

Expérimentations en milieu paysan : méthodes d'essais et résultats techniques sur la densité et la fertilisation azotée du riz irrigué au nord du Vietnam

Eric Le Quéré, Bach Trung Hung, Jean-Marc Barbier

Pendant la période collectiviste, de nombreux instituts agronomiques, installés pour la plupart dans la capitale, se sont peu à peu éloignés des acteurs de la production agricole que sont les familles paysannes. Cela est devenu inapproprié dans le contexte récent de libéralisation et d'autonomie décisionnelle de la famille. Également, les cadres techniques des ex-coopératives ne conduisent plus d'essais de démonstration. La radio, moyen privilégié pour la vulgarisation, a perdu de sa crédibilité auprès des agriculteurs. Les responsables des coopératives y diffusent des messages élaborés au niveau du district, alors que les agriculteurs attendent des informations plus adaptées à leur situation ; nombreux déclarent ne pas croire à la radio, tant qu'ils « ne voient pas les cadres dans les champs. » En

réponse, les cadres techniques, formés à la diffusion des techniques issues de la révolution verte, font état des difficultés à faire accepter ces messages. « *L'agriculteur n'a pas les connaissances techniques* » ou « *il refuse d'appliquer les techniques modernes* » sont des phrases souvent entendues, elles illustrent un certain climat d'incompréhension entre les agriculteurs et les cadres conseillers.

De nos jours, le relais aux infrastructures publiques d'approvisionnement (coopératives, district...) est pris par des commerçants privés, assistés d'un dense réseau de revendeurs proches des agriculteurs, pour les semences de qualité, les engrais, les produits phytosanitaires. Nouveaux interlocuteurs privilégiés, ils cherchent parfois à assoier leur notoriété en donnant des conseils aux agriculteurs. Néanmoins, leur intérêt reste commercial et, malgré la présence d'une législation précise, l'Etat ne parvient pas à contrôler l'ensemble des transactions (Vigneau, 1996).

En prévision de cette recomposition due à la décollectivisation, le programme fleuve Rouge — programme de recherche franco-vietnamien sur les systèmes agraires du bassin du fleuve Rouge — s'est fixé pour objectif, en 1990, d'accompagner un groupe de chercheurs de l'Institut national des sciences agronomiques du Vietnam (INSA) dans la prise en compte des préoccupations techniques des agriculteurs. Dans les différents domaines d'intervention (agriculture, élevage, crédit), la démarche comprend un diagnostic suivi d'expérimentations en milieu paysan dans certaines communes représentatives des conditions socio-économiques du delta du fleuve Rouge (district

de Nam Thanh, province de Hai Hung). Nous proposons d'illustrer ici cette démarche appliquée à la riziculture irriguée du delta. En 1991, une enquête agronomique large (200 parcelles par campagne), menée aux deux campagnes de printemps et d'été a permis d'identifier les facteurs limitants de la production rizicole. Les thèmes abordés sont la densité de repiquage (1992) et la fertilisation azotée (1994 et 1995) ; ils représentent des voies possibles d'amélioration technique.

Essais en couples sur la densité

Dispositif en couples de comparaison et négociation de l'expérimentation en milieu paysan

La méthode des couples permet de comparer sur une même parcelle, toutes conditions égales par ailleurs, la densité de repiquage paysanne habituelle à une densité expérimentale (*encadré 1*). L'effet d'un changement de densité est observé sur un nombre suffisant de parcelles couvrant la diversité topographique des rizières (zones hautes, moyennes et basses), révélant les interactions entre la variable densité et les autres facteurs et conditions. Outre la recherche d'une bonne représentativité locale, trois densités ont été testées ; 18 parcelles ont été retenues à la campagne d'été dans chacune des deux communes (*figure 1*).

E. Le Quéré : Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET), 213 rue Lafayette, 75010 Paris, France.

Bach Trung Hung : programme fleuve Rouge, Institut national des sciences agronomiques du Vietnam (INSA), GRET, s/c ambassade de France, 57 Tran Hung Dao, Hanoi, République socialiste du Vietnam.

J.-M. Barbier (pour correspondance) : Centre national d'études agronomiques des régions chaudes (CNEARC), BP 5098, 34033 Montpellier Cedex 1, France.

Tirés à part : E. Le Quéré

Cahiers Agricultures 1997 ; 6 : 419-28
Agriculture et développement 1997 ; 15 : 101-10

Les densités expérimentales ont été déterminées lors de réunions entre les chercheurs et les agriculteurs. Le principe était de fixer des densités totales équivalentes entre les traitements (250 plants par mètre carré) et semblables aux densités les plus basses observées chez les agriculteurs — l'hypothèse étant que les phénomènes de compétition entre plants sont exacerbés avec les densités élevées utilisées en général par les agriculteurs. Seule la répartition des plantes était différente entre traitements (*figure 1*).

Résultats et discussion

Les discussions préalables avec les agriculteurs ont influencé les pratiques paysannes. Dans l'une des communes où le groupe système de culture intervenait depuis plus longtemps (1991), les densités paysannes furent finalement peu différentes des densités expérimentales (*figure 2*).

Dans l'autre commune, nous avons observé de meilleurs rendements (+ 1 à 2 t/ha) dans les parties expérimentales où le nombre de touffes était plus élevé et le nombre de plants par touffe plus faible.

Pour les parcelles ayant souffert de manque d'eau (zones hautes) ou ayant reçu une dose importante d'urée, on a constaté qu'une forte densité en touffes (essais à plus de 60 touffes par mètre carré) est préjudiciable au rendement, notamment en raison d'un faible nombre de grains par panicule ou par une augmentation des risques phytosanitaires. À l'inverse, dans les parcelles bien approvisionnées en eau (zones moyennes et basses) et recevant beaucoup de fumier, les rendements sont meilleurs avec ces densités car les panicules sont plus nombreuses. En zone basse, une inondation survenue juste après le repiquage a obligé certains agriculteurs à repiquer la partie expérimentale où la densité était inférieure à 5 plants par touffe. En effet, les petites touffes sont plus facilement couchées dans la boue et un nombre plus important de plants par touffe permet à chaque touffe de maintenir un port dressé et de mieux résister aux inondations fréquentes après le repiquage du riz d'été.

Nous avons constaté que le repiquage dense en plants par touffe est un moyen de compensation du fait de l'emploi de plants trop chétifs car semés très denses dans les pépinières. Les fortes densités en pépinière s'expliquent par l'utilisation de semences anciennes ou de qualité douteuse, par une volonté de maîtriser le développement des mauvaises herbes et par la crainte de manquer de plants (Le Quéré, 1993).

