

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
DE MADAGASCAR

DIVISION AGROCHIMIE - SECTION PEDOLOGIE APPLIQUEE

ETUDE DE QUELQUES ROTATIONS CULTURALES EN
RIZIERES SUR DIVERS TYPES DE SOLS
A MADAGASCAR

P. Roche J. Velly

Février 1960

PR/MP

ETUDE DE QUELQUES ROTATIONS CULTURALES EN
RIZIERES SUR DIVERS TYPES DE SOL à MADAGASCAR

:-:-:-:-:

Peu d'études de rotations culturales ont été réalisées jusqu'à ce jour à Madagascar. Nous avons essayé de regrouper ici les résultats expérimentaux obtenus par différents services en particulier :

- Le service provincial de l'Agriculture de Tananarive
- Le Service de la Recherche Agronomique - Division étude des sols - Fertilisation - Lac Alaotra
- Le Service de la Conservation des sols - Tananarive
- La C.R.A.M. d'Ambatondrazaka.

Tous les projets d'essais, dont il est question dans cette étude, ont toutefois été réalisés par nous.

Nous étudierons successivement les rotations culturales en rizières réalisées:

- a)- sur alluvions fluviatiles d'origine ferrallitiques au lac Alaotra
- b)- sur sol de marais - sols hydromorphes - à Mahitsy (Tananarive) et au lac Alaotra
- c)- sur colluvions d'origine basaltique à Betafo.

:-:-:-:-:-:

Nous tenons à remercier ici tous les responsables des services techniques qui ont bien voulu collaborer à l'implantation de ces essais de rotation culturale et en particulier, Monsieur le Directeur de la Station Agronomique Alaotra, le Chef du Service provincial de l'Agriculture de Tananarive, le Chef du Service provincial des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols à Tananarive.

a)- Essais réalisés sur alluvions fluviatiles d'origine ferrallitique baibo (Lac Alaotra)

I/- L'essai de rotation culturale n°8 avait pour but d'étudier les rotations culturales suivantes sur quatre ans :

- N°1 - riz en culture continue pendant 4 ans -
- N°2 - { 3 ans de prairie Setaria sphacelata - Brachiaria bri-
 { zantha
 { 1 an de riz

- N°3 - (2 ans de prairie - Trèfle violet - Trèfle blanc - Chloris
(2 ans de riz
- N°4 - (1 an de culture fourragère } Melilotus altissima
(1 an de riz } Trèfle blanc
(1 an de culture fourragère } Melilotus altissima
(1 an de riz }
- N°5 - (riz }
(culture fourragère dérobée } chaque année
(poursuivie pendant 4 ans }

la culture fourragère d'intersaison utilisée était le soja - semé en juillet, récolté en vert en Novembre.

- N°6 - alternance (riz
2 ans (culture fourragère dérobée Soja
2 ans (riz
(engrais vert dérobé Soja

L'essai a été effectué de 1953-54 à 1956-57.

A la quatrième année de rotation culturale toutes les parcelles étaient cultivées en riz pendant la saison des pluies.

Les rendements moyens en paddy ont été les suivants en Tonnes/Ha.

Rotation	N°1		3t,600/ha
"	N°2	x	4t,480 -
"	N°3		3t,560 -
"	N°4	x	4t,000 -
"	N°5	x	4t,000 -
"	N°6		3t,680 -

La rotation n°2 : 3 années de prairies - 1 année de riz donne en quatrième année un rendement en paddy significativement supérieur aux rotations n°1 (riz en culture continue) n°3 (2 années riz - 2 années prairies) et n°6 (riz fourrage et riz engrais vert alternant)

Les rendements en paille sèche sont de l'ordre de 6t/ha/an.

Dans le tableau suivant nous avons résumé la production totale de paddy en tonne au cours des quatre années, la production totale de paille de riz, la production totale de fourrage vert, pour chaque rotation culturale.

Paille de riz et fourrage vert ont également été exprimés en unités fourragères. On a compté :

- 0,26 unité fourragère par kg de paille de riz
0,12 unité fourragère par kg de fourrage vert Setaria Brachiar^a
0,15 unité fourragère par kg de fourrage vert Chloris
0,13 unité fourragère par kg de fourrage vert (Trèfle
(Melilot
0,15 unité fourragère par kg de fourrage vert Soja

Ceci d'après l'étude réalisée par M. VAILLANT (1)

R o t a t i o n	Production en 4 ans				
	paddy en T/ha	paille de riz T/ha	unité fourragère u.f.	Fourrage T/ha u.f.	Total en u.f.
N°1 riz - riz - riz - riz	16t,07	24t,	6.240 uf		6.240
N°2 - 3ans prairies (bra- chiaria Setaria) - 1 an riz	4t,48	6t,	1.560 uf	100 t. (5 coupes)	12000 13.650
N°3 - 2ans prairies (chlo- ris - Trèfle) - 2 ans riz	9t,46	12t,	3.120	36 t. (4 coupes)	5.400 8.520
N°4 - 2ans fourrages (Meli- lot - Trèfle) - 2 ans riz	8t,00	12t,	3.120	19t,2	2.496 5.616
N°5 - riz fourrage dérobé Soja (4 ans)	16t,52	24t,	6.240	63t,3	9.495 15.735
N°6 - (riz fourrage dérobé } 2 (Soja) ans	16t,60	24t,	6.240	31t,6	4.740 10.980
(riz engrais vert dé- } 2 (robe Soja) ans					

La prairie de Setaria sphacelata + Brachiaria brizantha a fourni en 3 ans 100 tonnes de fourrages en 5 coupes .

1° année - 1° coupe 30t,8/ha de fourrage vert

2° année - (2° coupe 20t,4/ha " "
3° coupe 18t,2/ha " "

3° année - (4° coupe 22t,4/ha " "
5° coupe 8t,0/ha " "

.....

(1) Les aliments du bétail à Madagascar .. Service de l'Elevage Tananarive - Composition et valeur fourragère.

