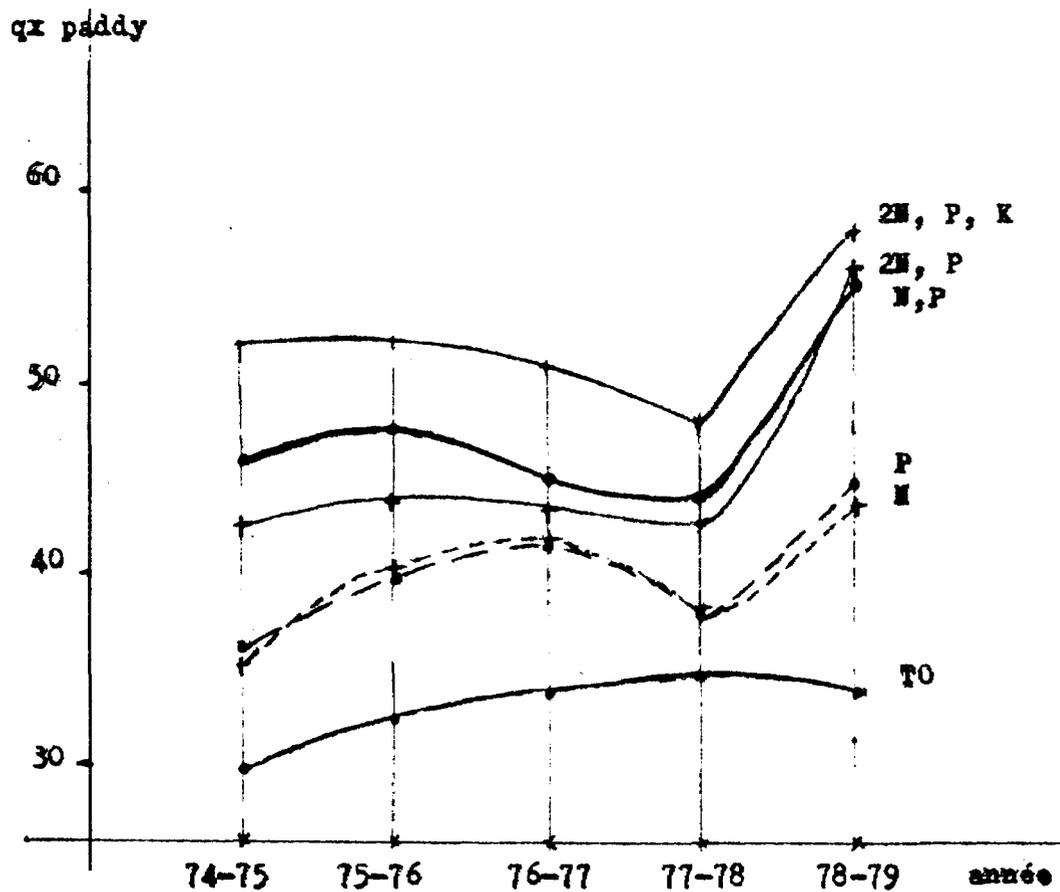


Figure 3 - Mahitsy, essai fumure minérale / fumure organique
Evolution des rendements en fonction de la fumure
minérale (pailles exportées tous les ans)

Date	Traitement	Mat. Org. me/100g		Bases éch. pH			P ₂ O ₅ %.	
		%	N%	Ca	Mg	K	eau total	Olsen
XI-74	" au départ "	5,2	4,5	2,2	0,3	0,15	5,4	2,7 0,8
VI-76	friche bordure	5,0	3,7	2,1	0,3	0,12	5,3	2,4 0,7
	TOO	5,2	3,9	2,2	0,4	0,11	5,3	2,5 0,8
	T fm + pailles	5,2	3,9	2,4	0,3	0,11	5,4	2,6 0,8

Tableau 5 - Mahitsy - Essai " Intensification "

Analyse des sols (Laboratoire CENRADGERU)

Pour la même station de Mahitsy on dispose des résultats, plus complets, de l'essai fumure minérale / fumure organique a partir de 1976-77; voir tableau 6 . Ceux qui concernent la fumure strictement minérale, cas témoin sans apport complémentaire de fumier et sans renfouissement de pailles, sont représentés dans la figure 3 .

- les effets de la fumure N (1ère dose, 67u/ha) et P (dose 60 P₂O₅) sont équivalents, additifs et à peu près constants d'une année à l'autre.

- celui de la potasse (dose 60 K₂O) est relativement constant aussi mais plus faible.

Productivité moyenne de l'unité fertilisante :

- Azote dose 0 - 60u/ha : 10 kg paddy
- Azote dose 60 - 120u/ha : 2 kg paddy
- P₂O₅ dose 0 - 60u/ha : 10 kg paddy
- K₂O dose 0 - 60u/ha : 7 kg paddy

Comme dans l'essai " Intensification " la productivité de la fumure minérale N, P est moindre en présence d'apports organiques complémentaires:

- si on enfouit les pailles elle n'est plus que de 5 kg de paddy par unité fertilisante N ou P₂O₅, soit la moitié de celle du cas témoin.

- si l'on apporte 5t de " poudrette " par ha, elle tombe à 3 kg de paddy par unité fertilisante. De plus on remarque que N ou P apportés seuls n'ont aucun effet; il faut les associer.

Par contre l'effet de la fumure potassique est comparable dans les autres

Saison	Variété	Res- source locale	fumure minérale					doses engrais, kg	
			N ₁	P	N ₁ P	N ₂ P	N ₂ PK		
74-75	Moy. 3V	-	30	35	36	43	46	52	N, P, K = 60u
75-76	- id -	- id -	33	40	40	44	48	52	N=67, P, K=60
76-77	1285	-	34	42	42	43	45	51	N ₁ = 45
		pailles	38	43	39	43	46	49	P, K = 60
		fumier	41	40	41	45	49	51	
77-78	1285	-	35	41	38	43	44	48	N ₁ = 67
		pailles	40	41	38	45	49	50	P, K = 60
		fumier	39	39	39	42	45	52	
78-79	1285	-	34	42	42	56	55	58	N ₁ = 90
		pailles	42	47	43	54	58	62	N ₂ = 135
		fumier	50	50	49	56	58	64	P, K = 45

Tableau 6 - Mahitsy , essai fumure minérale / fumure organique
Production en qx de paddy / ha

Le simple réenfouissement des pailles entraîne en l'absence d'apport N P K complémentaire, un supplément de récolte moyen de 6 qx de paddy mais est pratiquement nul si l'on apporte aussi des engrais minéraux, quel que soit l'équilibre de la formule.

