

Ag

COMPTE-RENDU SUR TROIS ANNEES
D'EXPERIMENTATION AVEC DES ISOTOPES EN
RIZICULTURE A MADAGASCAR

par

J. VELLY

(I. R. A. M)

INTRODUCTION

Depuis le début de 1964, Madagascar participe à un programme international d'étude de la fertilisation sur le riz à l'aide des isotopes N 15 et P 32.

Ce programme est coordonné par la Division mixte FAO/Agence Internationale de l'Energie Atomique à Vienne.

L'expérimentation se fait de la manière suivante. En début de campagne, l'Agence envoie aux participants les engrais azotés et phosphorés marqués qui seront utilisés dans l'essai, de même que les engrais correspondants non marqués. Ces engrais sont déjà pesés et répartis en sachets correspondant aux différentes parcelles de l'essai.

L'Agence procure également aux participants, des crédits leur permettant l'exécution matérielle des essais (produits et main-d'oeuvre) et leur permettant aussi d'assister à la réunion annuelle des participants.

LE MILIEU

Les essais des trois années que nous allons examiner ont tous été réalisés sur le point d'essai rizicole de l'I.R.A.M., à Mahitsy à une trentaine de kilomètres au Nord de Tananarive.

Mahitsy est situé sous un climat tropical d'altitude (voisine de 1.200 mètres). La saison des pluies s'étend normalement du 15 Novembre au 1er Avril avec une pluviométrie moyenne de 1.200 à 1.300 millimètres. La saison rizicole a lieu pendant l'été, et les températures moyennes sont pendant cette période :

Novembre	: 20° 3 C
Décembre	: 20° 9 C
Janvier	: 20° 5 C
Février	: 20° 7 C
Mars	: 20° 4 C
Avril	: 19° 1 C

Le sol utilisé est un sol hydromorphe, à engorgement total temporaire (sol humifère à taches). Les essais sont toujours placés sur une rizière sortant de jachère (avec une végétation naturelle à base de graminées et de cyperacées). La description du profil habituellement rencontré (due à J. KILIAN) a été faite en fin de saison sèche, un peu avant le début de la campagne rizicole. A cette époque la nappe était à 1 mètre de profondeur

- 0 à 25 cm : Horizon brun noir, à texture limono-argileuse, frais-assez friable. Structure grumeleuse, enracinement important surtout jusqu'à 15 cm. Veinules rouges et fines le long des radicales, quelques rares taches rouges diffuses.
- 25 à 45 cm : Brun foncé tacheté de plages rouges, texture argilo-limoneuse. Horizon frais, structure continue, taches rouges plus abondantes et plus grandes que dans l'horizon précédent. Quelques radicales enrobées de veinules rouges.
- 45 à 60 cm : Horizon brun, à texture argilo-sableuse, humide et plastique. Structure continue, quelques taches grises diffuses. Couleur plus claire que l'horizon précédent.
- 60 à 70 cm : Horizon grisâtre, à texture sableuse, humide, fluant. Structure particulière. sable grossier.
- 70 à 110 cm : Jaune, veiné d'ocre clair. Texture sableuse, sable grossier. Horizon humide, à structure particulière, avec quelques lentilles de sable grisâtre incluses dans la masse.

Dans le tableau I, nous donnons la moyenne de plusieurs analyses effectuées sur les terrains d'essais. Deux horizons ont été prélevés pour analyse : 0 à 20 cm et 20 à 40 cm.

Tableau I

	0 à 20 cms	20 à 40 cms
Sable grossier %	43,94	48,31
Sable fin %	7,19	7,90
Sable très fin %	1,29	1,31
Limon %	15,33	14,16
Argile %	23,00	19,91
pH	5,10	5,19
Carbone organique %	4,62	4,14
Azote total %	0,463	0,393
Rapport $\frac{C}{N}$	10,0	10,5
Acide phosphorique assimilable (Bray n° 2) p.p.m.	29,6	26,9
Calcium échangeable m.e. %	1,37	0,82
Magnésium " "	1,53	1,14
Potassium " "	0,13	0,09
Sodium " "	0,04	0,02
Bases échangeables totales m.e.%	3,07	2,07
Capacité d'échange m.e. %	12,2	9,30
Pourcentage de saturation	25,16	22,25

Rappelons encore en ce qui concerne les conditions générales d'exécution des essais, que ceux ci ont toujours été repiqués avec la variété de riz locale Rojofotsy n° 1285, repiquée à l'écartement de 25 × 25 cm à 3 brins par touffe.