Bilan

Certains agriculteurs, pensant que la partie expérimentale devait donner les meilleurs résultats, y ont apporté plus d'urée ; par ailleurs, l'épandage étant manuel, les agricultrices ont modulé les doses à l'intérieur de leurs parcelles en fonction de la couleur et de la densité de la végétation ; le « toutes choses égales par ailleurs » est alors soumis à caution. Outre les interactions fortes entre densité et fertilisation, le diagnostic associé à cette expérimentation a mis en évidence les difficultés des agriculteurs à raisonner la fertilisation des rizières.

L'expérimentation en milieu paysan permit aux chercheurs de mieux cerner les stratégies des agriculteurs en matière d'implantation de la culture (pépinières, repiquage) ainsi que les liens entre les différentes pratiques de l'itinéraire technique, les conditions de milieu et les situations socio-économiques des agriculteurs.

De leur côté, les agriculteurs ont presque totalement et très rapidement modifié l'ensemble de l'itinéraire technique : choix de semences de meilleure qualité, semis moins dense en pépinières et moins de plants repiqués par touffe. La diffusion des résultats a été large et rapide car, parallèlement, des circuits privés d'approvisionnement en intrants ont proposé des semences certifiées, ainsi qu'une large gamme de nouvelles variétés.

Deux types d'essais sur le thème de la fertilisation

Les blocs multilocaux raisonnés

En 1994 et 1995, nous avons travaillé principalement sur l'utilisation de l'urée car, de façon générale, cet engrais est utilisé un peu comme une panacée. L'agriculteur l'apporte lorsque le riz est jugé trop chétif ou semble souffrir (Barbier, 1993), supposant des répercussions sur l'état sanitaire de culture — développement des maladies et des ravageurs — et, donc, sur le rendement final.

Les agriculteurs apportent l'azote uniquement en cours de végétation aux deux désherbages : 60 à 70 % de la dose totale d'urée au début du tallage (6-7 feuilles du riz) et 30 à 40 % 7 à 10 jours avant l'initiation paniculaire (*encadré 2*). Craignant les effets de

brûlure des jeunes plants par l'urée aux périodes froides d'installation au printemps et les pertes dues aux inondations en été, les agriculteurs n'apportent pas d'azote avant le repiquage. Ces pratiques peuvent entraîner d'importantes pertes en azote par volatilisation et dénitrification car l'engrais n'est pas enfoui (De Datta et Patrick, 1986 ; Barbier, 1992 ; Stutterheim, 1994).

Nous avons donc testé l'apport d'une partie de l'azote en fond, avant le dernier hersage, afin d'observer l'efficacité de l'engrais azoté ainsi incorporé au sol.

La seconde interrogation portait sur l'équilibre des apports entre les périodes végétative et reproductive du riz. La réponse doit être modulée selon les niveaux d'amendement organique, les agriculteurs apportant des quantités variables de fumier de porc. La pratique paysanne étant connue, nos essais visaient à répondre aux questions suivantes :
— l'apport de l'urée avant le dernier hersage permet-il d'augmenter l'efficacité de la fertilisation azotée ?

— quel type de fractionnement autorise le meilleur rendement selon les situations, notamment selon les niveaux de fertilisation organique ?

Résultats et discussion

L'enfouissement de l'urée avant le dernier hersage, donc avant repiquage, permet-il d'obtenir un meilleur rendement ?

Au printemps (*tableau 3 ; figure 3*), le niveau de rendement obtenu ne semble pas modifié, que le premier apport d'urée ait lieu avant repiquage ou au premier désherbage. La durée entre la date du repiquage et le début du tallage (15 à 20 jours) est rallongée à cause des faibles températures. La campagne de printemps se caractérise, de janvier à mars, par des conditions climatiques de température et d'insolation aléatoires, parfois limitantes au moment du repiquage et du tallage du riz. Il n'est pas rare d'observer des températures inférieures à 10 °C (moyenne : 15 °C) entraînant la mort des jeunes plants (Le Quéré, 1995). Une partie de l'urée enfouie avant hersage peut ne plus être disponible lorsque la vitesse de croissance des plantes s'accélère. Le moment du premier désherbage est choisi par les agriculteurs compte tenu de l'augmentation des températures : le riz commence à taller et utiliserait immédiatement l'urée apportée à cette période.

En été (*tableau 3*), les conditions de températures sont optimales pour la riziculture : le riz talle très rapidement après le repiquage, une fois passé le choc de

Encadré 1

La problématique de la densité de repiquage

En 1991, le groupe système de culture du nouveau département systèmes agraires de l'INSA effectua un suivi agronomique sur 200 rizières de deux communes du district de Nam Thanh. Les campagnes rizicoles de printemps et d'été furent étudiées. L'analyse de l'élaboration du rendement permit de mettre en évidence l'existence et les conséquences des fortes densités de repiquage en plants par touffe. Aucune des parcelles suivies n'était implantée avec moins de 6 plants par touffe ; en conséquence, le tallage utile observé était souvent inférieur à 1 (tableau 1 ; figure 2). Outre que cette pratique entraîne un gaspillage de plants et donc de semences, on a relevé une relation négative entre le rendement et la densité de repiquage. Il était toutefois difficile de conclure à une relation de cause à effet direct entre ces deux variables car les plus fortes densités de repiquage étaient observées dans les parcelles jugées peu fertiles ou dans les cas où l'agriculteur disposait de peu d'engrais.

En conséquence, dès 1992, l'INSA se fixa comme objectif de mieux comprendre cette pratique. Des essais en station n'auraient fait que confirmer les messages de vulgarisation — densité de 3 à 5 plants par touffes en fonction de la saison pour 55 à 65 touffes par mètre carré (Trung Tam Khao Va Kiem Nghiem, 1992). Il a paru préférable de tester différentes pratiques de repiquage en parcelles paysannes, les objectifs recherchés étaient alors les suivants :

- savoir pourquoi les agriculteurs développent le repiquage en grosses touffes ;
- mieux cerner la relation entre densité de repiquage et rendement ;
- observer en conditions réelles les effets d'une densité inférieure à 6 plants par touffe.

L'expérimentation en milieu paysan permettait de créer une variabilité plus importante pour la densité de repiquage sans par ailleurs modifier les autres choix des agriculteurs.