Les 5t de "poudrette" apportées seules augmentent en moyenne le rendement de 9 qx, et de 2 qx seulement si l'on apporte des engrais minéraux complément.

Les résultats des trois tests démonstration multi-locaux sont reportés dans les tableaux 7, 8 et 9.

L'effet des apports organiques y est voisin de celui que l'on a observé à Mahitsy sauf à Betsizaraina qui est un cas bien particulier.

Les données relatives à la fumure strictement minérale sont représentées dans les figures 4, homologues de la figure 3.

Année Variété Repiquage	Ressources locales	Engrais importés				
		-	N	P	NP	NPK
1974-75	-	23,5	24,5	27,5	28,5	31,0
1285	Pailles	27,0	30,0	27,0	29,5	32,0
6/1	Fumier	29,5	33,0	32,0	35,5	38,5
1975-76	-	34,0	36,0	40,5	41,5	42,5
1285	Pailles	43,0	46,5	49,0	56,0	54,5
17/12	Fumier	38,0	43,0	46,5	49,5	50,0
1976-77	-	22,0	23,0	30,0	28,0	32,0
1285	Pailles	26,0	32,0	31,0	32,0	36,0
29/12	Fumier	30,0	34,0	33,0	38,0	40,0
1977-78	-	28,5	34,5	39,0	41,0	41,0
1285	Pailles	35,0	37,0	38,5	47,0	45,5
20/12	Fumier	37,5	42,0	40,0	48,5	51,0
1978-79	-	33,5	38,0	38,0	41,0	45,0
1285	Pailles	39,0	42,0	43,0	48,0	49,0
30/11	Fumier	45,0	47,0	47,0	54,0	54,0

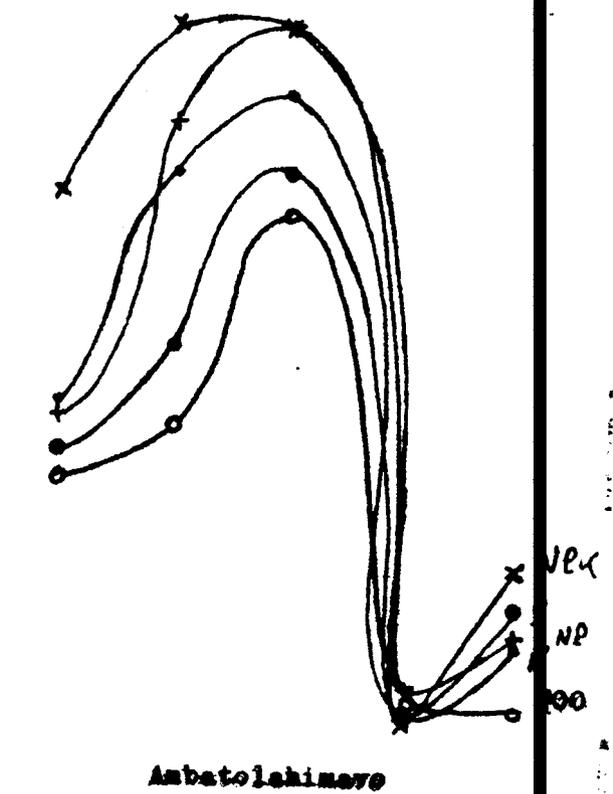
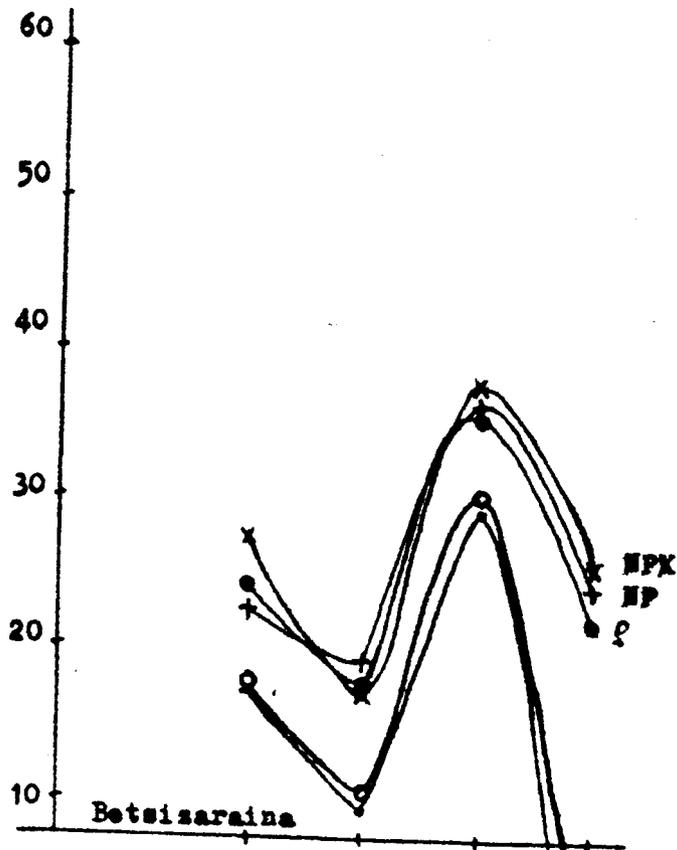
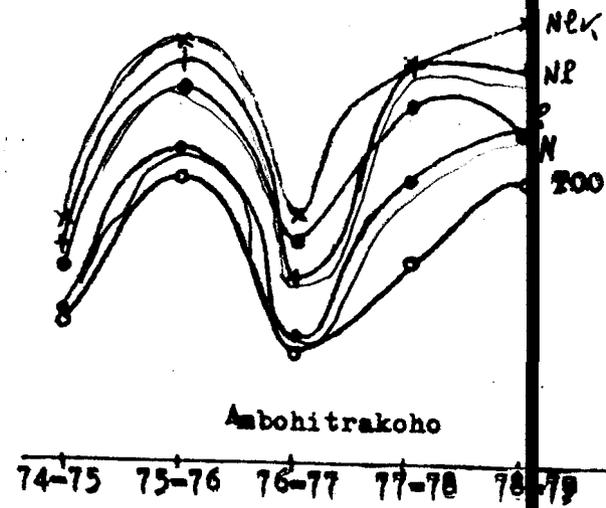
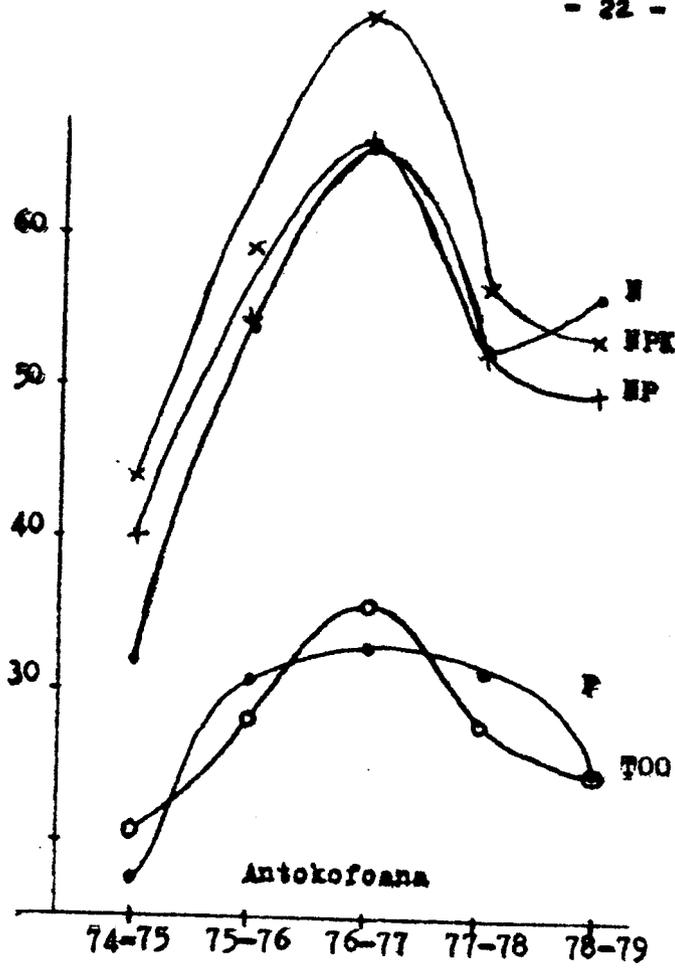
Tableau 7 - Essais Bandes croisées fumure minérale/ fumure organique - Production en qx de paddy/ha - Ambohitrakoho.