Signalons aussi que dans ces essais, les engrais marqués sont apportés sur des sous parcelles de 1 m25 × 1 m25 et que les rendements sont mesurés sur des sous parcelles adjacentes, plus grandes (1,25 m × 2,75 m) qui reçoivent au même moment des quantités égales des mêmes engrais, mais non marqués.

EXPERIMENTATION 1964 - 1965

Le programme 1964 - 1965 avait les deux objectifs suivants :

- 1/ Déterminer l'efficacité de l'engrais azoté apporté au riz irrigué en fonction de la dose et de la date d'apport.
- 2/ Déterminer l'efficacité de l'engrais phosphaté en fonction de la dose et de la date d'apport de l'azote.

Le dispositif expérimental était constitué de 6 blocs comportant chacun 8 traitements.

Toutes les parcelles reçoivent avant repiquage à l'hectare, 60 kilos de K₂O sous forme de chlorure et 60 kilos de P₂O₅ sous forme de superphosphate. Pour ce dernier les apports sont faits sous forme marquée et non marquée.

L'azote est apporté à trois époques différentes, sous forme marquée et non marquée.

Temps a : c'est le repiquage

Temps b : période située à mi-chemin entre le repiquage et deux semaines avant l'initiation des primordia.

Temps c : deux semaines avant l'initiation des primordia : celle-ci étant définie ici comme le mo-

52 jours après le repiquage (temps c), trois semaines et cinq semaines après le temps et finalement à la récolte.

Le nombre de talles par touffe a également été mesuré aux mêmes époques.

b) à la récolte.

Les observations faites à la récolte ont porté sur :

- le nombre d épis par touffe
- le poids moyen d un épi
- le poids de 1.000 grains
- le rendement en grains
- le rendement en paille
- le rapport $\frac{\text{paille}}{\text{grains}}$

c) absorption des éléments par la plante

Le pourcentage de phosphore dérivé de l engrais a été déterminé sur des échantillons prélevés trois semaines après le dernier apport d engrais azoté.

Le pourcentage d azote 15 a été déterminé sur les mêmes échantillons

Résultats expérimentaux

Sur cet essai, il n a jamais été possible d observer, sur les facteurs de rendement, de différences dues au fractionnement de l azote Ceci a peut être été du à des conditions favorables de végétation, et en particulier à la relative abondance en matières organiques dans ce sol.

L effet de l azote sur la taille des plants est apparu 2 mois environ après le repiquage Au temps c, les traitements A et B qui ont déjà reçu 60 kilos d azote sont significativement plus hauts que le traitement c qui reçoit son azote à ce moment seulement Le traitement D qui a reçu 60 kilos d azote en deux fois est supérieur au traitement F, qui n en a reçu que 30

Le témoin sans azote est significativement inférieur aux traitements A, B, D, E, G, H. Les deux traitements C et F non différents du témoin, reçoivent leur azote tardivement.

- Trois semaines après le temps c, les différences sont moins nettes puisque toutes les parcelles ont reçu leur azote. Seul le témoin est significativement inférieur à tous les autres traitements

Les différences disparaissent par la suite, puisque 5 semaines après le temps c, et à la récolte, le riz a la même taille dans toutes les parcelles

- En ce qui concerne le nombre de talles par touffe on peut faire une observation générale d abord :

- Il y a eu une influence nette de l'azote sur le nombre d'épis par touffe, ce sera ici le seul facteur l'augmentation de rendement.

La date d'apport de l'azote n'a pas eu d'influence sur le nombre des épis. Ce qui a compté, par contre, c'est la quantité apportée. Le traitement sans azote a eu 13,5 épis par touffe, le traitement à 60 kilos en a eu 15,6 et le traitement à 120 kilos en a eu 17,2.

- L'azote n'a pas apporté de changements significatifs dans le poids d'un épi. Il semble cependant que l'azote, s'il a augmenté le nombre d'épis, ait eu tendance à faire baisser le poids de grains par épi. Une observation analogue a pu être faite à propos du poids de 1.000 grains.