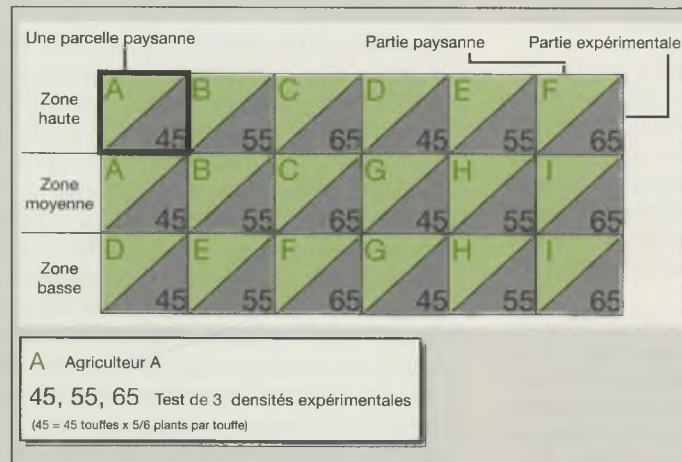


Figure 1. Schéma théorique des couples de comparaison utilisés pour l'étude de l'influence des densités de repiquage (protocole répété sur deux communes du delta du fleuve Rouge en été 1992).

Tableau 1

Densités de repiquage et taux de tallage utile au printemps et à l'été 1991, dans deux communes du delta du fleuve Rouge : moyennes et écarts-types de 200 parcelles suivies au printemps et en été.

	Plants/touffe moyenne (écart-type)	plants/m ²	Taux de tallage utile (nb panicules/nb plants repiqués)
Printemps	9,82 (1,72)	367 (75)	0,91 (0,18)
Été	8,08 (1,55)	320 (78)	1,09 (0,26)

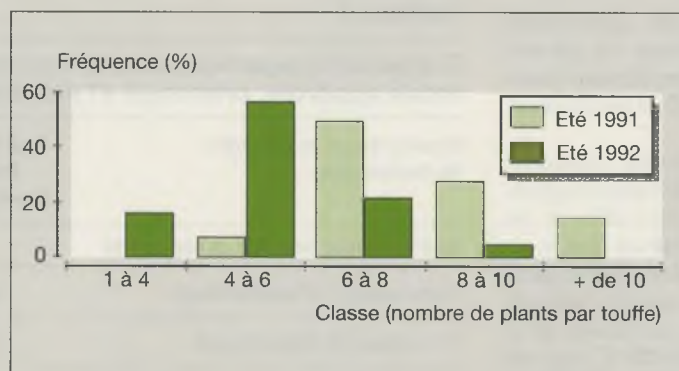


Figure 2. Différences de densité de repiquage paysan (en plants par touffe) entre l'été 1991 et l'été 1992 dans la commune de Quoc Tuan.

transplantation (5 à 10 jours). L'hypothèse de départ est alors en partie vérifiée : l'apport de l'urée avant repiquage permet d'obtenir de meilleurs rendements.

Faut-il apporter l'azote en phase végétative ou réparti entre les phases reproductrice et végétative ?

En été et surtout au printemps, dans les parcelles sans fumier ou avec peu de fumier, le traitement T3 (50 % de l'urée en phase végétative, 50 % en phase reproductrice) donne de meilleurs rendements. Au contraire, lorsque l'on apporte beaucoup de fumier (8 t/ha de fumier), le traitement T2 (urée seulement en phase végétative) présente des rendements supérieurs.

L'hypothèse que l'on peut émettre est qu'en l'absence de fertilisation organique, il est nécessaire d'apporter l'urée pour favoriser à la fois le tallage et la formation des panicules. A l'inverse, lorsque l'on dispose de beaucoup de fumier, il est préférable d'apporter l'urée au début du cycle, le fumier se décomposant lentement, l'azote est libéré plus tard au moment de la phase reproductrice. Dans ce dernier cas, l'urée apportée au moment de l'initiation paniculaire risque de créer des conditions de déséquilibre nutritionnel (excès d'azote), favorables au développement des maladies, d'autant plus qu'il n'y a pas d'apport de potasse (Le Quéré *et al.*, 1995). Un déséquilibre entre azote et potassium prédispose les plants de riz à une plus grande sensibilité aux maladies (Yoshida, 1981). Lors de la phase reproductrice du riz, les traitements T3 des parcelles fortement amendées en fumier, présentaient une couleur foncée et étaient plus atteints par certaines maladies (*Rhizoctonia solani*).

Pourquoi le traitement apportant la plus grande fraction en phase végétative, avec un complément juste avant la floraison, est-il généralement supérieur aux autres ?

Ce traitement se rapproche du traitement T2 mais une faible partie de l'urée est apportée lorsque la régression des talles est en cours et que la jeune panicule est formée — stade XII de l'échelle de Matsushima, panicule environ de 1 cm de longueur, ligule de la dernière feuille 10 cm au-dessous de la ligule de l'avant dernière feuille. Ce type de fractionnement permet d'obtenir des grains plus lourds et de limiter le taux de grains vides.

Ainsi, au printemps, dans la parcelle 2 (*encadré 2*), le poids de 1 000 grains obtenu avec le traitement T4 est supérieur de 2 grammes à celui obtenu avec les autres

Encadré 2

Protocole et dispositif des blocs multiloceaux raisonnés

La méthode des essais en couples de comparaison a montré une possible interférence des agriculteurs sur le protocole expérimental. La variabilité des conditions interparcelles (précédent, niveau de fertilisation organique, topographie) risque d'interagir avec les modalités de fractionnement. En conséquence, il a été décidé de garder la maîtrise de l'essai en louant la parcelle et le travail des agriculteurs.

Le dispositif est classique — blocs — permettant une bonne maîtrise d'une éventuelle hétérogénéité intraparcelle et une meilleure puissance de l'essai pour détecter des différences de rendement entre les traitements expérimentaux ; le nombre important de parcelles élémentaires par rizière (16 au total) suffit de toute façon à dissuader l'agriculteur de favoriser un traitement par rapport à un autre. Le protocole comprend 4 traitements expérimentaux de fractionnement de l'urée (*tableau 2*), répétés 4 fois dans chacune des 3 parcelles paysannes retenues pour l'expérimentation en milieu paysan. La dose totale d'azote apportée sur chacune des parcelles est modulée selon la quantité de fumier épandue :

- parcelle 1 : pas de fumier, 127 unités d'azote par hectare (soit 280 kg/ha d'urée) ;
- parcelle 2 : 2 770 kilogrammes de fumier et 100 unités d'azote par hectare (soit 220 kg/ha d'urée) ;
- parcelle 3 : 8 400 kilogrammes de fumier et 90 unités d'azote par hectare (soit 194 kg/ha d'urée).

