

VARIABILITE SPATIALE DES RENDEMENTS DU RIZ EN SYSTEME DE RIZICULTURE INTENSIVE (SRI) EN ZONE OFFICE DU NIGER AU MALI

M. BAGAYOKO¹, G. TRAORE², O. SAMAKE²

¹Institut d'Economie Rurale (IER) - Equipe Système et Gestion des Ressources Naturelles (ESPGRN),
Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono (CRRRA-N), BP 12 Niono, Mali

²Institut d'Economie Rurale (IER)
Auteur correspondant Email : minamba.bagayoko@yahoo.fr

RESUME

Une étude exploratoire a été menée de 2009 à 2013 en vue d'évaluer la faisabilité technique du Système de Riziculture Intensive (SRI) dans cinq localités de l'Office du Niger. Le protocole expérimental comprenait 3 traitements : pratique paysanne avec la dose recommandée de fumure minérale (T1) ; méthode SRI avec 10 tonnes de fumier plus la dose d'engrais recommandée (T2) et méthode SRI avec 10 tonnes de fumier et la moitié de la dose vulgarisée de fumure minérale (T3). En plus, deux essais factoriels comprenant les combinaisons fumier X azote et phosphore X azote ont été conduits en station. Durant les 3 années d'étude, les rendements ont varié entre 4,5 et 10 t ha⁻¹ et plus avec la méthode SRI et entre 3 et 8 t ha⁻¹ avec la méthode conventionnelle. En outre, une relation positive entre les pratiques de gestion des cultures et les rendements en milieu paysan a été observée. Il en a été de même pour les rendements et les facteurs sol notamment N et P. Dans près de 50 % des cas, la variabilité des rendements pouvait être expliquée par des pratiques culturales, et de gestion de la fertilité et de l'eau.

Mots clés : Système de Riziculture Intensive, variabilité spatiale, facteur sol, fertilisation minérale, fumier

ABSTRACT

SPATIAL VARIABILITY OF RICE YIELD UNDER THE SYSTEM OF RICE INTENSIFICATION (SRI) IN THE OFFICE DU NIGER IN MALI

An exploratory study was conducted from 2008 to 2011 in the Office du Niger to determine the feasibility of the System of Rice Intensification (SRI) cultural practice. The experiments consisted of 3 treatments: farmer practice (T1) ; SRI (T2) with 5 tons of manure and the recommended rate of mineral fertilizer and SRI with 5 tons of manure and half of the recommended dose of mineral fertilizer (T3). A total of 40 farmers were involved in the tests. During the three years of evaluation, large spatial and temporal variabilities were observed. Yields varied between 4.5 and 10 t ha⁻¹ and more for SRI and between 3 and 8 t ha⁻¹ for the conventional practice. There was a significant correlation between farming practices and yields, and between yields and soil factors (especially N and P). More than 60 % of the variations in performance were due to the control of cultural practices and water management in both systems (conventional method and SRI). Because of large spatial variability of yields, it was concluded that the SRI can lead to low yields if proper cultural practices are not followed.

Keywords: Rice Intensification System, spatial variability, rice yield, mineral fertilizers, animal manure.

INTRODUCTION

Le Système de Riziculture Intensive (SRI) est actuellement considéré comme une opportunité pouvant renverser la tendance baissière ou de stagnation des rendements afin de parvenir à une production plus importante de riz. C'est une technique développée de façon empirique à Madagascar qui a surtout gagné l'adhésion d'un nombre important de pratiquants à travers le

monde. La pratique est basée sur de nouvelles méthodes de gestion du système Sol-Eau-Plante qui, tout en réduisant l'utilisation des intrants chimiques, de l'eau et des semences, permet d'augmenter le rendement de 50 % ou plus par rapport à la méthode conventionnelle.

Tandis que le SRI tend à se répandre à travers le monde, la technologie continue de susciter des débats scientifiques quant à la véracité de son efficacité réelle (car évalué par des noms

scientifiques). Les débats scientifiques tournent surtout autour de la durabilité du système et de son impact réel sur l'environnement géo-biophysique de production.