- Il n'a pas été observé de différences significatives entre les rapports $\frac{\text{paille}}{\text{grains}}$, les rendements en paille et les rendements en grains.

Malgré l'absence de différences significatives entre les traitements, on peut définir la réponse du riz à l'azote, sur cet essai, en comparant les témoins (pas d'azote), le traitement A (60 kilos d'azote au repiquage) et le traitement H (120 kilos d'azote au repiquage). Pour ces trois traitements les rendements sont respectivement de 5.534, 6.125 et 6.647 kilos à l'hectare. En d'autres termes, entre 0 et 60 kilos d'azote hectare, un kilo d'azote produit 9,85 kilos de paddy. Entre 60 et 120 kilos un kilo d'azote produit 8,70 kilos de paddy. La réponse à l'azote est presque linéaire entre 0 et 120 kilos d'azote à l'hectare.

- Si l'on examine maintenant l'absorption de l'azote et du phosphore par le riz on peut exprimer les conclusions suivantes :

En ce qui concerne le phosphore, le fractionnement de l'azote n'a pas eu d'effet sur la teneur du plant en phosphore total. D'autre part il n'y a pas eu non plus d'effet sur le pourcentage de phosphore provenant du superphosphate quand celui-ci est apporté en une fois au repiquage.

Les différents modes d'apport de l'azote ont par contre eu une très forte influence sur l'absorption de cet élément. L'apport tardif de 60 kilos d'azote en une fois a donné la plus forte teneur du plant en azote total. Dans les apports fractionnés, seul le traitement F (0 - 30 - 30) donne une teneur en azote total aussi élevée.

Le dosage de l'azote 15, effectué trois semaines après le dernier apport d'azote montre des différences très significatives entre les traitements.

L'absorption de l'azote provenant de l'engrais est beaucoup plus forte lorsque cet élément est apporté tardivement sur le riz. Si l'on compare les traitements A et C on s'aperçoit que le traitement C (azote apporté 50 jours après le repiquage) a absorbé deux fois plus d'azote provenant de l'engrais, que le traitement A (azote apporté au repiquage).

Une remarque analogue peut être faite en ce qui concerne les traitements F et D.

La méthode la plus efficace de faire absorber de l'azote par le riz semble donc être de l'apporter en une fois, environ deux semaines avant l'initiation des primordia. Il ne paraît pas y avoir d'avantage à fractionner l'apport d'azote, le pourcentage d'azote dérivé de l'engrais est toujours dans ce cas inférieur à celui provoqué par un seul apport tardif.

EXPERIMENTATION 1965-1966

L'essai mis en place au début de la campagne 1965-1966 se fixait les buts suivants :

- 1/ Déterminer l'efficacité de l'engrais azoté apporté en rizière en fonction de sa localisation, et l'interaction avec la localisation du phosphore
- 2/ Déterminer l'efficacité de l'engrais phosphaté, en fonction de sa localisation et l'interaction avec la localisation de l'azote.

Le dispositif expérimental est encore constitué de 6 blocs comportant chacun huit traitements.

Traitements

L'essai comprend 6 modes de placement de l'engrais (A à F) plus une parcelle destinée à mesurer l'effet de 120 unités d'azote hectare : G, et une parcelle sans azote : H.

Dans tous les traitements sauf G et H, l'azote est apporté à la dose de 60 unités à l'hectare sous forme de sulfate d'ammoniaque. Tous les traitements reçoivent à l'hectare 60 unités de P₂O₅ sous forme de superphosphate et 60 unités de K₂O sous forme de chlorure de potasse. Les sous-parcelles N 15 P 32, pour les traitements A à F reçoivent exactement les mêmes doses d'engrais, mais marqués. Tous les engrais sont apportés en lignes, sauf pour le traitement F. Le détail des différents traitements est donné dans le tableau I :

