

REPONSE DU RIZ A LA FUMURE dans la région du Fleuve Sénégal

Par

M. COUEY

Directeur du Secteur de
Recherches Agronomiques
du Fleuve Sénégal
(I.R.A.T.)

S. BOUYER

Chef du Service
Fertilité et Fertilisation
des sols
(I.R.A.T.)

et

R. CHABRCLIN

Chef du Service Riz
(I.R.A.T.)

F. COURTESSOLE

Adjoint au Directeur du Secteur
de Recherches Agronomiques du
Fleuve Sénégal
(I R A T)

INTRODUCTION

La station de Richard-Toll située en amont du Delta du Fleuve Sénégal, a entrepris depuis 1948, de nombreuses études sur la fumure du riz. Ces études ont été reprises d'une façon plus systématique en 1954, mais elles restent limitées par l'orientation vers des plus-values moyennes, avec des investissements en engrais à court terme et peu importants. (1) et (2).

Actuellement avec l'accroissement rapide de la population, améliorer la productivité des cultures est devenu une obligation vitale. Dans cette optique, les récents travaux en matière de fertilisation du Riz à Richard-Toll se proposent une amélioration plus complète et plus durable des sols. Les investissements nécessaires seront sans doute coûteux et à plus long terme, le soutien du Gouvernement sera indispensable pour améliorer progressivement le patrimoine foncier national.

CLIMATOLOGIE

Le climat de Richard-Toll est du type sahélien, avec une pluviométrie faible et relativement irrégulière. La moyenne annuelle (sur quinze ans) est de 323 mm en 24 jours, s'étalant de juin à Octobre. Les limites extrêmes des pluies sont 476,3 mm (1962) et 455,8 mm (1967).

La température moyenne durant cette période est d'environ 29,4° C. Cette température tombe à 10-15° C durant les nuits de janvier et de février, pour atteindre 45 ° C aux heures les plus chaudes de mai à juin.

Les auteurs remercient Monsieur J. DEJARDIN (ORSTOM), MM. J. WEIL et NGUYEN NGOC QUOI (IRAT) pour leur collaboration dans l'interprétation statistique des résultats.

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

Collection de Référence

n° 13543

L'évaporation moyenne de l'eau est estimée à 7 mm par jour. Les besoins en eau des cultures du casier de Richard-Toll sont presque entièrement couverts par le pompage des eaux du Lac de Guiers au confluent de la Taouey et du Fleuve Sénégal

SOLS :

Les rizières de la région de Richard-Toll sont établies sur deux types de sols alluviaux hydromorphes : Les Hollaldés à texture très fine, et les Fondés, moins compacts.

La teneur en argile des Holladés par exemple varie de 40 à 60 pour 100 et ils n'y a que des traces de sable grossier.

La teneur en matière organique est faible, souvent inférieure à un pour cent.

Ces terrains sont pauvres en azote, total (0,3 à 0,9 p. 1000) et en P_2O_5 total (0,3 à 0,7 pour 1000) ; le phosphore dit « assimilable » n'existe qu'à l'état de traces.

Par contre la capacité d'échange pour les cations est satisfaisante, et les teneurs en bases échangeables sont élevées : 8 milliéquivalents de Ca, 7 de Mg et 0,7 de K, en moyenne, pour 100 grammes de sol, le taux de saturation varie de 70 à 100 pour 100.

Le pH, qui varie de 5,0 à 6,5 est satisfaisant pour la riziculture.

Le pouvoir fixateur à l'égard du phosphore est élevé : environ 350 p.p.m. de P, ce qui correspond sensiblement à 1600 kg de P_2O_5 à l'hectare, si l'on estime à 2000 tonnes le poids d'un hectare de terre arable.

Le fractionnement des formes minérales du phosphore du sol, effectué par la méthode de CHANG et JACKSON, a montré que cet élément est surtout fixé par le fer ; c'est d'ailleurs vers cette forme qu'évoluent les phosphates calciques que l'on utilise comme engrais ; ces deux faits, fort pouvoir fixateur et évolution vers la forme P-Fe, peuvent expliquer l'inefficacité de la fumure phosphatée lorsqu'elle n'est pas apportée à très forte dose, malgré la faible teneur du sol.

Ces études analytiques laissent prévoir :

- une réponse très nette à la fumure azotée ;
- la nécessité d'appliquer des quantités très importantes d'engrais phosphatés, si l'on veut qu'ils agissent sur le rendement en paddy.