La prairie de Trèfle blanc - Trèfle violet - Chloris gayana a fourni en 2 ans 36 tonnes de fourrages verts en 4 coupes :

1^o année - { 1^o coupe 6t,8/ha de fourrage vert
 { 2^o coupe 8t,0/ha " "
2^o année - { 3^o coupe 14t,2/ha " "
 { 4^o coupe 7t,0/ha " "

Le fourrage Melilot - Trèfle blanc a fourni :
la 1^{ère} année 10t,2/ha de fourrage vert
la 3^e année 9t,0/ha de fourrage vert.

Le Soja en culture dérobée peut produire en moyenne 15t,8 de fourrage vert chaque année.

C O N C L U S I O N - La rotation culturale qui s'avère la plus intéressante au double point de vue, production de riz et production de fourrages (traduit en unités fourragères) est la rotation n^o5

{ riz de saison des pluies ~ 16t,60 de paddy
{ fourrage dérobé Soja d'intersaison - 15.735 unités fourragères

Cette rotation assure le plein emploi des sols d'alluvions fluviales d'origine ferrallitique (baibo).

II/- L'essai de rotation culturale n^o5 étudiait sur le même type de sol les rotations culturales suivantes :

Rotation n^o1 - riz pendant 4 ans

Rotation n^o2 - riz + fumure minérale NPK pendant 4 ans

Rotation n^o3 - { riz
 { Soja - Engrais vert en culture dérobée (pendant 4 ans)

Rotation n^o4 - 2 ans { riz
 { blé en culture dérobée

- 2 ans { riz
 { Soja - Engrais vert en culture dérobée

Rotation n^o5 - { riz
 { Haricots graines en culture dérobée (pendant 4 ans)

Rotation n^o6 - { Riz
 { Soja Fourrages en culture dérobée (pendant 4 ans)

L'essai a été réalisé de 1953 à 1957.

A la fin du premier cycle de rotation culturale (4 ans) les rendements en paddy obtenus pour les différents antécédents culturaux ont été les suivants, en tonnes/ha :

Rotation n^o1 4t,80/ha
Rotation n^o2 4t,95
Rotation n^o3 5t,0

Rotation n°4	4t,80
Rotation n°5	4t,85
Rotation n°6	5t,75

Statistiquement la production de paddy sur le traitement n°6 est significativement supérieure aux traitements n°1 - n°4 et n°5.

L'alternance Riz-Fourrage dérobé, a élevé significativement la production de paddy par rapport aux rotations.

{ Riz en culture continue	N°1
{ Riz/blé - Riz/Soja	N°4
{ Riz/haricots	N°5

Nous avons résumé dans le tableau suivant les rendements obtenus en quatre années pour les différentes rotations culturales.

Rotation	Production en 4 ans					TOTAL en u.f.
	Paddy en tonnes/hectares	Paille de riz Tonnes/ha	Unités fourragères	Fourrage T/ha	Divers u.f./kg/ha	
N°1 - Riz (4 ans)	17t,60	15t,15	3.939			3.939
N°2 - Riz + NPK (4ans)	18t,75	15t,80	4.108			4.108
N°3 - Riz - Soja engrais vert dérobé (4 ans)	19t,50	16t,50	4.290			4.290
N°4 { riz 2ans { blé culture (dérobée 2ans { riz { Soja engrais { vert dérobé	18t,55	15t,50	4.030		Blé 1.030kg	4.030
N°5 { riz 4ans { haricots cul- (ture dérobée	18t,55	15t,50	4.030		Hari- cots grains 921 kg	4.030
N°6 4ans { riz { Soja fourra- { ge dérobé	19t,30	16t,50	4.290	46t,5	6975	11.265

Les rendements obtenus en Soja fourrage dérobée d'intersaison sont de l'ordre de 11t,6/ha/an, ils sont relativement faible, ces terrains récupérés sur des rizières très anciennement cultivées par le village d'Ambohimanga ne se prêtent guère aux cultures d'intersaison. Ils sont particulièrement pauvres en azote nitrique et en azote ammoniacal.

Cela explique la faiblesse des rendements obtenus en blé Ariana

{ 400k/ha en 1953
{ 630k/ha en 1955

et en Haricots grains { 250k/ha en 1953
{ 200k/ha en 1954
{ 321k/ha en 1955
{ 150k/ha en 1956

C O N C L U S I O N -

La rotation culturale qui s'avère à nouveau la plus intéressante au double point de vue production de riz et production de culture dérobée (blé - haricots ou Fourrage) est la rotation n° 6 Riz - Soja fourrage en culture dérobée.

III/ - L'essai de rotation n°21 a permis d'étudier sous de très forts apports d'engrais minéraux l'alternance annuelle :

{ riz de saison des pluies
{ Blé Ariana de saison sèche en culture irriguée.

Les apports d'éléments fertilisants suivant ont été réalisés.

	1953-1954		1954-1955		1955-1956		1956-57	1957-58
	sur blé	sur riz	sur blé	sur riz	sur blé	sur riz	sur blé	sur blé
1 Témoin	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
2 - N	40k N au tallage	200k/ha sulfate N.H.4	NO ³ K 100k/ha		Ammonitrate 200k/ha			
3 - N ₂	40k N tallage 20 KN floraison	400k/ha sulfate N.H.4	NO ³ K 200k/ha		Ammonitrate 400k/ha			
4 - N ₃	40k N tallage 20k N floraison 20k N épisais	600k/ha sulfate N.H.4	NO ³ K 300k/ha		Ammonitrate 600k/ha			
5 - P.K.	60 k N tallage	400k/ha phosphate bical 200k/ha Clk	phos.bical 200k/ha Clk 150k/ha		phos.bical 400k/ha Clk 150k/ha			
6 - N ₁ PK	60k N tallage 25k N floraison	200k/ha SO ⁴ NH ₄ 400k/ha Phos.bical 200k/ha Clk	NO ³ K 100k/ha phos.bical 200k/ha Clk 150k/ha		Ammonitrate 200k/ha phos.bical 400k/ha Clk 150k/ha			
7 - N ₂ PK	60k N tallage 25k N floraison	400k/ha SO ⁴ NH ₄ 400k/ha Phos.bical 200k/ha Clk	NO ³ K 200k/ha phos.bical 200k/ha Clk 150k/ha		Ammonitrate 400k phos.bical 400k Clk 150k			
8 - N ₃ PK Ca	80 k N tallage	600k/ha SO ⁴ NH ₄ 400k/ha Phos.bical 200k/ha Clk 1 T/ha calcaux	NO ³ K-300k/ha phos.bical 200k/ha Clk-150k/ha		Ammonitrate 600k/ha phos.bical 400k/ha Clk-150k			

Mêmes doses d'engrais qu'en 1954

Mêmes doses d'engrais qu'en 1954

Mêmes doses d'engrais sur blé qu'en 1955

Mêmes doses d'engrais sur blé qu'en 1955

Les apports d'engrais minéraux sur riz ont été arrêtés en 1956.