Les rizières, sélectionnées chez trois agriculteurs, sont identiques pour la topographie et le précédent cultural en hiver. Le même itinéraire technique est suivi :

- fertilisation phosphatée, 42 unités par hectare de P_2O_5 ;
- potassium, 33 unités par hectare de K_2O ;
- pépinière semée avec la variété CR203 ;
- dates de semis, 5 janvier et 2 juin 1994 ;
- dates de repiquage 30 janvier et 29 juin 1994 ;
- densité de repiquage à 45 touffes x 3 à 6 plants par touffe.

Tableau 2

Traitements expérimentaux de fractionnement de l'urée, en % de la dose totale apportée, printemps et été 1994.

Stades du riz et périodes de fertilisation	Traitements			
	Trait. 1 type paysan	Trait. 2	Trait. 3	Trait. 4
Avant dernier hersage et repiquage		50	50	35
Plein tallage (1 ^{er} désherbage)	50	50		40
Fin tallage (2 ^e désherbage)	25			
Initiation paniculaire			50	
Début montaison	25			
Stade B de l'échelle de Matsushima*				25

* : ligule de la dernière feuille 10 cm au-dessous de la ligule de l'avant dernière feuille.

Tableau 3

Résultats expérimentaux : différences de rendement en riz paddy (tonnes par hectare) entre traitements dans 3 situations de fertilisation organique au cours des deux campagnes de l'année 1994.

	Rendement	Printemps			Rendement	Eté		
		T2	T3	T4		T2	T3	T4
Parcelle sans fumier								
T1	5,0	- 0,20	0,32	0	3,57	0,17	0,36*	0,66**
T2	4,79		0,52*	0,21	3,75		0,19	0,48**
T3	5,31			- 3,1	3,94			0,29*
T4	5,0				4,23			
Parcelle à 2,7 t/ha de fumier								
T1	4,84	0,17*	0,02	0,27**	3,95	0,12**	0,29**	0,36**
T2	5,01		- 0,15*	0,1	4,07		0,17**	0,24**
T3	4,86			0,25**	4,24			0,06
T4	5,11				4,30			
Parcelle à 8 t/ha de fumier								
T1	4,78	0,15	0,26	0,28	4,25	0,66**	0,38*	0,69**
T2	4,9		0,41*	0,13	4,91		- 0,28	0,02
T3	4,52			0,54*	4,63			0,30
T4	5,06				4,93			

Test de student et analyse des pdds. Pas d'astérisque : différence non significative ; * : différence significative au seuil de 5 % ; ** : différence hautement significative au seuil de 1 %.

Zéro fumier	Trait 1 – F0	Trait 2 – F0	Trait 3 – F0	Trait 4 – F0
8,3 t/ha fumier	Trait 3 – F1	Trait 4 – F1	Trait 1 – F1	Trait 2 – F1

Figure 3. Disposition des traitements expérimentaux en split-plot dans une parcelle paysanne.

traitements (25,1 g contre 23,1 à 23,3). Dans les parcelles 1 et 3, le poids de 1 000 grains est équivalent pour tous les traitements. Néanmoins, le gain de rendement du traitement T4 est permis par un meilleur taux de remplissage des grains : respectivement 90,4 et 91,9 % au lieu de 85 %.

Le Quéré *et al.* (1996) ont observé qu'à Thai Tân (zone du delta), le nombre de fleurs produites par mètre carré était très élevé mais que, par la suite, le rendement final était limité par un fort taux de grains vides et par des grains faiblement remplis. Ici, le rendement peut être amélioré si une petite fraction de la dose d'urée est apportée au stade XII de l'échelle de Matsushima.

Bilan

Les parcelles choisies sont différentes seulement par la quantité de fumier apportée mais le dispositif est tel que l'on ne peut pas

isoler le facteur apport de fumier de l'effet parcelle. Lorsqu'on compare les 3 parcelles (pas de fumier ; 2,5 t/ha de fumier ; 8,3 t/ha de fumier), les écarts entre les traitements expérimentaux ne sont pas uniquement dus à la différence de niveau de fertilisation organique, mais aussi à de légères différences, difficilement contrôlables, de conditions entre parcelles et techniques paysannes (travail du sol, irrigation, etc.).

La méthode en blocs impose de nombreuses contraintes :

- le dispositif est trop compliqué pour que les agriculteurs émettent un jugement et discutent des résultats ;

- la faible superficie des parcelles dans le delta (100 à 500 m²), rend souvent difficile la mise en place d'un tel dispositif, car la taille des parcelles élémentaires devient alors insuffisante pour évaluer les modalités expérimentées. De plus, le nombre de traitements est limité car ceux-ci doivent être

répétés au moins trois ou quatre fois dans une même parcelle.

Dans une démarche de recherche en milieu paysan, ce type d'essai est aussi conçu pour informer les agriculteurs et former les chercheurs. Par la méthode des couples, il existe souvent un biais car on suppose qu'une pratique expérimentée avec les agriculteurs constitue une amélioration des pratiques habituelles et ne doit donc pas être remise en cause. L'essai en blocs permet de mieux concevoir l'objectif de recherche et relativise l'importance accordée à la diffusion des techniques. Enfin, ce dispositif met en évidence de faibles différences significatives entre traitements.

Les essais de type intermédiaire

Il s'agit d'essais intermédiaires entre la méthode des couples et celle des blocs, pour comparer plusieurs traitements entre eux, sachant qu'ils sont, en principe, moins puissants que des essais en blocs.

En 1994, on a vu précédemment que le dispositif, limité par la taille des parcelles, ne permettait pas de dissocier les effets fertilisation organique des effets parcelle. Cependant l'essai était puissant et permettait de mettre en évidence des écarts de

rendement peu importants (5 à 10 %) entre les modalités de fractionnement de l'urée. En 1995, l'objectif a été de mieux évaluer l'importance de la fertilisation azotée dans les conditions réelles de la pratique paysanne et d'analyser l'interaction avec la fertilisation organique (*encadré 3*). Les questions posées à l'origine de l'expérimentation sont les suivantes :

- quel est le niveau de rendement obtenu sans aucun apport d'urée et de fumier et quel est l'ordre de grandeur de la réponse à ces engrais ?
- quel est l'effet du fumier sur le rendement en paddy ?
- faut-il fractionner différemment les apports d'urée, suivant que l'on effectue un amendement organique ou non ?

Résultats et discussion

La campagne de printemps

Le rendement moyen d'une parcelle est inférieur de 1,5 tonne par hectare par rapport aux trois autres où les résultats sont équivalents (5,05, 5,05 et 5,15 t/ha). L'effet parcelle/agriculteur est donc marqué mais l'essai reste très précis : l'écart-type résiduel est de 0,11 tonne par hectare, soit un coefficient de variation de 3 %, et il y a peu d'interaction entre les effets que l'on veut tester et l'effet parcelle.