L'amélioration foncière des sols de rizières consistera donc à corriger la carence en phosphore, par un phosphatage de fond réalisé à l'aide d'un phosphate naturel dont l'effet pourra être assez lent ; on peut aussi envisager un apport de chaux qui, en augmentant le pH, pourrait diminuer la fixation par le sol du phosphore des engrais apportés.

EXPERIMENTATION

L'expérimentation a porté sur les sols « hollaldé » et « fondé » de Richard-Toll.

a) Les sols hollaldés

Essai n° 1

Le but de cet essai était de chercher les seuils d'efficacité du phosphate tricalcique et de la chaux agricole en fumure de fond, complétés par un phosphate soluble en fumure annuelle, et d'étudier les réponses à trois niveaux d'azote. Chacun des précédents éléments étant apporté à trois doses, c'est donc un factoriel 3^4 qui est adopté comme dispositif expérimental. Ce plan factoriel est conduit en un confounding de 9 blocs

incomplets de 9 parcelles, avec une seule répétition. Les coefficients de variation de l'essai vont au cours des années, de 11 à 13 %. Voici la répartition des doses d'engrais dans le temps.

Tableau I

Année	Phosp. Taïba (37% P ₂ O ₅) en t/ha	Chaux agricoles (en t/ha)	Supertriple 46% P ₂ O ₅ (en kg/ha)	Azote (en kg/ha)	Variété de riz cultivé
1963	0 - 1 - 2	0 - 0,5 - 1	0 - 50 - 100	40-80 - 120	Makalioka B23
1964			0 - 50 - 100	40-80 - 120	-d°-
1965			0 - 50 - 100	40-80 - 120	H 821 - 3
1966	0 - 3 - 6	0 - 1 - 2	0 - 50 - 100	50-100- 150	H 821 - 3
Total	0 - 4 - 8	0 - 1,5 - 3	0 -200 - 400	170-340- 510	

Le phosphate de Taïba et la chaux agricole ont été épandus après la préparation des sols, et enfouis à environ 10-15 cm de profondeur. Toutes les parcelles, à titre de sécurité, ont reçu une dose uniforme de 100 kg/ha de Patantkali et 5 kg/ha de nutramine. Le supertriple est enfoui soit au moment du tallage (1963), soit plus aisément juste avant le semis (1964-1966). Quant à l'azote, les 3/8 de la dose sont épandus au tallage et le reste à la montaison. Notons que cet essai a eu pour antécédents culturaux : Riz (1960) - Jachère (1961) - Jachère (1962).

Résultats

De 1963 à 1965, le phosphate tricalcique et la chaux agricole n'ont pas marqué. Seule la réponse à l'azote est positive et linéaire.

En 1966, un second apport de fumure de fond a été effectué de manière à augmenter la concentration en P des solutions, et pallier la faible solubilité des phosphates tricalciques. Les niveaux d'azote ont été également portés à 50 N - 100 N - 150 N/ha. La réponse est positive et de forme quadratique. Par contre, les fumures de fond restent inefficaces. Peut-être faut-il attendre 1967, pour que ces fumures indiquent une différence significative ? En ce qui concerne l'azote, nous avons obtenu les rendements suivants (exprimés en kg de paddy par hectare).

Tableau II

Année	Témoin sans engrais	N ¹	N ²	N ³
1963	2040	2287	3125	3720
1964	2956	4180	4690	4990
1965	3220	3710	4350	4930
1966	5273	5971	6523	6670
Moyenne générale	3272	4036	4672	5078

En 1966, la réponse à l'azote devient quadratique, mais le rendement maximum ne serait théoriquement obtenu que pour une fumure azotée plus forte que celles étudiées dans l'essai.

Cet essai ne permet donc pas l'étude économique de la fumure azotée par l'analyse des fonctions de production.

Ses résultats sont cependant intéressants car nous avons affaire à 4 années différentes (climat, amélioration des techniques culturales du battage etc...) si l'on en juge par les moyennes des parcelles témoins sans aucun apport d'engrais (Tableau II).

En sol hollaldé, si le phosphate tricalcique et la chaux agricole n'agissent pas encore en 4ème année, malgré des niveaux très importants en P_2O_5 et en Ca, l'azote marque d'une manière régulière.