Selon les Experts du riz, les résultats obtenus par cette méthode sont mitigés et suscitent des questions quant à leur efficacité réelle et leur acceptabilité à long terme par les producteurs. Conçu localement avec les paysans, plutôt que par les Experts en science du sol et des plantes, le SRI apparait comme une technologie peu coûteuse en intrants, peu exigeante en eau et adaptée aux sols pauvres à capacité d'irrigation limitée. Toutefois, selon certains auteurs notamment Jean-Teyer *et al.* (2007), on enregistre un fort taux d'adoption suivi d'abandon par certains paysans déjà engagés dans la technologie. Selon ces mêmes auteurs, le principal goulot d'étranglement de ce système est sa demande importante en main d'œuvre. En plus, les aspects portant sur la rentabilité espérée à la fin de la saison culturale, la force de travail utilisée dans le SRI et le revenu monétaire, tiré de la vente de cette force de travail, demeurent des sujets controversés.

Par ailleurs, les différentes études réalisées, montrant les effets bénéfiques du SRI sur la production, sont plutôt critiquées, car elles fournissent peu d'indications sur les impacts environnementales et l'évolution à long terme de l'activité biologique et de la fertilité des sols.

Dans les systèmes de riziculture paysanne, il a été démontré que plusieurs facteurs (pratique paysanne, gestion de la fertilité, gestion de l'eau, gestion des adventices etc.) interagissent pour déterminer le rendement (Husson *et al.*, 2004). La variabilité dans les pratiques culturales spatiotemporelles, la différence dans les pratiques de gestion de l'eau et de la fertilité, le fort impact de ces facteurs sur les stades du développement du riz conduisent souvent à des rendements extrêmement variables (Husson *et al.*, 2004).

Les sols de l'Office du Niger subissent, depuis plus d'une vingtaine d'années, des phénomènes de salinisation/alcalinisation (Marlet et N'diaye, 1998). Ces phénomènes de dégradation évoluent dans le temps et toute introduction de nouvelles technologies dans le système doit tenir compte de cette réalité. En effet, les processus d'alcalinisation/salinisation des sols de l'Office du Niger ont été mis en évidence par de nombreux chercheurs (Bertrand, 1985 ; Vallès *et al.*, 1987) et signalés comme évolutifs avec des risques

importants pour la riziculture au Mali (Marlet et N'diaye, 2002). Avec le maintien d'une lame d'eau, on assiste à une diminution du pH *in situ* et à une tendance à la baisse de l'alcalinité de l'horizon de surface. Ce qui conduit à un impact limité du processus d'alcalinisation sur le rendement du riz (Marlet et N'Diaye, 1998). Par rapport au SRI, il y a de grandes craintes que la méthodologie n'accroisse le phénomène de salinisation et compromette la durabilité du système. La présente étude a donc pour objectif d'évaluer la faisabilité technique du Système de Riziculture Intensive (SRI) dans deux zones de l'Office du Niger.

MATERIEL ET METHODES

La variabilité spatiale des rendements du riz irrigué a été examinée dans le système de riziculture intensive entre 2009 et 2014 dans différentes zones rizicoles au Mali. L'étude a été menée dans 5 zones de l'Office du Niger, dont deux sur le financement de la Fondation Syngenta (M'Béwani, Kouroumari) et 3 sur financement du Syndicat des Exploitants de l'Office du Niger (SEXAGON) à Niono, Molodo et N'Débougou.

ZONE D'ETUDE

La zone Office du Niger est située dans le delta central nigérien qui s'étend dans la direction Nord-Est entre 13° et 15° N et entre 4 et 6° W. Le climat, de type soudano-sahélienne, est caractérisé par une saison humide de juin à Octobre, une saison sèche froide de novembre à février et une saison chaude et sèche de mars à mai. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 450 et 600 mm en fonction des années. Avec le changement climatique, les moyennes actuelles sont autour de 450 mm. La température moyenne varie entre 14°C en janvier-février et 40°C en avril-mai. Les types de sol les plus dominants de la zone Office du Niger sont : les sols dangas, dians et moursis. Il s'agit de dénomination vernaculaire de classe de sols, qui s'appuient sur les caractéristiques visuelles des sols dont les textures leur offrent des aptitudes différentes face au travail du sol. Les moursis sont des sols argileux à tendance vertique, pauvres en matières organiques, présentant parfois des fentes de retrait et ayant des réactions basiques tandis-que les dangas sont des sols argileux-limoneux présentant parfois des nodules calcaires à réaction acide.