En l'absence d'urée et de fumier, un rendement moyen de 4,1 tonnes par hectare est observé dans les trois parcelles à rendement moyen équivalent (moyenne des 4 parcelles : 3,77 t/ha). En fertilisation complète (75 N, 45 P₂O₅, 42 K₂O + 8,3 t/ha de fumier), un rendement moyen de 5,5 tonnes par hectare de paddy est atteint dans 3 parcelles (moyenne des 4 parcelles : 5,07 t/ha).

Quel que soit le niveau de fertilisation organique, aucune différence significative entre les types de fractionnement de l'urée n'est mise en évidence (*tableau 5*). L'apport de 8 tonnes par hectare de fumier permet un gain de rendement moyen à peine significatif, de 0,26 tonne par hectare en moyenne (+ 5,5 %). Les apports de 75 unités d'azote (parcelle avec fumier) ou de 100 unités d'azote (parcelle sans fumier) présentent des effets similaires sur le rendement, soit un gain moyen de 1,05 tonne par hectare (+ 27 %).

La campagne d'été

Les deux parcelles repiquées avec des variétés chinoises produisent, en moyenne, des rendements supérieurs (5,05 t/ha) aux parcelles repiquées avec la variété CR203 (4,38 t/ha). Comme au printemps, les différences entre les trois traitements de

Encadré 3

Dispositif expérimental des essais intermédiaires

Les 4 traitements expérimentaux de fractionnement de l'urée utilisés en 1994 (*encadré 2, tableau 2*) sont maintenus à l'exception du traitement T1 qui est remplacé par un traitement sans urée. Ces 4 modalités sont croisées avec 2 niveaux de fertilisation organique :

- pas de fumier (F0) ;
- 8,3 tonnes par hectare de fumier (F1).

Cela représente 8 traitements expérimentaux disposés en split-plot (*figure 3*). Compte tenu de la relative homogénéité et de la faible taille des parcelles paysannes, une rizière ne contient pas de répétition et peut alors être considérée comme un bloc. A chaque campagne de printemps et d'été, 4 parcelles appartenant à 4 agriculteurs différents ont été choisies. Les agriculteurs devaient respecter les doses de fertilisation en urée, superphosphate et chlorure de potassium équivalentes sur les quatre parcelles (*tableau 4*). Ils étaient libres du choix des autres techniques. Au printemps, ils ont utilisé les variétés VN10 ou DT10, génétiquement semblables et à cycle long. En été, 2 parcelles ont été repiquées en CR203 et les 2 autres avec les variétés d'origine chinoise Khâm Duc et Q4.

Tableau 4

Traitements expérimentaux des campagnes de printemps et d'été 1995. Les quantités d'éléments fertilisants minéraux sont données en unités par hectare.

Campagne	Printemps		Eté	
Fumier	0	8,3 t/ha	0	8,3 t/ha
N (urée)	75	100	90	90
P ₂ O ₅ (superphosphate)	45	45	30	30
K ₂ O (chlorure de potassium)	42	42	42	42

fractionnement de l'urée ne sont pas significatives (*tableau 5*). Le rendement moyen obtenu avec le traitement sans fumier et sans azote est de 3,98 tonnes par hectare. L'apport de 90 unités d'azote par hectare est mieux valorisé lorsqu'on épand du fumier (+ 0,94 t/ha ; + 22 %) que sans fertilisant organique (+ 0,72 t/ha ; + 18 %). L'apport de 8 tonnes de fumier par hectare permet un rendement significativement supérieur de 0,36 à 0,51 tonne par hectare. Sans urée, l'efficacité du fumier est plus faible (+ 0,2 t/ha).

Bilan

Partant du constat d'homogénéité intraparcélaire, les essais intermédiaires ont permis de comparer un nombre assez

important de traitements sur chaque parcelle paysanne limitée par la taille. La simplicité du dispositif rend possible une interprétation et des discussions avec les agriculteurs. La même expérience répétée chez plusieurs paysans engage une dynamique d'échanges techniques entre les agriculteurs expérimentateurs et enrichit ainsi les informations recueillies par le chercheur. Il est toutefois important de choisir des parcelles aux conditions de milieu semblables, afin de faciliter les comparaisons. Une classification des rizières réalisée par les coopératives dans les communes étudiées a apporté une aide précieuse à la mise en œuvre de ce protocole. Cependant, l'absence de répétition au sein des parcelles ne permet pas de mettre en évidence des différences significatives pour le fractionnement de l'urée.

Tableau 5

Résultats expérimentaux : différences de rendement entre les traitements au cours des deux campagnes de l'année 1995, en t/ha.

	Rendement	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Printemps								
T1 (0 N)	3,76	1,08**	1,01**	1,04**	0,24	1,3**	1,26**	1,36**
T2 (N végétatif)	4,84	0	- 0,7	- 0,4	- 0,84**	0,22	0,18	0,28*
T3 (N reproduct.)	4,77		0	0,03	- 0,77**	0,29	0,25	0,35*
T4 (N végét.+ flor.)	4,80			0	- 0,80**	0,26	0,22	0,32*
T5 (T1 + fumier ¹)	4,0					1,06**	1,02**	1,12**
T6 (T2 + fumier ¹)	5,06						- 0,04	0,06
T7 (T3 + fumier ¹)	5,02							0,1
T8 (T4 + fumier ¹)	5,12							
Été								
T1 (0 N)	3,98	0,66**	0,69**	0,79**	0,22**	1,11**	1,20**	1,15**
T2 (N végétatif)	4,64		0,03	0,13	- 0,44**	0,45**	0,54**	0,49**
T3 (N reproduct.)	4,67			0,1	- 0,47**	0,42**	0,51**	0,46**
T4 (N végét.+ flor.)	4,77				- 0,57**	0,32**	0,41**	0,36**
T5 (T1 +fumier ¹)	4,20					0,89**	0,98**	0,93**
T6 (T2 + fumier ¹)	5,09						0,04	0,04
T7 (T3 + fumier ¹)	5,18							- 0,05
T8 (T4 + fumier ¹)	5,13							

1 : 8,4 t/ha de fumier.