Les doses optimum à apporter sont variables suivant les années : environ 120 à 150 kg/ha de N. Ces doses ne sont applicables que pour des variétés améliorées comme l'hybride H. 821-3 de Richard-Toll. Pour les variétés ordinaires du type indica l'expérience indique qu'il est prudent de travailler entre 50 N/ha et 90 N/ha. Ces résultats montrent combien la collaboration entre le sélectionneur et le spécialiste de la fertilisation des sols doit être étroite.

Essai n° 2

Il a pour but de déterminer plus rapidement les doses d'azote à apporter aux différents niveaux de P_2O_5 . L'engrais phosphaté utilisé est du phosphate supertriple concentré.

La solubilité plus grande de cette forme permet d'espérer une action plus rapide sur la nutrition azotée de la plante de riz.

Le phosphate supertriple (46 % de P_2O_5) et la perlurée (45 % de N) sont étudiés suivant 5 niveaux. Le plan expérimental est un factoriel 5^2 , disposé en blocs complets avec 5 répétitions. Les coefficients de variation de l'essai varient au cours des années entre 8 % et 13,6 %.

Voici la répartition des doses d'engrais apportées dans le temps :

Tableau III

Année	Azote (kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)	Variété test
1964	30-60-90-120-150	0-150-300-450-600	Makalioka 823 H.821-3 H.823-3
1965	30-60-90-120-150	0-150-300-450-600	
1966	0-50-100-150-200	0-700-1400-2100-2800	
Total	60-170-280-390-500	0-1000-2000-3000-4000	

Le supertriple est enfoui avant le semis à 10-15 cm de profondeur. L'azote apporté sous forme de perlurée, est épandu pour 3/8 au tallage et 5/8 à la montaison.

Résultats

En première année, seule l'action de l'azote est positive. L'effet est cubique. Les rendements obtenus sont en corrélation avec les teneurs en NO_3 des feuilles paniculaires, jusqu'à 90 N/ha.

Il existe aussi une corrélation entre les teneurs en NO_3 et en P_2O_5 dans les feuilles (significative à la limite de $P = 0,05$). Par contre, les rendements en paddy n'indiquent aucune interaction entre N et P_2O_5 .

En deuxième année (1965), le supertriple manifeste un début d'efficacité vers 450 kg/ha de P_2O_5 (niveau P3), soit 900 kg/ha pour les deux années.

L'effet est linéaire, mais les plus-values sont très faibles.

Tableau IV

N I V E A U	P0	P1	P2	P3	P4
Kg de P_2O_5 (1964+1965)	0 + 0	150+150	300+300	450+450	600+600
Rendement en paddy (q/ha)	37,2	38,14	38,14	39,8E	40,09

La réponse à l'azote reste positive, et l'effet est quadratique. L'indice d'efficacité qui est de 20 entre les doses de 30 et 60 N/ha, décroît vers 12 entre les doses de 60 N et 150 N/ha. La rentabilité de la fumure azotée reste cependant assurée.

En troisième année (1966), l'efficacité de N et P est confirmée. De plus, l'interaction NP se trouve pour la première fois significative. Les courbes de réponse à N pour chaque niveau de P, et réciproquement sont données par le tableau 10.

Les résultats de l'analyse de variance indiquent qu'il est possible d'ajuster à la fonction de production une surface quadratique. Les écarts entre valeurs ajustées et valeurs observées ne sont pas significatifs au seuil de 5 %.

Prenons :

$$X = \frac{N}{50} - 2$$

$$Y = \frac{P}{1000} - 2$$

comme nouvelles variables.

Dans les limites de l'expérience, X et Y varient respectivement entre -2 et +2.

La fonction de production est égale à :

$$R(X, Y) = 60,874 + 5,006 X + 2,990 Y - 0,784 X^2 - 0,759 Y^2 - 0,666 XY$$

c'est l'équation d'un paraboloides elliptique

Tableau des rendements ajustés et observés () en q/ha :

Tableau V

		1	2	3	4	5
P	0	36,05 (33,25)	44,74 (44,20)	51,86 (53,00)	57,41 (58,25)	61,40 (61,70)
	1	42,64 (48,90)	50,67 (50,05)	57,13 (55,65)	62,01 (60,00)	65,33 (65,65)
	2	47,73 (45,85)	55,88 (54,85)	60,87 (60,75)	65,10 (64,95)	67,75 (67,20)
	3	51,29 (46,85)	57,98 (59,85)	63,11 (66,55)	66,66 (68,35)	68,65 (66,90)
	4	53,33 (52,10)	59,36 (59,40)	63,82 (66,70)	66,71 (67,45)	68,03 (65,50)

Les courbes de production à un niveau constant d'un des facteurs sont des paraboles.