Année	Variété	Repiquage	Ressources locales	Engrais importés				
				-	N	P	NP	NPK
1975-76	-			17,0	17,0	24,0	22,5	27,0
	Pailles			23,5	26,0	26,0	27,0	28,5
	Fumier			23,5	24,0	24,5	23,5	29,0
1976-77	-			11,0	10,0	20,0	21,0	20,0
	1285		Pailles	11,0	8,0	20,0	21,0	18,0
	20/12		Fumier	15,0	14,0	17,0	24,0	18,0
1977-78	-			28,0	27,5	35,5	36,0	39,0
	1285		Pailles	22,0	25,0	33,5	39,5	39,5
	7/12		Fumier	33,0	34,0	37,5	35,0	36,0
1978-79	-			0	0	22,0	24,0	25,0
	1285		Pailles	0	0	24,0	25,0	24,0
	19/12		Fumier	20,0	24,0	23,0	25,0	25,0

Tableau 8 - Essais Bandes Croisées fumure minérale/ fumure organique - Production en qx de paddy/ha - Betsizaraina.

Année Variété Repiquage	Ressources locales	Engrais importés				
		-	N	P	NP	NPK
1974-75	-	20,5	32,0	18,0	40,3	44,0
1642	Pailles	16,5	31,0	18,0	36,5	35,1
6/12	Fumier	22,0	27,5	21,5	42,5	48,5
1975-76	-	28,5	54,0	31,0	54,5	59,0
1285	Pailles	36,0	56,0	35,6	56,0	60,5
9/12	Fumier	29,0	56,0	30,0	58,5	59,5
1976-77	-	36,0	67,0	33,0	68,0	75,0
1285	Pailles	36,0	67,0	38,0	70,0	76,0
11/12	Fumier	48,0	74,0	42,0	77,0	77,0
1977-78	-	28,0	53,5	31,5	53,0	56,5
1285	Pailles	35,0	59,5	31,5	58,0	59,0
16/12	Fumier	34,0	61,5	40,0	64,0	59,5
1978-79	-	24,0	58,0	24,0	49,0	54,0
1285	Pailles	31,0	57,0	24,0	57,0	65,0
15/12	Fumier	33,0	61,0	31,0	59,0	61,0

Tableau 9 - Essais Bandes Croisées fumure minérale/ fumure organique - Production en qx de paddy/ha - Antokofaana -



On voit que chaque point d'essai représente un cas différent justiciable d'une fumure NPK particulière. La productivité de chaque élément est très variable d'une station à l'autre :

- le phosphore qui est le seul élément à " marquer " à Betsizaraina n'a aucun effet à Antokofoana.
- inversement l'azote qui est inutile à Betsizaraina a un effet faible à Ambohitrakoho et une productivité extraordinaire à Antokofoana.
- l'effet de la potasse est par contre plus homogène et en moyenne plus faible.

3.3 - Essais complémentaires à Mahitsy

Les résultats de l'essai fumure minérale/ fumure organique sont précisés, dans le cas de Mahitsy, par ceux d'essais spécifiques à chaque élément.

Rappelons que les 3 dispositifs relatifs à P, K, les éléments secondaires et les oligoéléments ont également été mis en place sur des rizières non fertilisées et peu exploitées auparavant.

3.3.1 - Essai phosphore

Les résultats sont rassemblés dans les deux tableaux 10 et 11. Dans le premier, consacré à l'effet des différentes doses apportées sous la même forme (Hyper-Reno), on constate que :

- le témoin sans phosphore produit 40 à 50 qx/ha/an pendant les 4 cultures que dure l'expérience.
- les doses initiales 45 et 180 kg P_2O_5 / ha donnent la même production en première année. Par ailleurs on remarque que le traitement 180 kg P_2O_5 apportés initialement, sans apports d'entretien par la suite, produit autant en 4 ans que le traitement qui reçoit 45 kg P_2O_5 tous les ans, soit au total la même dose. Le phosphore n'est pas " bloqué " ou rétrogradé dans ce sol.