Par contre les apports d'engrais minéraux sur blé ont été poursuivis jusqu'en 1958.

Rendement en Blé-Ariana en T/ha

		I n t e r s a i s o n				
		1953	1954	1955	1956	1957
1	témoin	1t,366	0t,829	0t,830	1t,180	0t,737
2	N ₁	2t,343 _x	1t,527 _x	1t,508 _x	2t,058 _x	1t,410 _x
3	N ₂	2t,263 _x	1t,554 _x	2t,260 _x	2t,530 _x	1t,990 _x
4	P ₃	2t,536 _x	1t,793 _x	2t,117 _x	2t,410 _x	1t,872 _x
5	P ₂ K	2t,250 _x	1t,004	1t,662 _x	2t,180 _x	1t,021
6	N ₁ P K	2t,051 _x	1t,034	1t,759 _x	2t,262 _x	1t,419 _x
7	N ₂ P ₂ K	2t,268 _x	1t,580	2t,433 _x	2t,402 _x	2t,070 _x
8	N ₃ P ₂ K-Ca	2t,221 _x	1t,648 _x	2t,311 _x	2t,245 _x	2t,205 _x
non diffé- rents entre eux.		N ₁ et N ₂ sont les meilleurs traite- ments.		N ₂ est le meilleur traitement	non dif- férents entre- eux	N ₂ > N ₁ N ₂ P ₂ K

x = traitements significativement supérieurs au témoin à la probabilité 5 %

Le traitement N₂ (nitrate de potasse 200k/ha ou Ammonitrate 400k/ha) est toujours significatif et s'avère être le traitement le plus économique pendant les six années d'essai.

Il faut remarquer que malgré les très fortes doses de fumures minérales utilisées on a jamais pu, avec la variété de blé Ariana, dépasser le rendement de 25 quintaux à l'ha. On se heurte là à un défaut du à la variété de blé cultivé. Le blé Ariana talle très peu et contient peu de grains par épis.

Pour la bonne réalisation de l'essai, il était cependant indispensable de maintenir la même variété cultivée.

Rendement en paddy T/ha

	arrière action				
	1954	1955	1956	1957	1958
1 - témoin	2t,621	3t,390	4t,372	4t,475	5t,910
2 - N ₁	3t,135	3t,680	5t,160	5t,570 _x	8t,810 _x
3 - N ₂	3t,196	4t,035	5t,160	5t,002	6t,990 _x
4 - N ₃	3t,226 _x	3t,780	5t,505 _x	5t,505 _x	7t,210 _x
5 - P ₂ K ₂	3t,724 _x	4t,085	5t,340 _x	5t,490 _x	7t,450 _x
6 - N ₁ P ₂ K ₂	3t,879 _x	4t,335	5t,660 _x	5t,105 _x	7t,470 _x
7 - N ₂ P ₂ K ₂	3t,439 _x	4t,205	4t,930	5t,210	7t,190 _x
8 - N ₃ P ₂ K ₂	3t,609 _x	4t,640	5t,270	5t,391 _x	8t,090 _x
	variété Makalioka 823			variété M.K. 34	

x traitements significativement supérieurs au témoin à la probabilité 5 %

En deuxième année d'arrière action tous les traitements sont significativement supérieurs au témoin.

Grâce à l'utilisation de la variété Makalioka 34, les rendements en paddy sur les meilleures parcelles ont pu être portés à 8t/ha.

Les rendements en paddy grâce aux très importants apports de fiente n'ont pas cessé de croître depuis 1953-54.

C O N C L U S I O N - Cet essai prouve^{que} sur les alluvions ferrallitiques fluviatiles (Baïto) on a pu arriver à produire annuellement :

- { 8 tonnes de paddy en saison des pluies
- { 2 tonnes de blé en saison sèche sous irrigation

Les fumures minérales apportées sont assurément non rentables en début d'opération, mais si leur arrière action se fait encore sentir pendant plusieurs années, les apports minéraux ne tarderont pas à devenir rentables. De toutes façons, des rendements de l'ordre de 10t/ha/an de grains (Riz et blé) ne seront obtenus sur ce type de sol qu'à l'aide de fort apport d'engrais minéraux particulièrement d'azote.

Le traitement N₂ comportant annuellement :

66k/ha d'azote sur blé
40k/ha d'azote sur riz

est le seul traitement à retenir dans cette expérimentation.

En l'utilisant de façon continue les plus forts rendements obtenus en Europe sur céréales (Riz + Blé) peuvent être atteints sur le type de sol considéré.

IV/- L'Essai de rotation culturale n°15 - Riz-Soja-Blé a permis de comparer diverses cultures dérobées en rizières combinées avec des apports d'engrais minéraux.

	I n t e r s a i s o n	Saison des pluies
Rotation n°1	Soja + N P K fourrage	Riz
Rotation n°2	Soja + $\frac{1}{2}$ dose N P K _o fourrage	Riz + $\frac{1}{2}$ dose N _o P _o K _o
Rotation n°3	Soja fourrage	Riz + N _o P _o K _o
Rotation n°4	Soja fourrage	Riz
Rotation n°5	Blé + N _o P _o K _o	Riz
Rotation n°6	Blé + $\frac{1}{2}$ dose N _o P _o K _o	Riz + $\frac{1}{2}$ dose N _o P _o K _o
Rotation n°7	Blé	Riz + N _o P _o K _o
Rotation n°8	Blé	Riz
Rotation n°9	Néant jachère	Riz + N _o P _o K _o
Rotation n°10	Néant jachère	Riz

N = 200 k/ha - Sulfate d'ammoniaque sur Riz ou Ammonitrate sur blé

P = 350 k/ha - phosphate bicalcique de 1953-54 à 1955-56

400 k/ha - phosphate bicalcique depuis 1956-57

K = 200 k/ha chlorure de potasse

Cet essai a été réalisé de 1953 à 1958.