MATERIEL

Le matériel utilisé dans cette étude est constitué de variétés de riz, de matière organique, et d'engrais minéraux. Les variétés de riz utilisées sont : Kogoni 90-1, WASSA et WAT-310 qui sont des variétés très cultivées dans l'Office du Niger et qui ont des rendements potentiels de 8-12 t ha⁻¹. Il s'agit de variétés issues du programme riz irrigué du Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono. La fumure organique utilisée est le fumier de parc possédant de faibles teneurs en N (0,34 %), en P (0,16 %) et en K 0.65 %).

TRAITEMENTS UTILISES

Tests en milieu paysan sur financement de la fondation Syngenta

Les essais ont été conduits dans les zones de M'Béwani et de Kouroumari. Le protocole comprenait 3 traitements, dont pratique paysanne avec la dose recommandée de fumure minérale (T1) et deux parcelles de Systèmes de Riziculture Intensive dont (T2) avec 5 tonnes de fumier et la dose recommandée de fumure minérale (T2) et avec 5 tonnes de fumier et la moitié de la dose vulgarisée de fumure minérale

(T3). Au total, 40 producteurs sont impliqués dans les essais en 2009, 56 producteurs en 2010, 50 en 2011.

Tests en milieu paysan

Les tests en milieu paysan ont été menés par le Centre Régional dans trois zones 3 zones de l'Office du Niger, Niono, Molodo et N'Débougou sous la demande de Sexagon, Syndicat des exploitants de l'Office du Niger. Le protocole du test de démonstration comportait seulement 2 traitements. Un traitement (T1) témoin du producteur et le traitement (T2) parcelle SRI avec 10 tonnes de fumure organique. Environ 45 producteurs étaient concernés par ces tests.

Tests en station de recherche

Deux essais factoriels ont été conduits en station de recherche. Le premier comportait la combinaison factorielle de 3 doses de fumure organique (fumier de parc) et 6 doses N soit 18 traitements (Tableau 1). Le second comportait la combinaison factorielle de 4 doses de P et 6 doses de N, soit 24 traitements (Tableau 2). Le phosphore a été apporté sous forme de triple super phosphore et l'azote sous forme d'urée. La source de fumure organique était du fumier de parc.

Tableau 1 : Combinaison factorielle de 3 doses fumier de parc et 6 doses d'azote

Factorial combination of 3 doses of park manure and 6 doses of nitrogen

Doses de fumure organique (tonne/ha)	Doses d'azote (kg/ha)
FO1= 5 t/ha fumier de parc	N1 = 0
FO2= 10 t/ha fumier de parc	N2 = 40
	N3 = 80
	N4 = 120
FO3= 15 t/ha fumier de parc	N5 = 160
	N6 = 200

Tableau 2 : Combinaison factorielle de 4 doses de phosphore et 6 doses d'azote*Factorial combination of 4 doses of phosphorus and 6 doses of nitrogen*

Doses de phosphore (kg/ha)	Doses d'azote (kg/ha)
P1= 0	N1 = 0
P2= 10	N2 = 40
P3= 20	N3 = 80
	N4 = 120
P4= 30	N5 = 160
	N6 = 200

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

En milieu paysan, le dispositif expérimental en blocs dispersés en champs paysans où chaque paysan était considéré comme une répétition.

En station, l'essai fumure organique x N était arrangé en split-plot avec comme facteur principal la fumure organique et facteur secondaire les doses de N. L'essai factoriel phosphore x N était un arrangement complet de 4 doses de P et 6 doses de N. Tous les traitements ont été disposés dans des blocs à randomisation complète (RCBD) par type d'essai avec 4 répétitions.