Dans le deuxième tableau, consacré à la comparaison des différentes formes d'apports d'une même dose. On constate que si les deux formes réputées plus solubles (phosphate d'ammoniaque et Supertriple) sont supérieures à l'HyperReno pendant les deux premières années, les trois formes sont équivalentes à partir de la troisième année. Cela confirme que la dose 45 kg P_2O_5 par ha par an est déjà excessive.

	0	45	45 ⁽¹⁾	0	45
dose initiale P ₂ O ₅	0	45		180	
dose entratien	0	45	45 ⁽¹⁾	0	45
74-75 var. 1632	40	45	-	48	-
75-76 " 2532	39	55	57	55	56
76-77 " 1285	37	49	49	49	50
77-78 " 1285	54	66	-	64	67

Tableau 10 - Mahitsy - Essai phosphore (Mh 02), rendement en qx de paddy/ ha en fonction des apports de P₂O₅ sous forme d'HyperReno en kg/ha.

(1) - avec réenfouissement des pailles de la culture précédente, alors qu'elles sont exportées sur tous les autres traitements.

Saison	45 P ₂ O ₅ sous forme			
	Témoin 0	Hyper Reno	Super Triple	Phosphate d'NH ₄
74-75	40	45	49	48
75-76	39	55	60	62
76-77	37	49	52	51
77-78	54	66	66	65

Tableau 11 - Mahitsy - Essai phosphore (Mh 02) rendement en fonction de la forme de phosphate.

N.B. Culture de blé en hiver 77.

La productivité du kg de P₂O₅ HyperReno est de 10 kg de paddy en effet direct la première année puis en moyenne de 30 kg/an en effet cumulé les années suivantes.

Pour le Supertriple et le phosphate d'ammoniaque, les valeurs sont respectivement de 20 et 35 kg;

Dans cet essai les pailles étaient enfouies sur un seul traitement, recevant par ailleurs 45 kg P₂O₅ /ha/an. Il ne produit pas plus que le témoin.

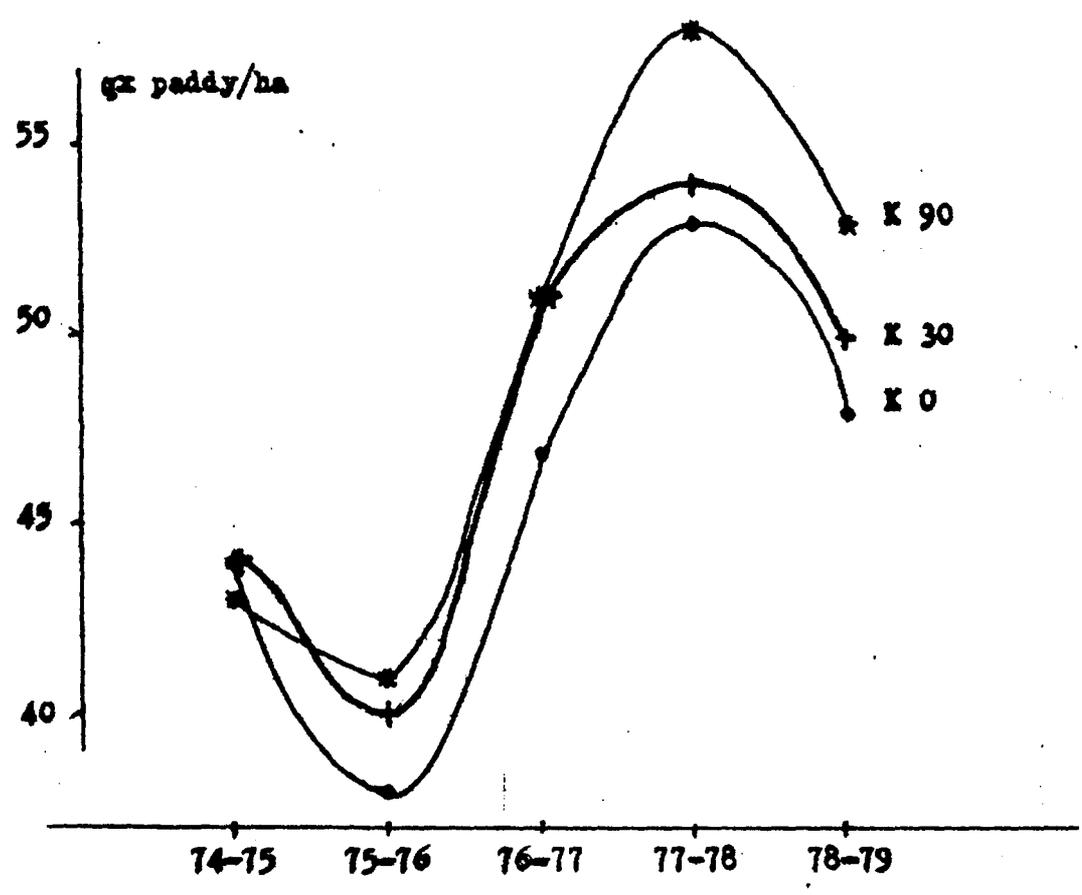


Figure 5 - Mahitsy - Essai potasse - traitements avec pailles exportées - Evolution des rendements.

3.3.2 - Essai potasse

Les résultats en sont reportés dans le tableau 12 et partiellement représentés dans la figure 5.

La production des traitements avec pailles enfouies est sensiblement supérieure à celle des traitements avec pailles exportées, tout apport d'entretien en K_2O sous forme minérale est alors inutile.

Si on exporte les pailles, grosses consommatrices de potasse, l'apport de 30 kg K_2O a un effet dès la deuxième année entraînant un supplément de production de l'ordre de 2 qx de paddy/ha (soit 6 à 7 kg de paddy par unité K_2O) qui se maintient au même niveau les années suivantes. La dose 90 " marque " par rapport à la précédente à partir de la 4ème année d'apports cumulés.

Saison	pailles exportées			pailles enfouies			
	K_2O	0	30	90	0	30	90
74-75		44	44	43	-	-	-
75-76		38	40	41	43	43	47
76-77		47	51	51	54	52	53
77-78		53	54	57	61	64	60
78-79		48	50	53	53	57	53

Tableau 12 - Mahitsy - Essai potasse -
Production en qx de paddy/ha.