- 11 -
Tableau des rendements en T/Ha

	1953-1954		1954-1955		1955-1956		1956-1957		1957-1958	
	Blé Soja	riz	Blé Soja	riz	Blé Soja	riz	Blé Soja	riz	Blé Soja	riz
1.-Soja + N.P.K.Riz		4t,978x	Soja 38t	4t,668	Soja 33t,1	5t,080	Soja 31t,6	6t,620x	Soja 26t,30	9t,093x
2.-Soja + 1/2 N.P.K. Riz		5t,070x	Soja 38t,8	4t,784x	Soja 26t,5	5t,710	Soja 31t,3	6t,300 x	Soja 17t,80	8t,700x
3.-Soja-Riz N.P.K.		5t,327x	Soja 38t	4t,501x	Soja 20t,8	5t,730x	Soja 28t,0	6t,662x	Soja 16t,65	8t,062x
4.-Soja riz	Résultats non relevés	5t,055x	Soja 33t,3	4t,781x	Soja 16t,8	5t,460x	Soja 27t,3	6t,158x	Soja 15t,85	9t,700x
5.-Blé + N.P.K. Riz		4t,632x	Blé 1t,330	4t,328x	Blé 0t,927	5t,730x	Blé 1t,905	6t,256x	Blé 1t,580	9t,106x
6.-Blé + 1/2 N.P.K. Riz + 1/2 N.P.K.		4t,771x	Blé 1t,535	4t,597x	Blé 0t,640	5t,410x	Blé 1t,790	6t,018x	Blé 1t,608	9t,556x
7.-Blé-Riz + N.P.K.		4t,619x	Blé 1t,395	4t,300x	Blé 0t,439	5t,140x	Blé 1t,310	6t,140x	Blé 1t,124	8t,581x
8.- Blé - Riz		4t,713x	Blé 1t,205	4t,466x	Blé 0t,331	4t,770	Blé 1t,510	5t,415	Blé 0t,912	8t,487x
9.- Néant Riz+N.P.K.		5t,036x		4t,420x		5t,230x		6t,784x		8t,500x
10.- Néant Riz-témoin		3t,724		3t,425		3t,920		5t,251		7t,450

Variété cultivées

NK 823

NK 823

NK 823

NK 823

NK 34

x = traitements supérieurs au témoin (rotation n°10) à la probabilité 5 %

En 1956 et 1957 on observe un fléchissement des rendements en paddy sur la rotation Blé Riz sans apport d'engrais (N°8), seul ce traitement n'est pas significativement supérieur au témoin. En 1958 l'utilisation de la variété de riz Makalioka 34 a très nettement élevé les rendements en paddy, le fléchissement de rendement sur la rotation n°8 (Blé-riz) est encore net quoique moins marqué.

La rotation culturale Soja fourrage/Riz (N°4) prend nettement la tête au point de vue rendement en paddy.

Le tableau ci-joint résume les résultats de l'essai de rotation culturale en 5 ans.

R o t a t i o n	Récolte totale en 4 ans en T/ha		
	Blé Tonne/ha	Soja T/ha Fourrage vert	Paddy Tonne/ha
N°1 Soja + NPK Riz		129 T	30t,439
N°2 Soja $\frac{1}{2}$ NPK - Riz $\frac{1}{2}$ NPK		114t,4	30t,564
N°3 Soja Riz NPK		103t,4	30t,282
N°4 Soja Riz		93t,2	31t,151
N°5 Blé NPK Riz	5t,742		30t,052
N°6 Blé $\frac{1}{2}$ NPK Riz $\frac{1}{2}$ NPK	5t,573		30t,352
N°7 Blé Riz NPK	5t,268		28t,880
N°8 Blé Riz	3t,958		27t,851
N°9 Néant Riz NPK			29t,970
N°10 Néant Riz			23t,670

	Rendement moyen ha/an		
	Blé	Soja fourrage vert	Paddy
N°1 - Soja + NPK/Riz		32t,2	5t,980
N°2 - Soja $\frac{1}{2}$ NPK/Riz $\frac{1}{2}$ NPK		22t,8	6t,112
N°3 - Soja/Riz NPK		20t,6	6t,056
N°4 - Soja/Riz		18t,6	6t,230
N°5 - Blé + NPK/Riz	1t,435		6t,010
N°6 - Blé + $\frac{1}{2}$ NPK/Riz $\frac{1}{2}$ NPK	1t,393		6t,070
N°7 - Blé/Riz NPK	1t,317		5t,770
N°8 - Blé/Riz	0t,989		5t,570
N°9 - Néant - Riz NPK			5t,994
N°10 - Néant - Riz			4t,734

C O N C L U S I O N. - Compte tenu des faibles rendements obtenus en Blé Ariana en contre-saison (1t,400/ha au maximum), il semble que la rotation culturale la plus économique et la plus rentable soit la double culture annuelle Soja fertilisé (NPK) Riz (traitement n°1).

L'apport de fourrage vert Soja en Octobre-Novembre à l'époque où se pose avec le plus d'acuité le problème de la nourriture du bétail doit permettre la réalisation d'un élevage rationnel.

Toutefois si le Blé pouvait trouver un débouché intéressant et surtout si des rendements supérieurs à 15 quintaux/ha pouvaient être obtenus la rotation n°5 : Blé fertilisé (NPK) Riz pourrait être économiquement applicable.

L'apport d'engrais minéraux sur Blé pourrait d'ailleurs se limiter à l'azote (66k/ha d'azote en provenance de l'Ammonitrate) ainsi que l'a prouvé l'essai de rotation n°21 analysé ci-dessus.

V/- L'essai de rotation culturale n°19 avait pour but de mettre au point les apports d'engrais minéraux à réaliser dans la double culture annuelle en rizière Engrais vert Soja - Riz.