Tests de Newman-keuls. Pas d'astérisque : différence non significative ; * : différence significative au seuil de 5 % ;

** : différence hautement significative au seuil de 1 %.

Interprétation et discussion des essais sur la fertilisation azotée

L'essai de 1995 — essai intermédiaire — permet de comprendre pourquoi les effets du fractionnement de l'urée sont relativement faibles et n'autorisent que des gains de rendement compris entre 5 et 10 %. Il montre que l'on peut obtenir des rendements importants, de l'ordre de 4 tonnes par hectare, dans des rizières sans apport d'azote et de fumier. Il serait nécessaire d'approfondir la recherche sur les effets complexes des précédents culturaux dans un système à 3 cycles de culture par an, afin de vérifier ce résultat à long terme.

D'après certains auteurs (Yoshida, 1981 ; Barbier *et al.*, 1989), un kilogramme d'azote apporté permet d'obtenir en moyenne 10 à 25 kilogrammes supplémentaires de riz paddy, jusqu'à une limite maximale de 50 kilogrammes (De Datta et Patrick, 1986). Dans nos essais, le gain de rendement n'est

que de 8 à 14 kilogrammes de paddy par kilogramme d'azote minéral apporté, quel que soit le type de fractionnement. On peut penser à une mauvaise valorisation de l'urée apportée. Pourtant, l'essai intermédiaire met en lumière des pratiques qui augmentent l'efficacité : l'apport de fumier à la campagne d'été permet une réelle amélioration (10,4 kg de riz paddy par kg d'azote apporté au lieu de 7,9 sans fumier). D'après l'essai de la campagne d'été 1994 — essai en bloc multiloceaux raisonnés —, l'apport d'urée en fond avant le repiquage apparaît comme une technique plus efficace puisque les plants commencent à taller en utilisant rapidement l'urée enfouie dans le sol. Une dose importante d'urée à l'initiation paniculaire risque en revanche d'entraîner des maladies (traitement T3), d'autant plus que la fumure organique est employée. L'apport tardif en phase reproductive (traitement T4) semble une voie intéressante à explorer pour mieux valoriser les apports d'azote.

A la lumière de ces essais, on peut également réexaminer le débat entre les chercheurs et

les agriculteurs : les premiers considèrent que les seconds apportent l'azote trop tard, favorisant ainsi les maladies. C'est vrai à condition de considérer la phase végétative : des apports d'azote en fin de phase végétative sont susceptibles de produire une végétation exubérante et un nombre important de talles stériles (Bacon et Heenan, 1987). En revanche, cela n'est plus vrai pour des apports en phase reproductive, voire proche de la floraison, qui sont bénéfiques à la formation des panicules et au remplissage des grains. En fait, les pratiques actuelles des agriculteurs, synchronisant apports d'engrais et désherbages, aboutissent à des apports effectués plutôt pendant la deuxième moitié de la phase végétative. Les résultats présentés ici indiquent les gains réalisables à la fois par des apports beaucoup plus précoces — cela est valable en été ; au printemps, le froid reste un problème majeur — ou beaucoup plus tardifs car hors de la phase végétative. Cela est confirmé par d'autres résultats non présentés dans cet article (Le Quéré, 1993 ; Le Quéré *et al.*, 1996).

Comparaison des méthodes d'expérimentation en milieu paysan

La comparaison des méthodes, analysée ci-après, est synthétisée dans le *tableau 6*.

Le dispositif en couples de comparaison

L'enquête réalisée sur un large échantillon de rizières a mis en évidence une corrélation négative entre rendement et densité de repiquage (*encadré 1*). Le fait que les densités les plus élevées soient associées aux terres les moins riches ou les moins fertilisées ne permettait cependant pas de conclure à une relation de cause à effet entre ces deux variables. En associant le suivi et une expérimentation simple — dispositif en couples de comparaison — on a élargi la gamme de variation du facteur densité et on a pu comparer, toutes choses égales par ailleurs, des densités différentes au sein de la même parcelle. Nous avons ainsi confirmé que les densités pratiquées contribuaient le plus souvent à exacerber les relations de compétition entre les plantes et n'entraînaient pas de rendements supérieurs. Enfin, ces expérimentations ont été l'occasion pour les agriculteurs de faire évoluer leurs pratiques. Cette première étape a eu aussi un intérêt pédagogique en associant l'enquête et l'expérimentation : démarches d'expérimentation en milieu paysan, négociation avec les agriculteurs, mise en place d'essais, suivi, animation, discussions. Toutefois, la simplicité du dispositif a aussi fait apparaître des biais.

Les essais en blocs multilocaux

Dans la phase suivante, les essais en blocs multilocaux sur la fertilisation azotée ont limité les manipulations et ont donné des résultats statistiquement fiables. L'essai se rapproche d'un essai en station mais les conditions de réalisation sont celles de la pratique paysanne. Un choix judicieux des parcelles peut permettre d'analyser la réponse au facteur étudié en fonction de certaines de ces conditions. Du fait de l'exiguïté des parcelles paysannes, il est impossible, avec 4 répétitions, de tester plus d'un

Tableau 6

Comparaison des trois méthodes d'expérimentation utilisées en milieu paysan pour comparer différentes techniques rizicoles dans le delta du fleuve Rouge.

	Essais en couples de comparaison	Essais intermédiaires (1 parcelle = 1 bloc)	Essais classiques en blocs
Modifications requises dans la conduite de la parcelle	+	++	+++
Possibilité d'influence du paysan sur le protocole	+++	+	0
Précision statistique	+	++	+++
Diffusion de l'innovation	+++	++	0
Richesse de l'information recueillie auprès des paysans	+++	++	+
Risque d'erreur expérimentale	0	+	+++
Contrôle de l'hétérogénéité intraparcellaire	0	0	+++
Mise en place	moyenne	facile	difficile
Type de parcelles	homogène	homogène	grande
Nombre de paysans pour une expérimentation	> 10	> 4	1
Rôle de l'expérimentateur	négociation, interprétation, pédagogie, animation	négociation, compétences en statistiques, interprétation	compétences en statistiques, interprétation

0 : aucune influence. + à +++ : influence modérée à forte.

facteur à la fois ; la complexité de ce type de dispositif ne facilite pas non plus les réunions d'animation et de discussion avec les agriculteurs. L'essai met cependant en lumière des différences significatives entre les traitements, malgré de faibles écarts de rendement ; il permet aussi d'émettre de nouvelles hypothèses sur le fonctionnement du peuplement végétal en relation avec la fertilisation minérale et organique.

Les essais intermédiaires

Dans le dispositif d'essais intermédiaires, nous avons cherché une plus grande lisibilité pour les praticiens : 2 facteurs croisés, absence de répétition au sein d'une même

parcelle, duplication de l'essai sur un réseau de parcelles d'agriculteurs.