Tableau I

Traitement	P l a c e m e n t		Engrais mélangés ou séparés
	Engrais N	Engrais	
A	Apporté en lignes sur la surface	Apporté en lignes sur la surface	Engrais mélangés avant l'apport
B	Apporté en lignes sur la surface	Apporté en lignes sur la surface	Engrais apportés séparément en lignes sans mélange préalable
C	Apporté en lignes à 5 cm de profondeur	Apporté en lignes en surface	Engrais apportés séparément en lignes sans mélange préalable
D	Apporté en lignes à 5 cm de profondeur	Apporté en lignes à 5 cm de profondeur	Engrais mélangés avant l'apport
E	Apporté en lignes à 5 cm de profondeur	Apporté en lignes à 5 cm de profondeur	Engrais apportés séparément en lignes sans mélange préalable
F	Les engrais azotés et phosphatés sont mélangés, épanchés en surface et mélangés dans les 5 cm supérieurs du sol		
G	Ceci est la parcelle servant à mesurer le rendement, et N et P sont apportés mélangés dans la rangée à 5 cm de profondeur et au taux de 120 kgs N/hectare et 60 kgs P ₂ O ₅ /hectare.		
H	Ceci est la parcelle témoin sans azote qui ne reçoit que l'apport de base de potassium et de phosphate.		

Les observations faites en 1965-66 ont été les mêmes que celles de la campagne précédente mais les dates d'observations ont été différentes. Elles ont eu lieu à trois périodes :

- a/ à un moment situé entre le repiquage et deux semaines avant l'initiation des primordia, soit, dans notre cas, 25 jours après le repiquage.
- b/ soixante jours après le repiquage
- c/ à la récolte.

Des prélèvements de feuilles ont été effectués 60 jours après le repiquage pour y doser N 15 et P 32. L'azote 15 a également été déterminé à la récolte dans les grains de riz.

Nous tenterons de résumer ci-après les résultats de ces diverses observations.

- Pour la hauteur des plants les différences entre les traitements n'apparaissent pas tout de suite; il faut attendre 60 jours après le repiquage pour les observer.

Soixante jours après la récolte, le traitement H, sans azote, est significativement inférieur ($p : 1 \%$) à tous les autres traitements sauf B. Le traitement G, 120 unités d'azote est significativement supérieur à tous les autres traitements. A ce stade, la quantité d'azote apportée joue, le traitement sans azote est inférieur aux traitements avec 60 kilos d'azote, qui, à leur tour sont inférieurs au traitement avec 120 kilos.

Dans les traitements A à F, les trois traitements D, E, F, sont plus hauts que les autres, D et F étant supérieurs, à la probabilité $P : 5 \%$.

À la récolte, la situation n'a pas sensiblement changé. Le traitement H est toujours inférieur à tous les autres, et le traitement G supérieur à tous les autres ($p : 1 \%$). Les trois traitements D, E, F, sont supérieurs à A, B, C, mais sans que cela soit significatif.

En conclusion, on peut admettre que, pour la hauteur des plants seule la quantité d'azote apportée a joué, des différences hautement significatives existant entre les doses 0, 60 et 120 unités d'azote à l'hectare.

Dès le début de la croissance des plants, 25 jours après le repiquage, on voit se manifester des différences entre les traitements en ce qui concerne le nombre de talles par touffe. Le traitement H sans azote, est significativement inférieur aux traitements G, F et D. Les autres traitements ne diffèrent pas entre eux.

Soixante jours après le repiquage le traitement H est significativement inférieur à tous les autres traitements. Le traitement G à 120 unités d'azote, est supérieur ($p = 1\%$) aux traitements A et B. Les quatre traitements C, D, E, F (recevront l'azote en profondeur ou mélangé aux 5 cm supérieurs du sol) sont supérieurs ($p = 5\%$) aux traitements A et B recevant l'azote en surface.

A la récolte le classement des traitements se présente de la même manière. Le traitement H est inférieur à tous les autres. Le traitement G est supérieur à A, B, C, E, F, H ($p = 1\%$) et à D ($p = 5\%$). Les quatre traitements, C, D, E, F, sont, comme à soixante jours, supérieurs à A et B et évidemment à H.

En ce qui concerne le nombre de brins par touffe, on retrouve l'effet quantitatif de l'azote, mais on a ici une nette influence du mode d'apport. Tous les traitements où l'azote a été mis à 5 cm de profondeur (ou mélangé dans les 5 cm supérieurs du sol) sont supérieurs à ceux où l'azote a été mis en surface, et ceci, dès 25 jours après le repiquage.