PRATIQUES CULTURALES

En milieu paysan, les pratiques culturales utilisées ont été différents d'un producteur à l'autre. Par rapport aux pratiques paysannes, les principales différences ont surtout été observées au niveau des entretiens culturaux, de la gestion de l'eau et de la fertilisation qui dépendent beaucoup plus des habitudes du producteur. Sur la base de la méthode SRI, des recommandations spécifiques ont été faites par rapport à : (1) l'âge des plants, à la densité de repiquage (1 plant par poquet à 25 cm x 25 cm) ; (2) l'utilisation de la fumure organique ; (3) le sarclage ; (4) la gestion de l'eau ; (5) l'alternance assèchement-irrigation. Malheureusement, cette dernière activité n'a pu être réalisée partout, à cause des fortes pluies durant la période des essais et aussi de l'état avancé de la dégradation du planage de beaucoup de parcelles paysannes.

PREPARATION DE LA PEPINIERE

Avant le semis dans la pépinière, les semences ont été soigneusement triées pour avoir une germination uniforme. La parcelle de la pépinière a été travaillée à la main à l'aide d'une houe traditionnelle, puis émiettée et bien nivelée. La parcelle a été maintenue humide pendant deux jours avant d'être semée. Avant le semis, les semences ont été trempées pendant 24 h, puis incubées pour pré-germination. Les semences pré-germées après 48 h ont été semées puis régulièrement arrosées jusqu'à la germination complète.

REPIQUAGE DES PLANTULES DE RIZ

Avant le repiquage, la grande parcelle devant recevoir les traitements SRI a été soigneusement préparée. Les jeunes plants de riz ont été repiqués entre 12 et 15 jours après germination. Le riz a été repiqué à 25 cm x 25 cm. Dans la majorité des cas, les parcelles SRI qui étaient supposées rester humides pendant la phase de croissance ont subi des engorgements fréquents en fonction de la fréquence des pluies. En 2009 et 2010, des pluies abondantes sont régulièrement tombées, ce qui n'a pas favorisé la gestion de l'eau dans la majorité des parcelles paysannes.

GESTION DES MAUVAISES HERBES

Très souvent, les parcelles paysannes n'ont pu être régulièrement désherbées comme prévu dans le protocole. Toutefois, dans les essais en station, les parcelles ont été entièrement désherbées, avec 3 à 4 désherbages suivant la demande.

COLLECTE DES DONNEES

La collecte des données a concerné les dates des opérations culturales, le comptage du nombre de talles, de plants et de panicules, la hauteur des plants, les poids paille, paddy et de 1000 grains de riz. Aussi, le taux de stérilité a-t-il été évalué par comptage du nombre de panicules blanches et de grains non remplis.

ANALYSE STATISTIQUE

L'outil statistique utilisé a été le *GENSTAT 5, release 3* (Lawes Agricultural Trust, 1993). Tous les paramètres ont été soumis à l'analyse de la variance en utilisant les fonctionnalités de ce logiciel. La comparaison des moyennes a été faite en utilisant l'erreur standard de la différence entre les moyennes (SED)

RESULTATS

DISTRIBUTION DES RENDEMENTS DANS LES CHAMPS

L'observation de la courbe de distribution des rendements montre une très grande variabilité des rendements SRI d'un champ à un autre dans

la localité de MBéwani (Figure 1) et celle de Kouroumari (Figure 2) en 2009. Cette grande variabilité a été observée dans tous les sites d'expérimentation aussi bien en zone Office du Niger que dans les petits périmètres irrigués villageois de la région de Mopti où ces mêmes études ont été conduites.

En 2009 à MBéwani, 17 % des producteurs avaient des rendements inférieurs à 5 t ha⁻¹, 63% des producteurs entre 5 et 8 t ha⁻¹ et 20 % des producteurs ont eu des rendements supérieurs à 8 t ha⁻¹ (Figure 1). La même année dans le Kouroumari, 35 % des producteurs ont eu des rendements inférieurs à 5 t ha⁻¹ et 56 % entre 5 et 8 t ha⁻¹. Seulement 2 % des producteurs avaient eu des rendements supérieurs à 8 t ha⁻¹ (Figure 2). Dans le Kouroumari, des rendements aussi bas que 2,5 t ha⁻¹ et 3 t ha⁻¹ ont été enregistrés chez deux producteurs. Il a également été constaté que les rendements ont été faibles partout où il y a eu insuffisance de gestion, comme par exemple : le retard dans l'implantation ; l'insuffisamment dans la préparation de la parcelle ; le champ très enherbé ; le champ constamment inondé ; etc. Toutefois, ces valeurs aberrantes n'ont pas été éliminées de l'analyse de variance, puisqu'il s'agissait des situations réelles.