Ce dispositif aide à comprendre les faibles écarts entre les modalités de fractionnement de l'azote de l'essai en blocs multilocaux. La réponse à l'azote minéral est faible :

- sans apport d'engrais azoté, on obtient des rendements compris entre 3,0 et 4,4 tonnes par hectare toutes campagnes confondues ;
- un apport de 75 à 100 unités d'azote par hectare permet des gains de rendement de 15 à 25 %.

D'après ces résultats, on ne peut espérer des gains de rendement supérieurs à 10 % lorsqu'on compare différentes modalités d'application de ces mêmes doses. Seuls des essais en blocs multilocaux permettent de déceler ces écarts. On voit là le danger qu'il y aurait à conclure, à partir d'un essai

intermédiaire (en split-plot), à l'absence d'effets des modes de fractionnement de l'azote sur les niveaux de rendement. Cela n'est vrai qu'à petite échelle ; localement, au niveau d'une maille hydraulique par exemple, et en moyenne, il n'existe pas une modalité d'apport de l'azote qui se distingue des autres. Mais à une plus grande échelle, la parcelle, l'essai en blocs multilo-caux nous indique que, selon les saisons et les situations culturales, il existe bien des façons d'épandre l'azote plus efficaces que d'autres.

Essais et conseils aux agriculteurs

Pour conseiller les agriculteurs à l'échelle de la parcelle, il faut élaborer des références techniques que seuls les essais en blocs multilo-caux permettent d'obtenir. Pourquoi alors mener ce type d'essai en milieu paysan ? Il faut également s'assurer que les gains de rendement espérés (ici de + 0,2 à + 0,7 t/ha) sont rentables et réalisables. Seuls des essais en milieu paysan peuvent permettre de confirmer cette évaluation. L'essai en blocs multilo-caux, bien que proche des essais réalisés en station, est mené chez les agriculteurs. On sait alors que les gains de rendement attendus par des modifications du fractionnement de l'urée sont accessibles dans les conditions de la pratique paysanne : parcelle repiquée, désherbée, irriguée, etc., par l'agriculteur ; conditions de milieu et histoire culturale représentatives des situations paysannes. La petite taille et la grande homogénéité des parcelles paysannes permettent par ailleurs de conduire ce type d'essai dans de très bonnes conditions.

Conclusion générale

Dans le contexte actuel de l'agriculture vietnamienne, l'expérimentation en milieu paysan peut permettre de mieux connecter le travail des agronomes avec celui des agriculteurs, principaux destinataires des produits de la recherche agricole. La recherche en milieu paysan est un bon moyen pour apprécier les évolutions rapides en cours dans les campagnes et connaître les besoins des agriculteurs en matière de nouveautés

techniques. C'est aussi l'opportunité pour le chercheur ou le vulgarisateur de trouver une meilleure crédibilité auprès des paysans et d'aider ces derniers à mieux se préserver des agressions d'un environnement économique issu d'une libéralisation souple et rapide.

Les expérimentations en milieu paysan viennent logiquement après une première phase de diagnostic. Parfois, comme dans l'exemple des essais sur les densités de repiquage, c'est un complément au diagnostic car elles permettent d'augmenter artificiellement la variabilité d'un facteur et de mieux comprendre les stratégies des agriculteurs. Néanmoins, malgré un effort de clarification des objectifs du projet, la relation entre les paysans et la recherche résulte d'un passé chargé d'idées préconçues dont il est difficile de se défaire rapidement. L'expérimentation n'a pas atteint au départ le caractère de neutralité espéré et des biais ont été observés : plus d'urée dans les parties expérimentales de certaines parcelles, modifications instantanées des pratiques paysannes habituelles. La chronologie de nos expérimentations a été utile pour plusieurs raisons. D'abord, la recherche vietnamienne n'avait pas l'habitude de la démarche d'expérimentation en milieu paysan. D'un autre côté, les paysans s'attendaient surtout à recevoir des conseils personnalisés. Plusieurs campagnes de travail avec les paysans ont été nécessaires pour créer un climat de confiance et de partenariat. Néanmoins, grâce à la pertinence des thèmes d'étude et à l'adéquation des dispositifs utilisés, les expérimentations en milieu paysan ont permis de concilier ces différents aspects : formation des chercheurs, production de références fiables et applicables, modification des pratiques des agriculteurs.

Réalisés en conditions réelles, les essais ont ouvert à de nouvelles problématiques pertinentes mais de plus en plus complexes à analyser, car intégrant l'ensemble du système de culture. Il sera nécessaire à l'avenir de considérer les effets des précédents culturaux dans ce système intensif à 2 ou 3 cycles de culture par an. ■

Références

Bacon P. E., Heenan D. P., 1987. Effect of nitrogen fertilizer timing on crop growth and nitrogen use

efficiency by different rice varieties in Southeastern Australia. In Efficiency of nitrogen fertilizers for rice, proceedings of the meeting of the international network on soil fertility and fertilizer evaluation for rice, IRRI, Griffith, New South Wales, Australie, 10-16 avril 1985, p. 97-105. IRRI, Manila, Philippines.

Barbier J.-M., Mouret J.-C., Stutterheim N.-C., 1989. Dynamique de l'azote en rizières inondées. Résultats d'enquêtes agronomiques et méthodologie expérimentale. Colloque européen de la recherche rizicole, 5-6 septembre 1989, Arles, France, 23 p.

Barbier J.-M., Conesa A.-P., Mouret J.-C., Nougardès B., Stutterheim N.-C., 1989. Méthodes d'étude des facteurs et conditions limitant les rendements d'une culture : application au cas du riz en Camargue. *Euroryza* 1 : 15-26.

Barbier J.-M., Mouret J.-C., 1992. Itinéraire technique et fertilisation azotée du riz irrigué : le cas des rizières du sud de la France. *L'Agronomie Tropicale* 46 (4).

De Datta D. K., Patrick W. H., 1986. *Nitrogen economy of flooded rice soils*. The Hague, Martinus Nijhoff, Pays-Bas, 186 p.

Durr C., 1984. Systèmes de culture et élaboration du rendement du riz (*Oryza sativa* L.) en Camargue. Thèse de doctorat, INA Paris-Grignon, France, 226 p.

Le Quéré E., 1993. Elaboration du rendement du riz irrigué et expérimentation en milieu paysan au Nord Viêt-nam. Col. études et travaux, CNEARC, Montpellier, France, 87 p.

Le Quéré E., Bach Trung Hung, Tran Ngoc Han, 1995. Riziculture et évolution récente des pratiques culturales au Nord-Vietnam. *Cahiers d'Outre-Mer* 48 (190) : 229-250.