On a prélevé dans chaque parcelle de cet essai des échantillons de sols et de plants à la fin de la deuxième récolte.

Les teneurs en N, P, Ca et Mg du paddy et des pailles étaient à peu près les mêmes quel que soit le traitement, celles en potasse étaient par contre bien différentes, soit en % de la matière sèche :

Traitements	Sans pailles			Avec pailles			
	dose K_2O	0	30	90	0	30	90
Dans le paddy		0,32	0,31	0,30	0,36	0,35	0,35
‡ les pailles		1,47	1,53	1,81	1,81	2,03	2,29

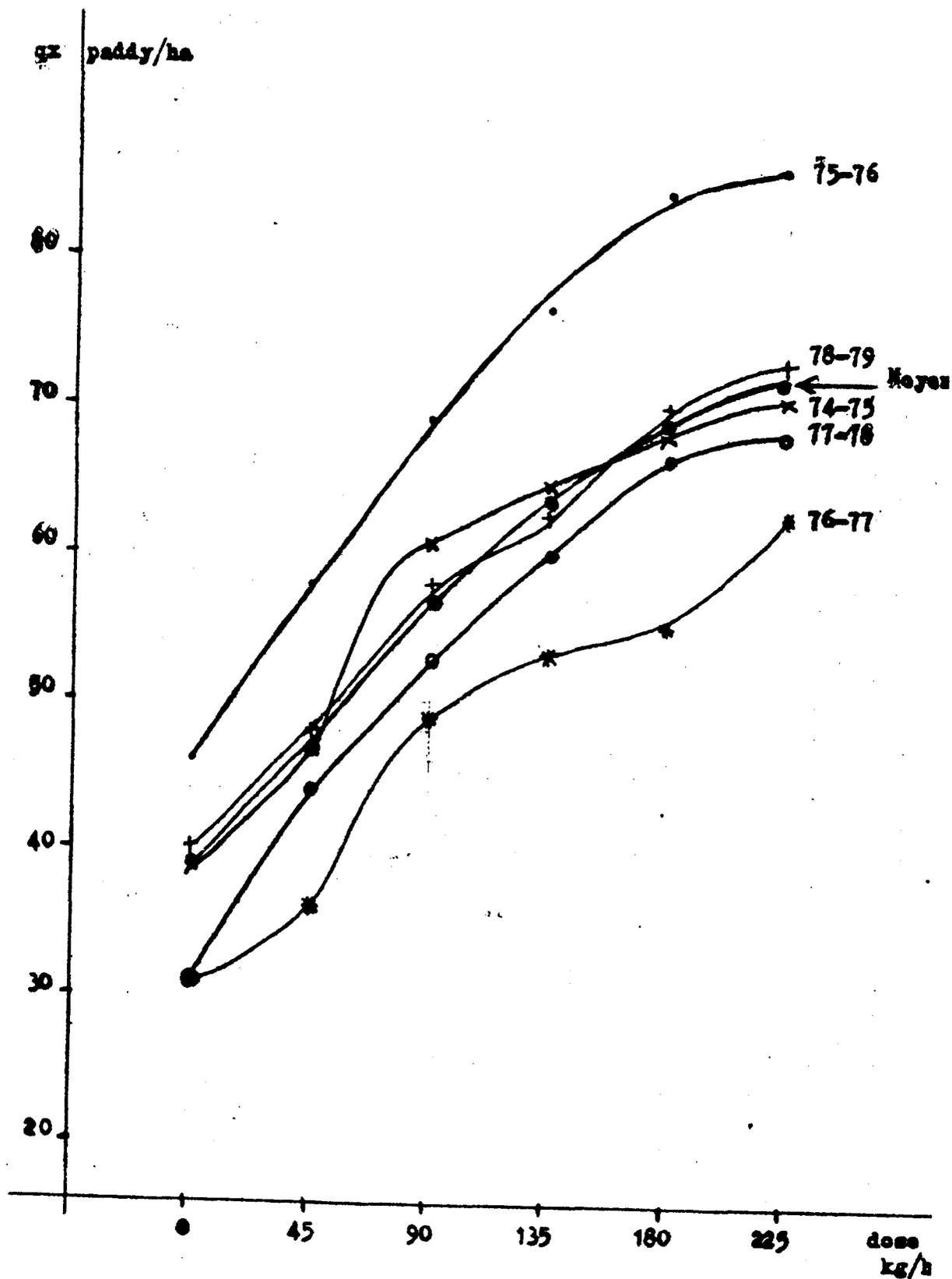


Figure 6 - Mahitsy - Essai azote - Production en gx de paddy/ha - Variété 1285

Les exportations en potasse dans les pailles peuvent augmenter de 30 à 50 % sans que les rendements de paddy s'améliorent.

Par ailleurs, les apports de potasse, ainsi que le réenfouissement des pailles, n'ont pas d'effet apparent sur la composition minérale du sol, horizon 0 - 20cm, après 2 cultures, au niveau du pH ainsi que de la potasse " échangeable " ou " totale " (NO_3H).

3.3.3 - Essai éléments secondaires et oligoéléments

Les résultats en sont reportés dans le tableau 13 ci-dessous, où l'on donne seulement la moyenne des sous-traitements avec ou sans réenfouissement des pailles, car ce facteur n'a aucun effet.

Ni le soufre, ni le calcium et/ou le magnésium, ni le silice, ni le nutramine (mélange d'oligoéléments) ne " marquent " après 4 cultures.

	Fumure complète	FC -S	FC - dolo	FC - Mg	FC - OE	FC +Silice
75-76	52	-----	-----	-----	-----	-----
76-77	55	54	53	57	55	58
77-78	38	41	43	40	43	39
78-79	47	47	46	45	50	47

Tableau 13 - Mahitsy - Essai oligoéléments - Production en qx de paddy par ha.