Observations faites à la récolte

Toutes les mesures qui vont suivre ont été effectuées dans les sous parcelles rendement. Nous passerons en revue successivement un certain nombre de facteurs du rendement.

5. Si l'on compare maintenant les traitements A et D on s'aperçoit que D est significativement supérieur à A ($p = 1\%$) ce qui semble bien dû à l'enfouissement de l'azote, les engrais étant mélangés.

Lorsque les engrais sont séparés, comparaison de B à E, on a encore E significativement supérieur à B ($p = 5\%$), ce qui confirme l'intérêt de l'enfouissement de l'azote.

6. Ce qui peut confirmer encore l'intérêt de l'enfouissement de l'azote est le bon rendement obtenu sur le traitement F, où l'azote et le phosphore sont épandus ensemble en surface, et enfouis ensuite dans les 5 cm supérieurs du sol.

7. Enfin la comparaison des traitements D, G et H permet d'obtenir la courbe de réponse à l'azote. Entre 0 et 60 unités d'azote hectare, chaque kilo d'azote a produit 28,0 kilos de paddy. Entre 60 et 120 kilos d'azote, la production de paddy par kilo d'azote a été de 22,9 kilos. Ceci confirme ce que nous savons de la variété de riz utilisée, pour laquelle la dose optimum d'azote se situe autour de 120 unités à l'hectare.

- Le dosage de P 32 effectué 60 jours après repiquage montre des différences hautement significatives entre les traitements.

Les deux meilleurs traitements sont D et E, significativement supérieurs, à $p = 5\%$ ou 1% , à tous les autres. Ce sont les deux seuls traitements où le phosphore est apporté en ligne en profondeur. On ne trouve pas d'influence de l'apport des engrais mélangés ou séparés.

Par contre, quand le phosphore est apporté en surface, il semble mieux absorbé lorsqu'il est mélangé avec l'azote que lorsqu'il est apporté séparément. Les traitements A et F sont en effet significativement su-

Le dispositif expérimental comprend, cette année, quatre blocs à dix traitements chacun.

En dehors des 8 traitements A à H qui reçoivent des engrais marqués il y a deux autres traitements. Le traitement I porte sur des parcelles entières et sert à mesurer la réponse à l'apport de 120 kilos d'azote à

Observations en cours de végétation.

Hauteurs de plants

Les différences entre traitements ne sont pas encore visibles 25 jours après le repiquage. Elles le deviennent au moment de l'initiation des primordia et le demeurent jusqu'à la récolte.

Au moment de l'initiation des primordia, les quatre traitements qui ont les plants les plus hauts sont, dans l'ordre, E, F, G, H, c'est à dire tous ceux qui ont reçu un apport d'azote en couverture deux semaines auparavant. Si l'on compare les traitements deux à deux, par exemple ceux qui ont reçu du sulfate d'ammoniaque, ou de l'urée, etc. on s'aperçoit que E est significativement supérieur à A, que F est significativement supérieur à B, que G et H sont supérieurs à C et D, mais non significativement. Il semble bien que le fait d'apporter l'azote en couverture ait provoqué à ce moment une légère augmentation de la taille des plants.

Il n'y a par contre, pas d'influence de la forme d'azote. A, B, C, D, ne sont pas différents entre eux et E, F, G, H non plus.

On peut dire en conclusion sur ce point que le tallage n'a pas été influencé très nettement par le

- Lorsque l'azote est apporté avant repiquage l'absorption de l'azote, du sulfate d'ammoniaque et de l'urée est significativement supérieure à celle du nitrate d'ammoniaque, très faible, et surtout à celle du nitrate de soude, à peu près nulle

- Lorsque l'azote est apporté en couverture à l'initiation des primordia, l'azote des nitrates, surtout du nitrate d'ammoniaque, est mieux absorbé, mais sensiblement moins que l'azote du sulfate d'ammoniaque et de l'urée

Au moment de la floraison, période particulièrement importante, les feuilles de riz contiennent près de 40% d'azote provenant de l'engrais lorsque celui-ci est apporté en couverture sous forme d'urée ou de sulfate d'ammoniaque. A tous les stades ces deux sources d'azote ont eu la même efficacité