Les traitements suivants étaient étudiés

	Intersaison	Saison	
1 -	Soja + N ₁ P ₁ K ₁	Riz	Engrais apportés sur Soja
2 -	Soja + N ₁	Riz	(N ₁ Ammonitrate 200k/ha P ₁ Phosphate bical 250k/ha à 40 % K ₁ Sulfate potasse 100k/ha à 50 %
3 -	Soja + P ₁	Riz	
4 -	Soja	Riz + N ₂ P ₂ K ₂	
5 -	Soja	Riz + N ₂ P ₂	Engrais apportés sur Riz
6 -	Soja	Riz + P ₂	N ₂ sulfate d'ammoniaque 300k/ha à 20 %
7 -	Néant	Riz + N ₂ P ₂ K ₂	P ₂ phosphate tricalcique 400k/ha à 25 %
8 -	Néant	Riz	K ₂ sulfate de potasse 100k/ha à 50 %

Au cours de quatre années d'expérimentation on a pu observer les rendements suivants en fourrage vert Soja et en paddy.

	1954-1955		1955-1956		1956-1957		1957-1958		Moyenne	
	Soja	Riz	Soja	Riz	Soja	Riz	Soja	Riz	Soja	Riz
1 - Soja + N ₁ P ₁ K ₁ - Riz	42t,2	4t,720 _x	29t,5	4t,880 _x	29t,0	4t,720 _x	21t,0	8t,073 _x	30t,4	5t,59
2 - Soja + N ₁ - Riz	37t,3	4t,840 _x	29t,2	4t,760 _x	27t,6	5t,440 _x	14t,0	8t,073 _x	27t,0	5t,77
3 - Soja + P ₁ - Riz	37t,3	4t,520 _x	27t,2	5t,150 _x	27t,8	5t,280 _x	16t,8	7t,986 _x	27t,2	5t,73
4 - Soja - Riz + N ₂ P ₂ K ₂	40t,52	5t,400 _{xx}	26t,7	4t,240 _x	26t,8	5t,760 _{xx}	15t,9	8t,260 _{xx}	27t,4	5t,91
5 - Soja + riz + N ₂ P ₂	41t,44	4t,280 _x	26t,7	4t,880 _x	30t,6	5t,720 _{xx}	17t,3	8t,266 _{xx}	29t,0	5t,78
6 - Soja - Riz + P ₂	40t,72	4t,400 _x	26t,1	4t,200 _x	32t,3	4t,720 _x	16t,7	8t,026 _x	28t,8	5t,33
7 - Néant - Riz + N ₂ P ₂ K ₂		4t,020 _x		4t,200 _x		5t,000 _x		7t,366 _x		5t,14
8 - Néant - Riz		3t,080		2t,720		3t,280		5t,800		3t,72
Variétés cultivées		N.K.823		N.K.823		N.K.823		N.K.823		

x traitements significativement supérieurs au témoin
 xx traitements supérieurs à d'autres traitements

En dernière année d'essai les traitements Soja - Riz NPK et Soja Riz NP viennent en tête et sont significativement supérieurs au traitement Riz + NPK.

Cette supériorité se retrouve d'ailleurs en 1956-57. Au point de vue production de Soja fourrage vert, il semble que la date d'apport des engrais minéraux ait peu d'influence sur le rendement.

C O N C L U S I O N - La fumure minérale la plus économique sur la double culture annuelle Soja - Riz est la formule NP (sulfate d'ammoniaque 200 - 300k/ha, Phosphate tricalcique 400k/ha) apportée sur Riz.

On pourrait se limiter peut être à l'apport de N (traitement n°2).

Les rendements moyens en Soja fourrage vert au cours des quatre années d'essai oscillent entre 27 et 30t/ha, ils sont peu influencés par les apports de fumure minérale.

Au cours des quatre années d'essai le traitement Soja-Riz NPK (N°4) produit en moyenne chaque année 2t,200 de paddy de plus que le traitement Témoin; le traitement Soja + N - Riz (N°2) produit en moyenne chaque année 2T de paddy de plus que le traitement témoin.

Ces augmentations de rendement sont hautement significatives.

VI/- Essai de rotation n°20 - Divers essais ont fait alterner des légumineuses fourragères, cultivées en intersaison, avec le Riz cultivé en saison des pluies.

Essai n°20 a)

	Intersaison	Saison
Traitement 1-	Soja	Riz
2-	Trèfle violet	Riz
3-	Trèfle blanc	Riz
4-	Melilot	Riz
5-	Néant	Riz

Il n'y a jamais eu d'apports d'engrais et les fourrages ont été exportés chaque année (fauchage à la floraison).

Rendement en fourrage vert en tonnes/ha et
rendement en paddy

	1954-1955		1955-1956		1956-1957		1957-1958		Moyenne	
	Four- rage	Riz	Four- rage	Riz	Four- rage	Riz	Four- rage	Riz	Four- rage	Riz
Soja - Riz	38t,5	3t,770	17t,8	4t,300	21t,0	5t,437x	14t,0	8t,695x	22t,8	5t,500
Trèfle violet - Riz	13t,0	3t,400	4t,3	3t,991	12t,6	5t,502x	11t,4	8t,345x	10t,3	5t,309
Trèfle blanc - Riz	3t,5	3t,133	4t,35	4t,320	5t,90	5t,475x	12t,10	8t,327x	6t,4	5t,313
Melilot - Riz	6t,5	3t,379	8t,5	4t,075	22t,3	5t,115x	10t,5	8t,045x	11t,9	5t,263
Témoin - Riz		3t,126		3t,987		4t,410		6t,955		4t,619
Variété Riz		MK.823		MK.823		MK.823		MK.34		

x traitements significativement supérieurs au témoin

Accroissement des rendements en paddy en kg/ha par rapport au témoin pour les deux dernières années d'essai

	1956-1957	1957-1958
Soja/riz	1027 kg	1.740 kg
Trèfle violet/riz	1092 kg	1.390 kg
Trèfle blanc/riz	1065 kg	1.372 kg
Melilot/riz	705 kg	1.090 kg
Néant/riz	témoin	témoin

L'influence des légumineuses fourragères, pour lesquelles la partie aérienne est exportée comme fourrage vert alors que les racines retournent au sol, après l'avoir enrichi par leurs nodosités, se fait nettement sentir sur les rendements en paddy à partir de la 3^e année de culture dérobée.