3.3.4 - Essai azote

Cet essai représente une situation différente, celle d'une culture intensive sur une longue période, plus de 20 ans -

Ses résultats pour la période 74-75 à 78-79, pour la seule variété 1285, voir tableau 14, représentés dans la figure 6 - montrent une bonne réponse à l'azote jusqu'à des doses élevées :

- de 0 à 90 kg N : le supplément de récolte est de 20kg de paddy par kg de N
- de 90 à 120 kg N : il est de 12 kg de paddy par kg de N additionnel
- de 180 à 225 kg N : la productivité marginale de l'unité

Sai- son	Nombre de va- riétés(1)	dose N(2) avec 90 P ₂ O ₅ - 90 K ₂ O (3)							
		00	0	45	90	135(4)	135	180	225
74-75	6	17	39	47	61	46	65	68	71
75-76	6	20	46	58	69	77	77	85	86
76-77	3	20	33	36	49	56	53	55	63
77-78	1	22	33	44	53	62	60	67	68
78-79	1	19	40	48	58	65	63	70	73
Moyenne		20	39	47	58	-	64	69	72

Tableau 14 - Mahitsy - Essai courbe de réponse à l'azote (Mh 04) variété 1285 - Rendement en qx de paddy par ha en fonction des doses d'azote en kg par ha.

- (1) la variété 1285 était présente chaque année
- (2) les doses étaient de 40 - 80 - 160 en 74-75
- (3) 60 P₂O₅ - 60 K₂O en 78-79
- (4) N 60 - P 60 - K 60 en 74-75 puis N 135 - P 60 - K 60 de 75-76 à 77-78 puis N 135 - P 45 - K 45 en 78-79

N.B. Culture de blé en hiver 77 (même dose d'engrais)

On remarque par ailleurs que :

- le témoin absolu (T00) produit régulièrement 20 qx de paddy par ha par an après 23 cultures consécutives.
- si le niveau moyen des rendements varie d'une année à l'autre, la réponse à N est relativement constante.
- La fumure PK complémentaire à dose 60 - 60 donne des résultats équivalents à ceux de la dose 90 - 90; elle est donc au moins suffisante.

Des prélèvements de sols, horizon 0 - 20 cm, ont été également effectués sur cet essai en Juin 1976 - soit après 25 cultures - l'influence des traitements est ici très nette - voir tableau 15 - On ne dispose pas d'analyse " au départ " pour cet essai. C'est le témoin absolu T00 qui nous en tiendra lieu en notant que sa teneur en carbone est sensiblement inférieure à celle du traitement correspondant dans l'essai " intensification " (tableau 5, p 17), la teneur en azote restant à peu près la même. Cela traduit une évolution normale de la matière organique sous l'effet de la mise en culture : pertes de carbone et humification.

"Elément "		témoin	PK + N =		
			00	0	90
Matiere organique %	C	39,7	40,5	41,0	42,5
	N	3,7	3,5	3,4	3,4
	C. humique	4,1	4,4		5,1
	C. Fulvique	5,0	5,2		5,4
Phosphore en % P ₂ O ₅	Total	1,58	2,03	2,07	1,97
	Olsen	0,41	0,60	0,71	0,61
Chang et Jackson	Soluble	0,01	0,01		0,01
	P Al	0,48	0,60		0,68
	P Fe	0,19	0,24		0,25
	P Ca	0,05	0,13		0,10
Bases "échangeables" me/100g	Ca	1,3	1,9	1,6	1,8
	Mg	0,5	0,5	0,4	0,5
	K	0,12	0,13	0,13	0,13
Bases "totales" me/100g	Ca	1,8	2,8		2,5
	Mg	3,3	3,1		3,2
	K	0,41	0,44		0,42

Tableau 15 - Mahitsy - Essai azote (Mh 04) - Analyse des sols- Laboratoire du GENRADERU - Prélèvement Juin 1976 - horizon 0 - 20 cm.

En présence de fumure NPK les pertes de carbone ont été moindres, ce qui peut être attribué à la formation d'une masse plus importante de racines et de chaumes (de 20 à 30 cm) tous les ans.

La teneur en P₂O₅ total passe de 1,6 ‰ sur le témoin à 2,0 ‰ en moyenne sur les traitements fertilisés. Cela représente l'accumulation de 1,2t/ha de P₂O₅ dans l'horizon superficiel; dont la moitié se retrouverait sous forme " labile " (P Olsen passant de 0,4 sur T00 à 0,6 ‰ sur les autres traitements).

Cet enrichissement porte également sur le Calcium " total " (NO₃H) dont les teneurs passent de 1,8 à 2,6 me/100g sous l'effet de la chaux fournie par le phosphate HyparReno - Ici aussi l'enrichissement total (environ 500 kg CaO/ha dans les 20 premiers cm) se retrouve pour moitié sous forme " échangeable ".

La fumure n'apportait pas de Magnésium, le stock de Magnésium " total " diminue légèrement, mais pas celui de Magnésium " échangeable " qui est donc encore convenablement approvisionné par le précédent.

Au niveau de la potasse il semble que l'on ait un équilibre. L'enrichissement sous forme " totale " est insignifiant (0,02 me/100g) soit encore 25 kg/ha sur 20cm) comparé aux quantités cumulées apportées. La teneur en K " échangeable " correspondant à cet équilibre est de 0,13 me K /100g.

4 - DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

La variété Rojofotsy 1285 a confirmé les qualités qui l'ont fait vulgariser et s'est avérée répondre aussi bien aux engrais que des variétés " plus modernes " à pailles courtes. C'est une excellente plante-test pour les essais de fumure dans les rizières des Hautes Terres. On peut en espérer un rendement régulier de 5t de paddy par ha avec une fumure d'entretien modérée, la production correspondante de pailles étant un peu supérieure à 5t par ha.

L'analyse des mobilisations minérales à la récolte montre que l'équilibre N - P₂O₅ - K₂O des exportations est du type :

- 2 - 1 - 1 : si l'on n'enlève que les grains
- 2 - 1 - 2,5 : si l'on enlève grains et pailles comme c'est l'usage.

Dans le premier cas il faut apporter environ 45 kg N, 26 kg P₂O₅ et 19 kg K₂O pour égaler les exportations d'une récolte de 5t de paddy. Dans le deuxième cas il en faudra respectivement 77, 37 et 100.

Ces chiffres montrent l'importance de l'option retenue pour le mode d'utilisation des résidus de récolte sur le bilan minéral de la rizière.

N.B. La différence est un peu atténué sur les Hautes Terres par l'habitude de laisser des chaumes de 20 à 30 cm de hauteur et de faire pâturer les rizières en hiver.