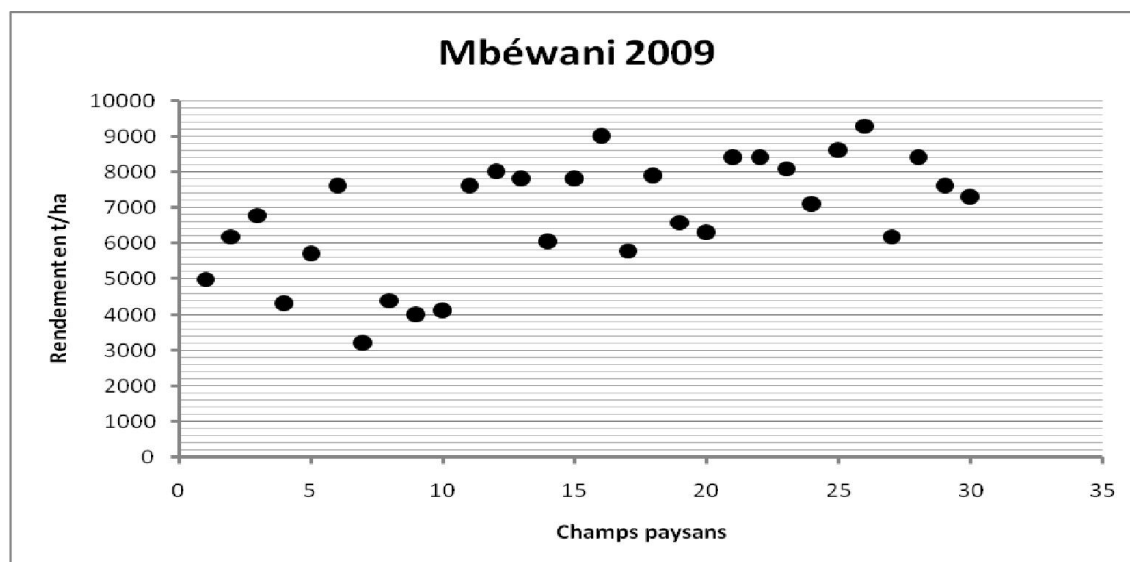


Figure 1 : Distribution des rendements de riz dans les champs paysans à MBéwani en 2009

Distribution of rice yields in Farmers' fields in the locality of MBewani in 2009