Le Soja fourrage vient en tête et fournit à la fois les plus forts tonnages de fourrages verts (22t,8/ha en moyenne) et les plus fortes augmentations de rendement en paddy par rapport au témoin.

Trèfle violet et Melilot fournissent ensuite les plus forts rendements de fourrage vert. Il faut constater que les rendements en vert de Trèfle et de Melilot vont en s'améliorant au cours des années. Le Melilot en particulier a atteint en 1957-58 sur des parcelles voisines de l'essai des rendements de l'ordre de 25t/ha de fourrage vert.

Le Melilot annuel "Melilotus altissima" est utilisé, cette légumineuse fournit abondamment des graines.

C O N C L U S I O N - Cet essai confirme les résultats obtenus par les essais de rotation culturale (essai n°15) en particulier.

Le Soja fourrage, restituant au sol les parties racinaires riches en nodosités fixatrices d'azote, arrive à élever très significativement les rendements en paddy. Les augmentations de rendement en paddy par la culture dérobée de Soja fourrage sont de l'ordre de 1t,7/ha dans l'essai actuel n°20, et de 1t,5/ha dans l'essai n°15 déjà décrit.

Les autres légumineuses tempérées - Trèfle et Melilot produisent un tonnage de fourrage vert moins important mais arrivent à élever très significativement les rendements en paddy. Le Trèfle violet et le Trèfle blanc, légumineuses pluriannuelles devraient être laissés plusieurs années sur le terrain (Rotation - riz - Prairie).

Le Melilot par contre doit pouvoir utilement se comparer au Soja.

b)- Essais réalisés sur Sols hydromorphes - Mahitsy (Tananarive) et Lac Alaotra.

I/- L'essai 6^e série - Rotation culturale réalisée à Mahitsy a permis d'étudier les rotations suivantes :

Traitements	Intersaison	Saison des pluies
1	Soja + N.P.K.	Riz
2	Soja	Riz + N.P.K.
3	Soja	Riz
4	Blé + N.P.K.	Riz
5	Blé	Riz + N.P.K.
6	Blé	Riz
7	Néant	Riz + N.P.K.
8	Néant	Riz - Témoin

N = sulfate d'ammoniaque
150k/ha
P = phosphate tricalcique
300k/ha
K = chlorure de potasse
100k/ha

! Le Soja est considéré comme plan-
! te fourragère, partie aérienne
! exportée.

Rendements en kg/ha

	1954-1955	1955-1956	1956-1957	Moyenne
	Fourrage blé:Paddy	Fourrage blé:Paddy	Fourrage blé:Paddy	Paddy
1 - Soja N.P.K. - Riz	Soja 3320kg :1229kg/ha	Soja 1.364kg:1694kx	Soja néant :2630kx	1.851kg
2 - Soja Riz N.P.K.	Soja 5200kg :1125	Soja 1.004kg:1261x	Soja néant :1484k	1.290kg
3 - Soja Riz	Soja 3240kg :1170	Soja 784kg :866	Soja néant :1507k	1.156kg
4 - Blé N.P.K. - Riz	Blé néant :1458kgx	Blé 128kg:1886kx	Blé 102k :2232kx	1.855kg
5 - Blé Riz N.P.K.	Blé néant :1136	Blé 44kg :967	Blé 42k :2260kx	1.554kg
6 - Blé - Riz	Blé néant :1143	Blé 40k :891	Blé 30k :1650k	1.228kg
7 - Néant - Riz N.P.K.	:1251	:1762x	:2363kx	1.792k
8 - Néant - Riz	:713	:810	:953k	825k

x traitement significativement supérieurs au témoin.

La gelée du 19 août 1956 a anéanti le Soja cultivé sur les parcelles 1 - 2 et 3.

Le blé n'a jamais donné de résultat en contresaison à Mahitsy. Cette culture dérobée doit être abandonnée. Cependant le fait de cultiver le sol pendant l'intersaison amène une légère augmentation (non significative) de la production de paddy.

Le Soja donne des faibles rendements en fourrage vert, il produit au maximum 5T/ha, mais la gelée d'août peut certaines années anéantir ce fourrage. Il semble préférable d'apporter la fumure minérale N.P.K. sur la culture dérobée. Le traitement n°1 Soja N.P.K.-Riz amène en troisième année d'essai par rapport au témoin, une augmentation de rendement en paddy de 1677kg/ha; la fumure minérale N.P.K. apportée seule sur riz, sans culture dérobée de Soja en intersaison élevé le rendement en paddy par rapport au témoin de 1410kg/ha.

La culture dérobée de Soja ne peut donc pas être conseillée utilement pour les conditions écologiques de Mahitsy-Tananarive.

La faiblesse des rendements obtenus en paddy met l'accent sur la faiblesse originelle des sols de la plaine de Mahitsy.

II/- L'essai 12e série - Mahitsy - Rotation culturale a permis d'étudier les rotations culturales indiquées dans le tableau ci-dessous.

Les apports d'engrais et les rendements obtenus en avoine et en paddy sont également exprimés en ha dans le tableau suivant :

.....

Intersaison	Saison	Rendement en kg/ha		
		Avoine grain	Avoine four- rage vert	Paddy
1 Néant	Riz + P NPK			x 1924k
2 Avoine fourrage + P NPK	Riz		4.990kg	x 1308k
3 Avoine fourrage + FN ₂ PK	Riz		6.480kg	x 1457k
4 Avoine grain + F NPK	Riz	704 k		x 1868k
5 Avoine grain + F ₂ N ₂ P ₂ K ₂	Riz	1380k		x 2189k
6 Néant	Riz			742k

x traitements significativement supérieurs au témoin

F₁ = 5t/ha fumier de ferme

F₂ = 10t/ha fumier de ferme

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1 = 30\text{kg d'azote/ha} \\ N_2 = 60\text{kg d'azote/ha} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} P_1 = 100\text{k } P^{20}_5/\text{ha} \\ P_2 = 200\text{k } \quad \quad \quad \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 = 75\text{k/ha } K^{20}/\text{ha} \\ K_2 = 150\text{k/ha } K^{20}/\text{ha} \end{array} \right.$$

La culture dérobée d'avoine semble être à Mahitsy une spéculation intéressante.