Pour une production déterminée les éléments N et P satisfont à l'équation

$$R_c(X, Y) = 60,874 - 0,784 X^2 - 0,759 Y^2 - 0,666 XY + 5,006 X + 2,990 Y$$

Les courbes d'isoproduction (ou isoquants) forment donc une famille d'ellipses de centre M (X, Y) projection orthogonale du sommet de la surface sur le plan X, Y.

Ses coordonnées sont : $X = 2,894$ $Y = 0,700$ en dehors des limites de l'essai

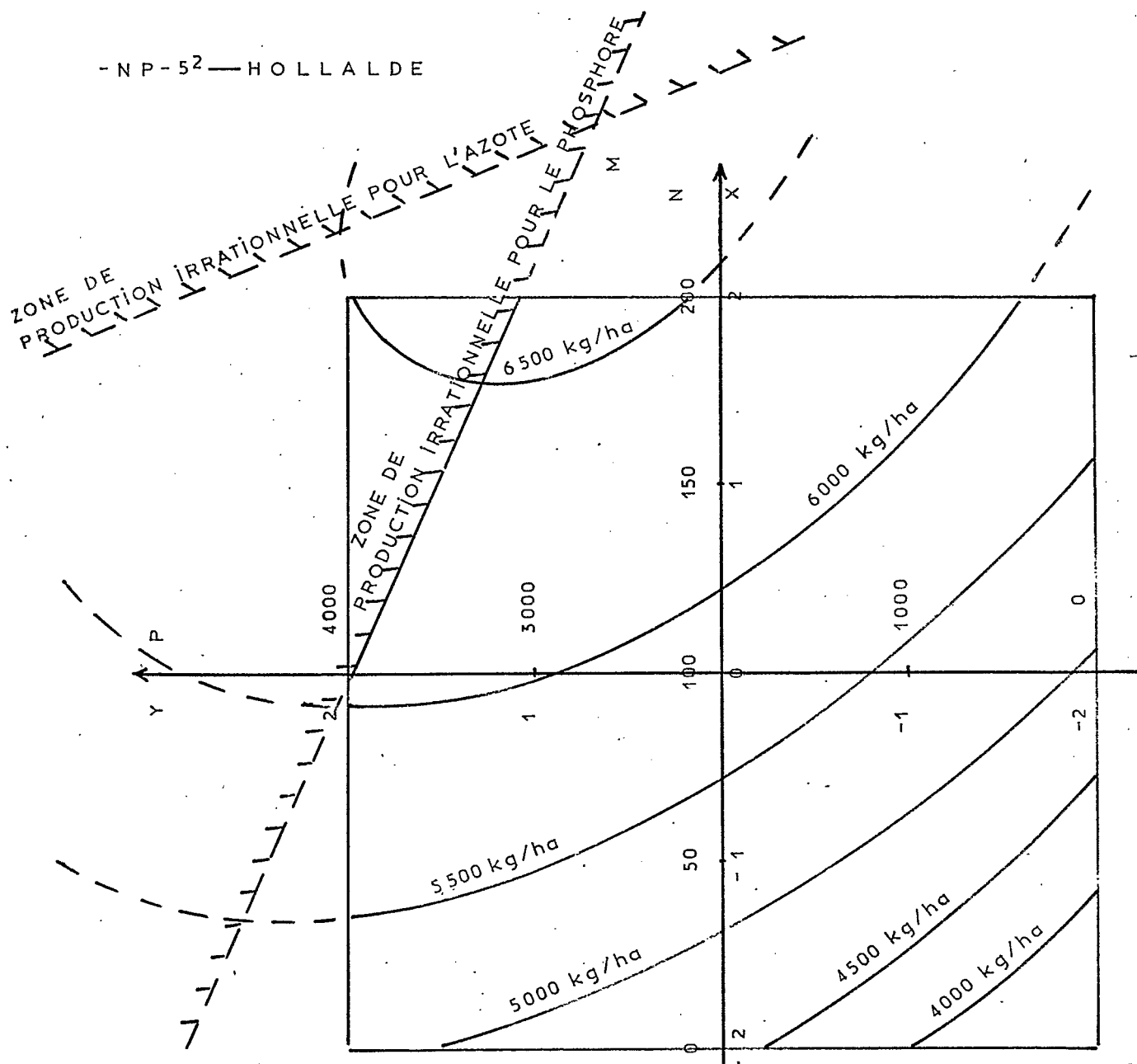
La zone de production irrationnelle (zone où une augmentation du facteur de production entraîne une diminution du rendement) est limitée par les droites d'équation :