Le réenfouissement des pailles a entraîné un supplément de récolte de 5 à 6 qx de paddy par ha sur les traitements ne recevant pas de fumure minérale complémentaire, dans les 4 points d'essais. L'enlèvement des pailles, utilisées pour nourrir les boeufs en hiver, peut être compensé par l'apport du fumier produit par ces mêmes boeufs (à la dose de 5t de " poudrette " à l'hectare, autorisée par les méthodes d'élevage locales). Cet apport entraîne en moyenne un supplément de récolte de 6 à 7 qx de paddy par ha à peine supérieur à celui du réenfouissement des pailles.

Dans le cas de Betsizaraina où la carence en phosphore est un facteur limitant absolu, la productivité du fumier peut être bien meilleure : jusqu'à 20 qx de paddy par ha en 1978-79.

La réponse à la fumure minérale NPK est en moyenne beaucoup plus importante mais très différente d'une station à l'autre - voir tableau récapitulatif ci-après :

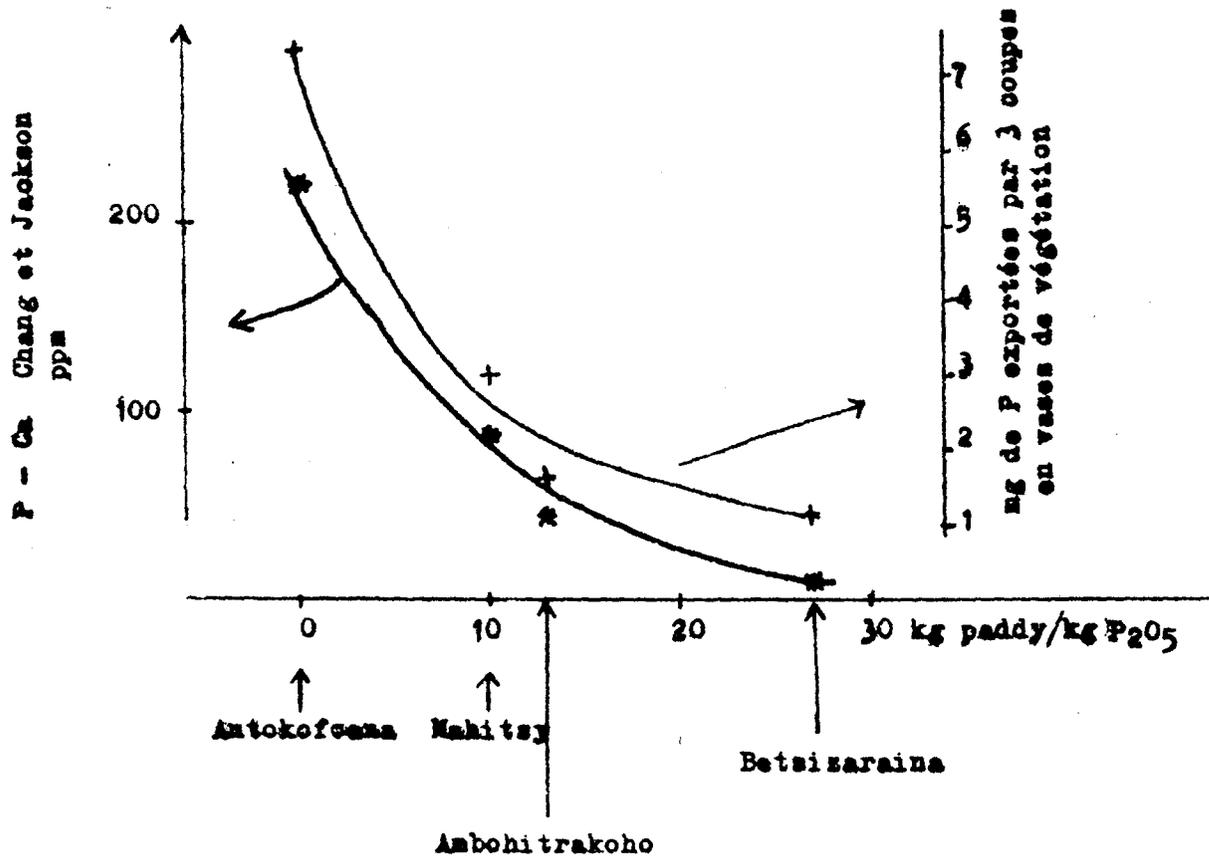


Figure 7 - Liaisons entre la productivité de la fumure minérale phosphatée (en kg paddy par unité fertilisante) et P - Ca Chang et Jackson de l'horizon superficiel (en ppm) ou la quantité de phosphore (en mg) exportée par 3 coupes d'un ray grass cultivé en vases de végétation avec ce même sol.

Lieu	engrais (dose)		
	N (90)	P ₂ O ₅ (45)	K ₂ O (60)
Mahitsy	11	10	7
Ambohitrakoho	1 puis 5	13	3
Antokofoana	28	0	8
Betsizaraina	0	27	2

Tableau 16 - Productivité des engrais (kg paddy/unité fertilisante) en culture continue avec exportation des pailles, dans les rizières récemment fertilisées.

Il est naturel d'essayer de rapprocher ces valeurs qui traduisent une réponse plus ou moins forte aux divers éléments des résultats d'analyse de sol données dans le tableau 1. Sans prétendre en tirer des relations statistiques car le nombre d'observations est bien trop faible.

La productivité de la fumure azotée n'a pu être reliée directement aux teneurs totales en C ou N du sol. Le seul facteur auquel il semble qu'on puisse rattacher la productivité de la potasse est le pH. Sa liaison avec la quantité de K échangeable est positive! On ne peut en imaginer une raison.

Pour le phosphore par contre, on trouve plusieurs corrélations rationnelles, entre la productivité de l'unité fertilisante P₂O₅ apportée et certains tests : valeur L, P Olsen et surtout P Chang et Jackson lié au Calcium (voir figure 7) ainsi qu'avec les résultats d'essais en vases de végétation :

production totale de matière sèche du traitement complet en 3 coupes (M.S) et quantité P exporté par cette matière sèche (voir figure 7) plus que le critère habituellement retenue :

production de fumure sans P
----- (FC - P / FC)
production de fumure complète

Des études de ce genre ont été entreprises par P. ROCHE à Madagascar il y a déjà une quinzaine d'année, et récemment à échelle plus vaste. Leurs conclusions pourraient servir de base à un nouveau programme sur cette question du phosphore.