Récoltée en grains l'avoine fournit-avec la fumure F^{NPK} 704kg de grains et 1126kg de paille - avec la fumure F₂N₂P₂K₂ 1380kg de grains et 1630kg de paille.

Cette culture dérobée présente un réel intérêt fourrager.

L'essai n'est pas assez ancien pour juger de l'action de la culture dérobée sur les rendements en paddy.

III/- L'essai n°3 - Fumure organique et mixte a été réalisée au Lac Alaotra, PC.23 : Ambohirony (secteur d'expérimentation sur sols de marais) - sur sol hydromorphe évolué série Behengitra

De cet essai plus complexe nous pouvons retirer les quatre traitements suivants :

<u>Intersaison</u>	<u>Saison</u>
- Engrais vert Soja + NPK	riz N = 150k/ha sulfate d'ammoniaque
- Engrais vert Soja	riz P = 500k/ha phosphate tricalcique
- Néant	riz K = 200k/ha chlorure de potasse
- Néant	riz témoin

Les rendements en matière verte (Soja enfoui) ont été de l'ordre de 5 à 8t/ha de matière verte.

Rendement en paddy T/ha

	1954-1955	1955-1956	1956-1957	1957-1958
Soja + NPK / riz	5t,880x	4t,396x	2t,053	5t,406xx
Soja / riz	5t,260x	3t,550x	2t,166	4t,696x
Néant / riz + NPK	5t,493x	4t,076x	2t,453	4t,545x
Néant / riz	3t,853	2t,496	1t,826	3t,663

année à P
riculario-
se

x rendements significativement supérieurs au témoin

xx traitements supérieurs à tous les autres traitements

Après quatre années d'essais le traitement Soja + NPK est significativement supérieur à tous les autres traitements. On a donc intérêt à développer cette culture d'intersaison sur les sols de Marais évolué série Behengitra.

Un nouvel essai (n°10) réalisé en 1958 dans le même esprit a permis de se rendre compte que la dose suivante d'engrais minéraux apportée au Soja était suffisante :

$\left\{ \begin{array}{l} N_1 = 50\text{k/ha sulfate d'ammoniaque} \\ P_2 = 200\text{k/ha phosphate tricalcique} \\ K_1 = 50\text{kg/ha chlorure de potasse} \end{array} \right.$

Le traitement Soja + $N_1 P_2 K_1$ a donné un rendement en Riz de 6t,216/ha le traitement Soja seul $^2 K_1$ a donné un rendement de 5t,216/ha, le témoin Riz sans enfouissement d'engrais vert a fourni 4t,425/ha de paddy.

Le traitement Soja + $N_1 P_2 K_1$ apportant par rapport au témoin un supplément de rendement de $^1 P_2 K_1$ lt,791/ha est rentable.

IV/- L'essai n°7 réalisé au Lac Alaotra Ambohidrony sur sol de marais tourbeux série Ankarafo (sols peu évolués) a permis de comparer les alternances de cultures suivantes :

Intersaison	Saison
1 - Soja fourrage	riz
2 - Soja fourrage sur enfouissement de paille de riz de la précédente récolte	riz
3 - Soja fourrage	Riz + NPK
4 - Soja fourrage sur enfouissement de paille de riz	riz
5 - Soja fourrage + Fumier de ferme 10t/ha	riz
6 - Soja engrais vert	riz
7 - Soja engrais vert sur enfouissement de paille de riz	riz
8 - Soja engrais vert	Riz + NPK
9 - Soja engrais vert sur enfouissement de paille de riz	Riz + NPK
10- Soja engrais vert + fumier de ferme 10T/ha	riz
11- Néant	Riz + NPK
12- Néant	Riz témoin

N = 300k/ha sulfate ammoniac; P = 500k/ha phosphate tricalcique
 K = 100k/ha chlorure potasse

Les pesées de Soja fourrage vert exporté, ou engrais vert enfoui ont indiqué que, sur ce type de sol le Soja pouvait fournir en intersaison un rendement en vert de l'ordre de 16t/ha il n'y a pas de différences significatives entre les traitements (apport de fumier de ferme ou enfouissement de paille).

Les rendements en paddy en 1958 ont été les suivants :

<u>Traitements</u>	<u>en T/ha</u>
N°9 Soja engrais vert sur enfouissement de paille / riz + NPK	4t,473
N°8 Soja engrais vert / Riz + NPK	4t,333
N°10 Soja engrais vert sur Fumier / Riz	4t,266
N°7 Soja engrais vert sur enfouissement de paille de Riz	4t,080
N°4 Soja fourrage sur enfouissement de paille/ riz + NPK	4t,080
N°3 Soja fourrage / Riz + NPK	3t,913
N°2 Soja fourrage sur enfouissement de paille/riz	3t,780
N°6 Soja Engrais vert / riz	3t,680
N°11 Néant / riz + NPK	3t,613
N°5 Soja Fourrage sur fumier/riz	3t,493
N°1 Soja Fourrage / riz	3t,253
N°12 Néant / Riz témoin	2t,873

Le traitement n°9 est supérieur à tous les autres traitements sauf les numéros 8 et 10.

Tous les traitements sont significativement supérieurs au témoin. Les traitements Soja engrais vert viennent en tête distançant les traitements Soja Fourrage.

Le traitement n°9 enfouissement de paille, enfouissement d'engrais vert Soja (16t/ha), apport d'engrais minéraux NPK sur Riz, amène par rapport au témoin un supplément de rendement de 1t,600 de paddy. Ce traitement est rentable de justesse.

Le traitement le plus économique est le n°7 enfouissement de la paille de riz provenant de la récolte précédente, enfouissement de Soja engrais vert (16t/ha) culture de riz. Ce traitement apporte par rapport au témoin un supplément de rendement de 1t,207/ha.

Si on exporte le Soja (traitement n°2) cultivé sur enfouissement de paille de Riz, on peut utiliser d'abord 16T de fourrage vert soit 2.400 unités fourragères et on élève le rendement en paddy par rapport au témoin de 907k/ha. Ce traitement est peut être le plus rentable.