$$5,006 - 2 \times 0,784 \times - 0,666 Y = 0 \qquad 2,990 - 0,666 \times - 2 \times 0,759 Y = 0$$

Etant donné l'importance des doses de P_2O_5 apportées au titre de fumure de fond, l'analyse économique de cet essai qui serait possible sur ces bases mathématiques, n'aurait pas de sens pratique. Elle ne pourra être faite de façon réaliste qu'à partir de résultats portant sur plusieurs années et quand on connaîtra la durée d'action du phosphore.

Cet essai sera poursuivi en 1967. Cependant il convient de rechercher d'autres sources d'engrais phosphatés à meilleur marché, comme les phosphates naturels produits au Sénégal.

- NP-5² - HOLLALDE



Essai n° 3

Etude des phosphates naturels du Sénégal (AF - 65)

Le seuil d'efficacité de l'action des engrais phosphatés étant provisoirement fixé à 1000 kg de P₂O₅ par hectare, cette étude a pour but de déterminer le temps au bout duquel les phosphates naturels du Sénégal commenceront à donner des effets positifs, et la pérennité de ces effets.

Les phosphates employés sont :

Le bailyphos (33 % de P₂O₅) - les schlamms phosphatés (23 % de P₂O₅) - le phosphate de Taïba (37 % de P₂O₅) et le phosphal (34 % de P₂O₅). Les niveaux auxquels ils sont testés sont (en kg/ha) :

Tableau VI (en kg/ha)

1965	0	500	1000	1500
1966	0	500	1000	1500
TOTAL	0	1000	2000	3000

Un apport uniforme de 120 kg d'azote par hectare (1965), et 150 kg d'azote par hectare (1966) est épandu sur toutes les parcelles. Par ailleurs l'essai est placé suivant deux situations : sur parcelles où la paille de la récolte précédente est enfouie, et sur parcelles où elle est brûlée.

Les résultats sont négatifs pour les deux premières années.

Les doses apportées au cours des deux années étant suffisamment importantes, l'essai sera poursuivi pour déterminer la durée après laquelle le phosphore commencera à donner un effet sur le rendement. Il y a aussi lieu de situer la dose d'azote à 100 kg d'azote à l'hectare de manière à mieux faire ressortir l'effet du phosphore.

b) sols dits « Fondé »

Essai n° 1

Le but de cet essai, et le dispositif expérimental mis en place sont les mêmes que pour l'essai n° 1 en sol hollaldé.

La répartition des doses dans le temps est la suivante (en kg/ha) :

Tableau VII

ANNEES	Phosphate de Taïba			Chaux agricole			Supertriple			Azote		
	P0	P1	P2	Ca0	Ca1	Ca2	P0	P1	P2	N1	N2	N3
niveau												
1965	0	1000	2000	0	500	1000	0	50	100	40	80	120
1966	néant			néant			néant			50	100	150
TOTAL	0	1000	2000	0	500	1000	0	50	100	90	180	270

En première année, le phosphate tricalcique, la chaux agricole et le supertriple n'ont pas donné de réponse. Seul l'azote a eu un effet positif et quadratique. Cet effet devient linéaire en 1966

Tableau VIII (rendement en kg/ha)

DOSE DE N ANNEE	N1	N2	N3	Témoin sans engrais
1965	4920	5440	5270	4400
1966	5680	6010	6090	5619
Moyenne	5300	5725	5680	5009

En comparant ces résultats avec ceux du même essai en sol hollaldé, on remarque :