Une démarche analogue pourrait être adoptée pour les autres éléments, et l'ensemble des résultats, en les complétant par d'autres données (telle que situation de la rizière, régime hydrique ...), traité par analyse multivariable pour obtenir une typologie des rizières relative à la fertilisation minérale.

Parmi les caractères à prendre en compte devra figurer la composition chimique des eaux de drainage, lui-même en liaison avec d'autres (position en tête de vallée ou plaine ...).

Les apports d'éléments fertilisants, notamment en potasse, qui en résultent seraient dans certains cas non négligeables, par exemple à Mahitsy (J. VELLY)

Un tel travail ne peut être mené qu'en collaboration entre agronomes, pédologues (chargés d'évaluer les surfaces couvertes par les différents types de rizière après avoir contribué à leur caractérisation) et les services de vulgarisation, seuls à même de fournir un réseau de parcelles d'observation suffisamment dense.

Pour l'instant on ne peut que confirmer l'utilité de la fumure minérale en général et l'intérêt de l'usage de plusieurs formules :

- pour les rizières du type de Mahitsy (seul cas où le dispositif était complet) une fumure NPK de type 2 - 1 - 1, ou même 2 - 1 - 0 si l'on réenfouit les pailles, au niveau 60 - 70 kg N + 30 - 35 kg P₂O₅ et 30 kg K₂O dans un premier stade. Ce qui pourrait être fournis par exemple par 150 kg d'urée et 200 kg d'un complexe PK 15 - 15 ou 17 - 17.

350 kg

Remarque - Au vu du seul essai fumure minérale/ fumure organique d'autres formules, telle que 1 - 2 - 1 auraient pu être également retenues. Ce qui montre l'insuffisance du dispositif. On peut lui appliquer la même critique qu'à celui qu'utilisa l'I.R.A.M. en 1962-64 (voir § 1-1 page 2) : l'équilibre NPK est déterminé a priori par le choix des doses choisies pour l'expérimentation (dans laquelle elles ne peuvent être mise en question).

- pour celles du type Ambohitrakoho la formule 11 - 22 - 16 actuellement vulgarisée paraît la mieux adaptée.

- pour celles du type Betsizaraina seul l'apport de phosphore peut être recommandé, en attendant que l'on identifie le ou les autres facteurs limitants.

- dans le cas d'Antokofoana on pourrait se contenter d'apporter de l'azote pendant quelques années puis

Les quatre stations peuvent être regroupées en 2 catégories :

- celles où la réponse au phosphore est la plus forte (Betsizaraina, Ambohitrakoho) et dans lesquelles la réponse à K et même N est inversement très faible.
- celles où la réponse à la potasse est claire, elles répondent également bien à l'azote et l'effet du phosphore y est moyen ou nul (Antokofoana, Mahitsy). Elles sont mieux drainées que les précédents (y-a-t'il une corrélation ?).

Dans les limites d'un aussi faible échantillonnage peut-être vaudrait-il mieux vulgariser deux formules:

- l'une : phosphate seul dans les rizières où P semble le facteur limitant plus ou moins absolu.

- l'autre à dominance azotée (type 2 - 1 - 1 par exemple) sur les autres rizières.

plutôt qu'une formule universelle à dominance phosphatée (type 1 - 2 - 1,5).

Restent à définir des critères d'identification assez simples pour permettre au paysan, voire au vulgarisateur, de classer telle ou telle rizière dans l'une ou l'autre catégorie.

La notion de formule moyenne n'a de sens que si cette moyenne est pondérée, c'est-à-dire dans la mesure où chaque type de rizière intervient dans son calcul proportionnellement aux surfaces qu'il représente réellement. Seule une étude en collaboration, telle qu'évoquée plus haut, pourra nous le permettre.

ANNEXE 1

Mahitsy - Campagne 75-76 - Mobilisation
minérale du riz

Méthode

Deux poquets sont prélevés au hasard sur les parcelles de chaque répétition des traitements retenus. On y mesure le nombre de panicules, le poids de grains et le poids de pailles. Puis on constitue un échantillon moyen sur lequel on estime le poids de 100 grains et dont on détermine la composition minérale (Laboratoire de Physiologie Végétale Appliquée du CENRADERU).

Essai " Intensification ", Mh 06

Variété	2532		1285		
	. 00	. 2fm	. 00	. 2fm	
Nombre de panicule/poquet	11,5	14	8,5	11	
Poids de paddy / poquet (g)	16,3	21,7	6,5	21,8	
Poids de pailles " (g)	16,5	19,5	18,1	23,9	
Poids de 100 grains (g)	2,9	2,6	3,2	2,8	
<hr/>					
Teneur du paddy	N	1,1	1,1	1,1	1,1
en % de la M.S	P	0,25	0,28	0,34	0,34
	K	0,35	0,35	0,40	0,45
	Ca	tr	tr	tr	tr
	Mg	0,14	0,13	0,14	-
<hr/>					
Teneur des pailles	N	0,7	0,7	0,7	0,7
	P	0,11	0,11	0,13	0,13
	K	1,3	1,05	1,4	1,05
	Ca	0,3	0,25	0,3	0,25
	Mg	0,07	0,07	0,09	0,09

Essai potasse - variété 2532 - Composantes du rendement et analyse chimique

-----	sans pailles			avec pailles			
	0	30	90	0	30	90	
Traitement, dose K ₂ O	0	30	90	0	30	90	
Nb panicules/poquet	13	12	11,5	13,5	11,5	12,5	
Poids de paddy/ " g	16	19	19	18,5	19	19	
Poids de pailles/ " "	16	17	18,5	16,5	16	17	
" 100 grains " "	2,5	2,6	2,3	2,5	2,8	2,6	
Teneur du paddy	N	1,0	0,95	1,05	0,9	0,9	0,9
en % de la M.S	P	0,26	0,25	0,24	0,26	0,24	0,26
	K	0,32	0,31	0,30	0,36	0,35	0,35
	Ca	0,06	0,10	0,01	0,03	0,02	0,01
	Mg	0,08	0,10	0,11	0,12	0,07	0,12
Teneur des pailles	N	0,85	0,85	0,85	0,8	0,7	0,7
en % de la M.S	P	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,06
	K	<u>1,47</u>	<u>1,53</u>	<u>1,81</u>	<u>1,81</u>	<u>2,03</u>	<u>2,29</u>
	Ca	0,41	0,35	0,32	0,40	0,41	0,37
	Mg	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	-