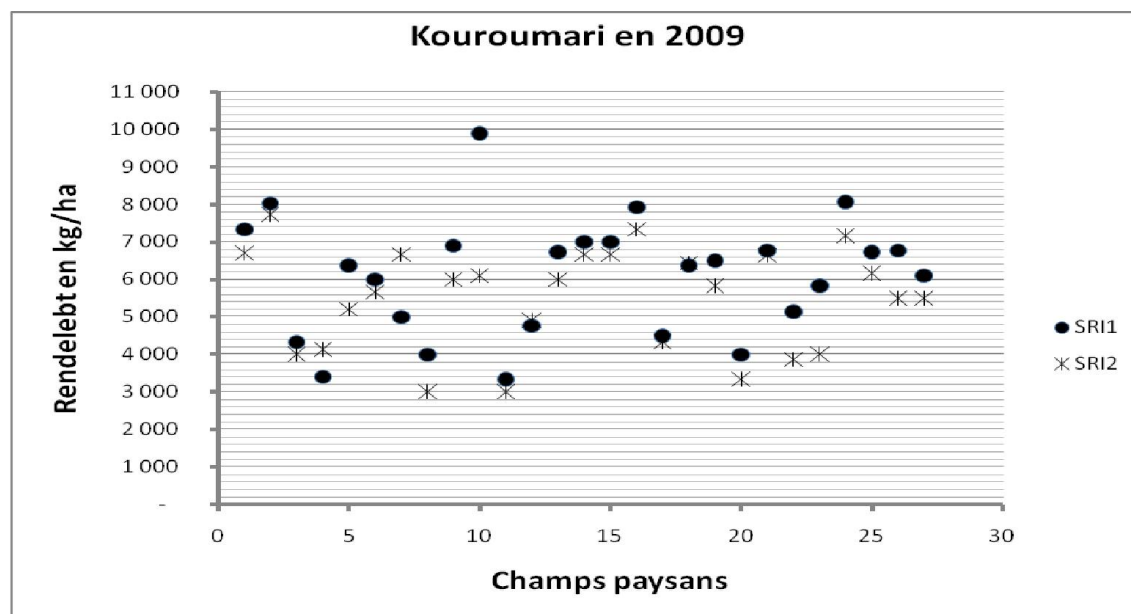


Figure 2 : Distribution des rendements de riz dans les champs paysans à Kouroumari en 2009

Distribution of rice yields in Farmers' fields in the Kouroumari zone in 2009

Les rendements observés à MBéwani en 2010 ont été satisfaisants dans l'ensemble avec aucun cas d'aberration constaté. L'analyse de variance, effectuée sur les paramètres de rendements (nombre de talles, nombre panicules récolté, nombre de grains par panicules et rendement) a montré des différences hautement significatives ($F = 0.001$) entre les traitements

(Tableau 3). Toutes les différences constatées ont été en faveur des parcelles SRI comparées aux parcelles Témoins. Il a été enregistré 113 % plus de talles et 41 % plus de riz paddy dans la parcelle SRI ayant reçu la demi-dose de fumure vulgarisée et 133 % plus de talles et 72 % plus de riz paddy dans les parcelles SRI avec la dose complète d'engrais par rapport aux parcelles Témoins.

Tableau 3 : Nombre de talles par plante et rendement du riz des tests en Système de Riziculture Intensive dans la localité de M'Béwani en 2010.

Number of talles per plant and rice yield of the System of Rice Intensification tests in the locality of M'Béwani in 2010.

Traitements	Nombre de talles par plant	Rendements (kg ha^{-1})
T0	26,2	6815
T1	59,1	9631
T2	63,4	11747
P>F	0,001	6815
SED	8,65	9631
CV%	14,3	11747
Variété de maïs		0,001
Fertilisation minérale		0,697
Variété de maïs x fertilisation minérale		0,202

Les résultats du Kouroumari montrent que les rendements ont significativement varié ($F = 0.001$) entre 5345 et 8936 kg ha⁻¹ avec une moyenne de 7210 kg ha⁻¹ (Tableau 4). Les accroissements de rendement par rapport au témoin ont été de 35 % en faveur de la demi-

dose de fumure vulgarisée et 67 % en faveur de la fertilisation minérale complète. Le nombre de talles au m² a varié entre 217 et 393, respectivement dans la parcelle SRI1 et SRI2. Le poids minimum de 1000 grains observé a été de 23,4 g et le maximum 25,25 g.

Tableau 4 : Résultats des tests en Système de Riziculture Intensive dans la localité de Kouroumari en 2010

Results of tests of the System of Rice Intensification tests in the locality of Kouroumari in 2010.

Traitements	Taille moyen de plants (cm)	Nombre de talles au m ²	Poids 1000 grains (g)	Rendement kg/ha ⁻¹
T0	70,62	217,7	23,54	5345
T1	71,29	392,8	25,17	8936
T2	70,53	355,3	25,25	7348
P>F	0,091	0,001	0,001	0,001
SED	1,32	8,65	0,022	68,40
CV%	2,8	3,0	2,3	2,8

T0 (pratique paysanne) ; T1 : SRI + (100 kg DAP + 200 kg Urée) ; T2 : SRI + (5 T FO + 50 kg DAP + 200 kg Urée)