V/- Un essai de culture dérobée de Blé Ariana réalisé en rizière à la CRAM d'Ambatondrazaka - sur sol de marais évolué - Série Ambohiboatavo (sols hydromorphes particulièrement riches en base échangeables) a permis d'obtenir les rendements suivants :

Rendements en blé (grains) Kg/ha.

Traitements	Intersaison 1954	Intersaison 1955
1/- N ₁ nitrate de potasse 200k/ha	1.270 k/ha	1.246k/ha
2/- N ₁ P ₁ nitrate de potasse 200k/ha -phosphate bicalcique 300k/ha	1.440k/ha	1.208k/ha
3/- N ₂ nitrate de potasse 400k/ha	1.250k/ha	1.220k/ha
4/- N ₂ P ₂ nitrate de potasse 400k/ha-phosphate bicalcique 600k/ha	1.130k/ha	994k/ha
5/- Témoin	1.080k/ha	797k/ha

De nombreux dégâts ont été causés chaque année par les rats et les oiseaux; il ressort de cet essai que la culture du blé en intersaison sur ces sols particulièrement fertiles ne permet pas de dépasser 10 quintaux/ha sans apport d'engrais et 12,5 quintaux/ha avec un apport de nitrate de potasse (200k/ha).

Sur le même type de sol, on a obtenu 17t/ha de Soja fourrage vert, qui après fenaison et mise en bottes fournissait 2t/ha d'un excellent fourrage sec.

Le Melilot, l'Eragrotis - abyssinica, le Medicago hispida, l'Avena elatior, le Trèfle violet donnent également en intersaison sur ce type de sol des résultats intéressants.

La culture de la pomme de terre réalisée sur rizière en intersaison a permis d'atteindre avec un apport de fumier de ferme de 25t/ha des rendements en tubercules de l'ordre de 10 à 12 tonnes/ha

c) Essais réalisés sur colluvions d'origine basaltique à Betafo
(Province de Tananarive).

A Andepombe-Betafo a été réalisé l'essai suivant de culture dérobée en rizières.

<u>Intersaison</u>	<u>Saison</u>
1 - Soja fourrage	riz
2 - Chou fourrager	riz
3- Sarrazin fourrage vert	riz
4 - Avoine graine	riz
5 - Avoine fourrage vert	riz
6 - Blé	riz
7 - Néant	riz

Toutes les parcelles cultivées en intersaison ont été fertilisées à raison de 10t/ha de fumier de ferme.

200k/ha de nitrate de potasse
300k/ha de phosphate tricalcique

On a obtenu avec le blé Ariana des rendements

- en grains de 12,6 quintaux/ha
- en paille sèche de 2t,73/ha

L'Avoine a donné des rendements de 23,3 quintaux/ha en grain.
L'Avoine fourrage coupée en vert a donné 11t/ha de fourrage vert.

Le Soja n'a donné que des résultats médiocres 5t,5/ha fourrage vert

Le Sarrasin coupé en vert a fourni une récolte de 2t,4/ha de fourrage.

Le chou fourrager a fourni 7t,4/ha de matière verte.

Il faut noter que les parcelles de chou fourrager ont été très parasitées par les chenilles.

Dans les conditions écologiques de Betafo, l'avoine grain ou l'avoine fourrage semble donner les meilleurs résultats en cultures dérobée.

Le chou fourrager à condition de pouvoir lutter efficacement contre les chenilles parasites pourrait également s'avérer intéressant.

CONCLUSIONS

Les essais de rotations culturales en rizière réalisés sur trois types de sol ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

1.- Au Lac Alaotra sur alluvions fluviatiles d'origine ferrallitique, la rotation culturale qui s'avère la plus intéressante au double point de vue production de paddy et production de fourrage est la double culture :

{ Soja fourrage en intersaison
{ Riz en saison des pluies

La culture dérobée du blé nécessite sur ce type de sol, de forts apports d'azote nitrique (60kg d'azote par an et par hectare).

De plus avec la variété Ariana, il n'a pas été possible de dépasser des rendements de l'ordre de 20 quintaux/ha.

La fumure minérale la plus économique sur la double culture annuelle Soja-Riz est la formule NP apportée sur riz.

N = 200-kg/ha sulfate d'ammoniaque

P = 400-kg/ha de phosphate tricalcique

On pourrait se limiter à la formule de fumure N 200k/ha d'ammonitrate apporté sur soja. Les rendements moyens en Soja fourrage vert atteignent 27 à 30t/ha. Les augmentations de rendement en paddy par la culture dérobée de Soja fourrager sont de l'ordre de 1t,5/ha, sans apport complémentaire de fumure minérale.

D'autres légumineuses annuelles pourraient être utilisées avec succès en intersaison : le Melilot, la Vesce. Les légumineuses pluriannuelles comme le Trèfle violet, le Trèfle blanc ladino, doivent être réservées à l'établissement de prairies temporaires en rotation avec le riz.

2.- Sur les sols de marais au Lac Alaotra, le Soja engrais vert donne encore les meilleurs résultats en culture dérobée sur rizière, avec un léger complément minéral N = 10kg - P₂O₅ = 50kg - K₂O = 25 kg, il peut donner par rapport au témoin un supplément de rendement de 1t,790/ha en paddy.

La restitution de la paille en rizière, l'enfouissement d'engrais vert Soja, apporte par rapport au témoin un supplément de rendement de 1t,200/ha en paddy.

La production de Soja fourrage vert varie de 5 à 15t/ha selon le degré de fertilité des sols de Marais.

Sur les sols Hydromorphes de Mahitsy Tananarive. Soja et blé en culture dérobée ne donnent aucun résultat, l'avoine par contre peut donner des rendements en grains de 13,8 quintaux/ha et des rendements en fourrage vert de 6t,48/ha, grâce à un apport de fumure complète : Fumier de ferme 10t/ha + NPK.

3.- Sur les colluvions basaltiques de Betafo - C'est l'avoine qui vient encore en tête en culture dérobée sur les rizières en gradins. Elle peut donner 23,3 quintaux/ha de grains et 11t/ha de fourrage vert.



P. RODE
Maître de recherches



J. Velly
Maître de recherches