- 1° - que les parcelles (témoin) sans engrais en fondé ont un potentiel de production plus élevé qu'en sol hollaldé.
- 2° - que la dose N1 (40 N à 50 N) donne des suppléments de rendements plus importants en hollaldé qu'en fondé.
- 3° - que les rendements maximum sont plus vite atteints en fondé qu'en hollaldé. Les rendements économiques se situent suivant les années, aux environs de 90 N/ha à 100 N/ha, alors qu'ils se trouvent entre 120 N/ha et 150 N/ha en sol hollaldé. Naturellement, dans ce cas aussi ces doses s'adressent aux variétés améliorées, répondant bien aux engrais, et résistantes à la verse. Pour les variétés ordinaires du type indica, l'expérience montre qu'il vaut mieux se limiter à 60 N/ha ou 80 N/ha. -

Essai n° 2

Comme en sol hollaldé, le but est d'utiliser un phosphate soluble pour déterminer rapidement le seuil d'efficacité du phosphore, et les interactions azote et phosphore.

Voici les doses apportées en première année (1966) pour cet essai :

Tableau IX

Azote	0	50kg	100 kg	150 kg	200 kg	de N/ha Sp de perlurée
Phosphore	0	1 t	2 t	3 t	4 t	P_2O_5 /ha sous forme de supertriple

Les résultats sont différents de ceux obtenus en sol hollaldé. Alors que l'effet du phosphore ne se manifeste qu'en troisième année en sol hollaldé, il se produit dès la première année en sol fondé.

Par contre, pour les deux sols, les plus-values de rendements sont plus importantes entre P0 et P1 (1000 kg de P_2O_5) qu'entre P2 (2000 kg de P_2O_5) et P1. Au-dessus de 2000 kg de P_2O_5 à l'hectare, il se produit des perturbations donnant lieu à une interaction négative entre N et P. Voici les résultats obtenus pour l'action du phosphate.

Tableau X

P_2O_5	0	1 t	2 t	3 t	4 t
Rendements en (q/ha)	58,32	64,83	67,33	66,07	66,07

Mais l'azote reste le facteur principal du rendement du riz. Il est intéressant d'analyser la fonction de production.

P et N ont respectivement des réponses cubiques et quadratiques. La fonction de production possédant un écart d'ajustement non significatif au seuil de 5 % est au moins du 3ème degré.

Les nouvelles variables :

$$X = \frac{N}{50} - 2$$

$$Y = \frac{P}{1000} - 2 \text{ varient de } -2 \text{ à } +2$$

Cette fonction de production exprimée en kg/ha est égale à

$$R(X, Y) = 6\,796,7 + 162,7 X - 55,2 X^2 - 12,3 Y - 110,0 Y^2 + 44,7 XY^2 + 49,5 Y^3$$

Tableau des rendements ajustés et observés (.) en kg/ha :

Tableau XI

		-2	-1	0	1	2
Y (P)	-2	5082 (5129)	5569 (5433)	5984 (5643)	6272 (6305)	6448 (6652)
	-1	6014 (5343)	6387 (6509)	6649 (6586)	6802 (6714)	6844 (6762)
	0	6254 (6029)	6579 (6671)	6797 (6876)	6904 (7195)	6901 (6895)
	1	6088 (6100)	6461 (6786)	6724 (6848)	6876 (6348)	6918 (6952)
	2	5824 (5919)	6331 (6452)	6729 (6933)	7014 (6929)	7190 (7243)

Les courbes de production relatives à l'azote sont des paraboles. Par contre celles du phosphore possèdent un méplat (voir figure 12). Les courbes d'isoproduction n'ont pas de forme régulière.

La zone de production irrationnelle est délimitée par les courbes d'équation :

$$162,7 - 110,4 X + 44,7 Y^2 = 0$$

$$\text{et } -12,3 + Y(89,4 X - 220,0) + 148,5 Y^2 = 0$$

Pour ce dernier essai 5², il n'est pas non plus intéressant d'entreprendre une étude d'ordre économique dès 1966.

La forme irrégulière de la surface de réponse rendra d'ailleurs cette étude plus délicate.

Mais en rapprochant ces résultats de ceux obtenus en sol hollaldé, on remarque cependant :

- 1° - que si la marge entre la dose minimum et la dose maximum d'azote est moins étendue qu'en sol hollaldé, le fondé atteint son rendement maximum pour des doses d'azote moins élevées qu'en hollaldé
- 2° - que comme en sol hollaldé, le phosphore marque à partir de 1000 kg de P₂O₅, et qu'il n'y a aucun intérêt économique à dépasser cette dose. La différence est que cette dose de phosphore a marqué dès la première année en sol fondé. On ignore donc si une dose inférieure à 1000 kg de P₂O₅ ne donnerait pas également un effet positif. Cet essai sera poursuivi en 1967 pour étudier cette question, voir la durée de cette efficacité, ainsi que la répercussion sur la réponse du riz à l'azote.