Le Quéré E., Bach Trung Hung, Pham Quang Ha, Barbier J.-M., 1996. Riziculture au Nord-Vietnam : comparaison delta/moyenne région par l'élaboration du rendement. In Actes du séminaire Agriculture familiale et gestion des ressources du milieu dans le bassin du fleuve Rouge, Hanoi, Vietnam, 9-12 avril 1996.

Moreau D., 1987. L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic. GREP, Paris, France, 116 p.

Meynard J.-M., David G., 1992. Diagnostic du rendement des cultures. *Cahiers Agricultures* 1 : 9-19.

Stutterheim N.-C., 1994. Towards higher nitrogen efficiency in European rice cultivation: a case study for the Camargue. Thesis Ph D, université agronomique de Wageningen, Pays-Bas, 92 p.

Trung Tam Khao Va Kiem Nghiem, 1992. *Giống cây va trồng uong - 138 giống cây trong*. Ed. Nha Xuất Ban Nông Nghiệp. T.P. Hồ Chí Minh-Ville, Vietnam, 192 p.

Vigneau G., 1996. Choix de traitements phytosanitaires en riziculture irriguée : étude du cas de deux communes du delta du fleuve Rouge. Rapport de fin d'étude, CNEARC, Montpellier. France, 54 p.

Yoshida S., 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, 251 p.

Résumé

Expérimentations en milieu paysan : méthodes d'essais et résultats techniques sur la densité et la fertilisation azotée du riz irrigué au nord du Vietnam.

Cet article présente des exemples d'expérimentation en milieu paysan menées sur la riziculture irriguée dans le district de Nam Thanh, zone de culture intensive au cœur du delta du fleuve Rouge. En 1992, un essai en couples de comparaison sur la densité de repiquage a entraîné une rapide diffusion des pratiques testées, mais aussi des biais liés aux perceptions et aux attentes réciproques des agriculteurs et chercheurs face à cette nouvelle démarche. Il a permis de mieux comprendre les interactions des pratiques au sein de l'itinéraire technique ainsi que les difficultés des agriculteurs à raisonner la fertilisation. En 1994, toujours en parcelle paysanne, un essai classique en blocs multiloceaux a permis, par sa précision, de montrer de faibles différences de rendement entre plusieurs modalités de fractionnement de l'urée aux campagnes de printemps et d'été. Il a ouvert de nouvelles hypothèses de recherche sur les interactions entre fertilisation organique et minérale et sur l'efficacité des engrais dans ce type de milieu. En 1995, un nouveau dispositif d'essais intermédiaires entre les deux précédents a été installé pour évaluer les interactions et les efficacités relatives de la fertilisation organique et minérale. Adapté à la situation particulière de forte homogénéité et de petite taille des parcelles paysannes, ce dispositif a permis de tester un plus grand nombre de traitements. Cependant, la variabilité interparcelle nuit à une bonne évaluation de traitements peu différenciés. Grâce à ces différentes expérimentations en milieu paysan conduites pendant trois années consécutives, il a été possible de concilier les trois objectifs du projet : formation, production de références techniques et diffusion de nouveautés.

Summary

Smallholder experiments: trial methods and technical results on planting density and nitrogen fertilizer use for irrigated rice in northern Vietnam.

This article presents examples of trials on irrigated rice production carried out on smallholdings in the Nam Thanh district, an intensive farming region in the Red River delta. In 1992, techniques tested in a comparative double trial on replanting density were rapidly diffused. Farmers and researchers were also quick to give their impressions and state their expectations of this new approach. The trial highlighted the interactions involved in crop management and the difficulties that farmers have in developing an efficient fertilizer strategy. In 1994, a classic and detailed trial carried out on smallholdings demonstrated small yield differences between several methods of dividing spring and summer applications of urea. It led to new hypotheses on the interactions between organic and mineral fertilizer use and on the efficiency of fertilizer applications on smallholdings. In 1995, a new experimental approach, based on the two previous trials, was set up to look at the interactions and the relative efficacy of organic and mineral fertilizers. Adapted to the relatively homogenous, small-scale smallholder plots, this approach made it possible to test a greater number of treatments. However, variability between plots made it difficult to accurately assess similar treatments. The project achieved its objectives (training, establishing technical recommendations, and diffusing new information) during the 3 consecutive years of on-farm trials.

Tóm tắt

Các thử nghiệm trong môi trường nông dân: Các phương pháp thử nghiệm và những kết quả kỹ thuật về mật độ cấy và bón phân cho lúa nước ở Bắc Việt Nam

Bài báo này trình bày một số ví dụ thí nghiệm trong môi trường nông dân được tiến hành trên lúa nước tại huyện Nam Thanh, vùng thâm canh thuộc Đồng Bằng sông Hồng. Vào năm 1992, một thử nghiệm về cặp so sánh được tiến hành trên mật độ cấy làm cho các phương thức đã kiểm định được phổ biến nhanh chóng. Nhưng nó cũng là bước trung gian gắn mật thiết với các quan niệm và những mong đợi của nông dân cũng như của các nhà nghiên cứu trước tiếp cận mới mẻ này. Kiểm định này cho phép hiểu rõ hơn mối tương thức trong một quy trình kỹ thuật cũng như là những khó khăn mà nông dân gặp phải để lý giải việc bón phân. Vào năm 1994, vẫn tại các mảnh ruộng của nông dân, một thí nghiệm cổ điển theo khối đa điểm đã chứng minh rằng với các hình thức bón phân đạm khác nhau, năng suất thu được không khác nhau nhiều lắm ở cả hai vụ xuân và mùa. Chính thí nghiệm này đã mở ra giả thuyết mới cho nghiên cứu về sự tương tác giữa bón phân hữu cơ, bón phân hoá học và hiệu quả của các loại phân trong kiểu môi trường này. Vào năm 1995, một bố trí thí nghiệm trung gian mới giữa hai thí nghiệm trước đã được đưa vào để đánh giá sự tác động qua lại và hiệu quả tương đối của việc bón phân cơ và bón phân hoá học. Bố trí thí nghiệm này phù hợp với những điều kiện đặc biệt ở các mảnh ruộng của nông dân đó là độ đồng nhất rất cao và kích cỡ của các mảnh ruộng thí rất nhỏ. Bố trí thí nghiệm này cho phép kiểm định được nhiều công thức này. Nhờ vào nhiều thí nghiệm được tiến hành trong 3 năm liên tục tại môi trường nông dân nên đã có thể dung hòa được 3 mục đích của dự án: Tập huấn, tạo ra các tham chiếu kỹ thuật, khuyến cáo các đổi mới.