EN CONCLUSION

- 1° - Il semble qu'on puisse corriger la forte carence en phosphore des rizières de Richard-Toll par un apport de 1000 kg de P_2O_5 en sol hollaldé, probablement moins en sol fondé, et que l'efficacité de cette dose soit plus lente à se manifester en sol hollaldé (après 3 ans).
- 2° - Le rendement en paddy en fonction de la dose d'azote reste constamment supérieur au niveau P2 (2000 kg P_2O_5 /ha) à celui du niveau P1 (100 kg P_2O_5 /ha). Il ne semble toutefois pas judicieux de conseiller l'utilisation d'une dose supérieure à 1000 kg d'acide phosphorique à l'hectare, celle-ci ayant déjà un effet positif sur le rendement.
- 3° - Il faut continuer les essais pérennes actuellement en place, afin d'étudier la durée de l'efficacité des doses de phosphates solubles appliquées, ainsi que les essais avec phosphates naturels pour déterminer le début de leur efficacité.
- 4° - Au bout d'un certain nombre d'années la connaissance précise des plus-values de rendement dues à la fumure phosphatée permettra d'aborder l'étude économique complète de la réponse du riz aux fumures NP. Cette étude pourra être faite, de façon précise, par le biais des surfaces de réponse.
- 5° - La fumure azotée qui reste la fumure de base du Riz, donne des effets différents en sol fondé et en sol hollaldé. Dans le sol fondé, les doses optimales et les doses donnant le rendement maximum seront moins élevées qu'en sol hollaldé.

D'après ces premiers résultats, on peut provisoirement proposer les doses suivantes d'azote :

en sol hollaldé :

- pour les variétés améliorées répondant bien à l'azote : 120 à 150 kg/ha de N
- pour les variétés à productivité moyenne et moins résistantes à la verse : 50 à 90 kg N/ha.

en sol fondé :

- pour des variétés améliorées 90 à 120 kg N/ha
- pour les variétés à productivité moyenne et moins résistantes à la verse 60 à 80 kg N/ha.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Rapports annuels du Casier Expérimental de Richard-Toll, par MARTINE P. - MAGNE C - CHATEAU R. - COUEY M.
- 2 - Réponse du riz à la fumure en riziculture aquatique du Sénégal (Richard-Toll). par S. BOUYER , Cl. MAGNE, P. MARTINE - RIZ et RIZICULTURE 2ème-3ème trimestres 1957.
- 3 - Etude pédologique de la station IRAT à Richard-Toll, par BEYE GORA - Archives du C.R.A. de Bamby : août 1966.
- 4 - Contribution à l'étude du statut phosphorique des sols de Madagascar - Influence sur les problèmes de Fertilité, par P. ROCHE - Agronomie Tropicale 1967 n° 3 .
- 5 - Etudes récentes sur la Fertilisation du riz dans le Delta du Sénégal, par M. COUEY - S. BOUYER - R. CHABROLIN - J. DEJARDIN 2ème réunion sur la fertilité des sols et l'utilisation des engrais - Réunion FAO Sénégal 11/16 Janvier 1965.
- 6 - Rapports de la Station de Richard-Toll - M. COUEY : 1963 - 1964 - 1965 - M. COUEY et D. BLCC : 1966
- 7 - Rapport annuel ORSTOM - S. BOUYER - 1966.
- 8 - Les recherches rizicoles agropédologiques du Sénégal - Rapport de mission IRAT (3 nov. 12 déc. 1962) par S. BOUYER.
- 9 - La riziculture à Richard-Toll, par M. COUEY Agro. Trop. vol. 18 - n° 8 - 1963
- 10 - Les recherches rizicoles dans la Région du Fleuve Sénégal, par M. COUEY, Agro. Trop. Janvier 1966 - N° 1.
- 11 - Interprétation économique des essais d engrais Rentabilité des fumures - par H. MALICORNET et R. LACAILLE - Services Agronomiques de la Société Commerciale des Potasses d'Alsace.
- 12 - Utilisation des engrais en rizières à Madagascar Par R. CHABROLIN - Agronomie Tropicale vol. 22 , 1967 - n°4 - avril.