PRODUCTIVITE DU RIZ DANS LES LOCALITES DE NIONO, MOLODO ET N'DEBOUGOU

Dans les localités de Niono, Molodo et N'Débougou, une très grande variabilité spatiale dans la distribution des rendements a été observée en 2013 aussi bien dans le SRI que le Témoin. Les rendements paddy ont varié entre 1,9 t ha⁻¹ et 11,4 t ha⁻¹ (Figure 3). Les maximums

et minimums de rendements observés pour le SRI ont été 7,2 et 4,6 t ha⁻¹; 11,4 et 2,2 t ha⁻¹; 10,7 et 2.5 t ha⁻¹ respectivement dans les localités de Niono, Molodo et N'Débougou (Tableau 5). Pour les parcelles Témoins, les rendements ont été de 4,6 et 1,9 t ha⁻¹; 6,8 et 2,3 t ha⁻¹; 6,2 et 2,2 t ha⁻¹ respectivement dans les localités de Niono, Molodo, N'Débougou.

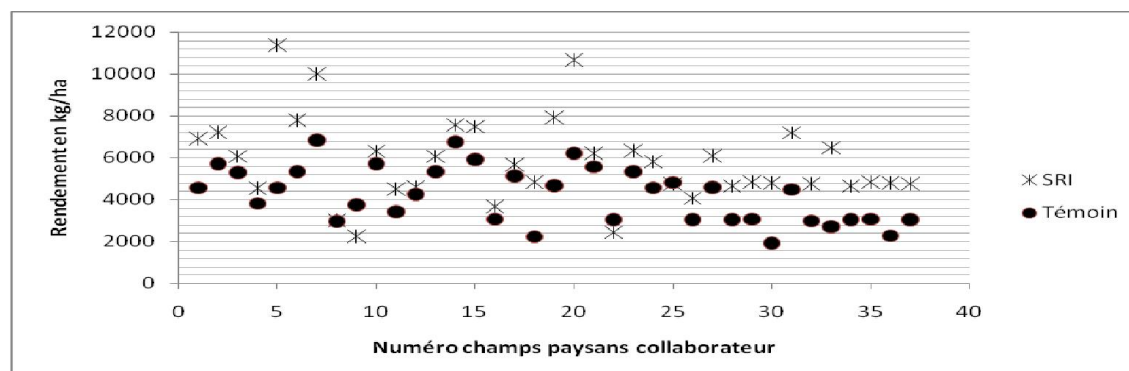


Figure 3 : Distribution des rendements dans les champs paysans à Niono, Molodo et N'Débougou en 2013

Distribution of yields in farmers' fields in Niono, Molodo and N'Débougou in 2013

Tableau 5 : Valeurs maxi et mini des paramètres de rendement observés dans les tests en Système de Riziculture Intensive dans les localités de Niono, Molodo et N'Débougou

Maximum and minimum values of the yield parameters observed in the tests of the System of Rice Intensification tests in the localities of Niono, Molodo and N'Débougou

Localités	Nombre de talles /m ²		Nombre de Panicules / m ²		Rendement kg/ha	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Niono	608	210	598	201	7200	4650
Molodo	1060	320	1060	320	11400	2250
N'Débougou	960	248	770	227	10690	2450

TESTS EN STATIONS DE RECHERCHE EFFET FUMIER XAZOTE

L'analyse de variance sur deux années successives a donné des tendances similaires. Des interactions non significatives entre les différents facteurs étudiés ont été observées. L'effet de la fumure organique n'a pas montré de différence significative entre les 3 doses de fumier. La forte dose (15 t ha⁻¹) n'a pas nécessairement augmenté le rendement. L'effet synergique du fumier et de la fumure minérale a été très perceptible. La dose de fumure vulgarisée a permis de maximiser les

rendements.

EFFET PHOSPHORE XAZOTE

Aucune interaction significative n'a été observée entre les doses de P et de N. Aucun effet significatif n'a été observé avec les apports de phosphore (Figure 4). Toutefois, les écarts entre les doses de N ont été significatifs sur le nombre de grains formés par panicule et sur le poids total paddy. En revanche, le rendement du riz paddy a augmenté avec les doses croissantes N (Figure 5).

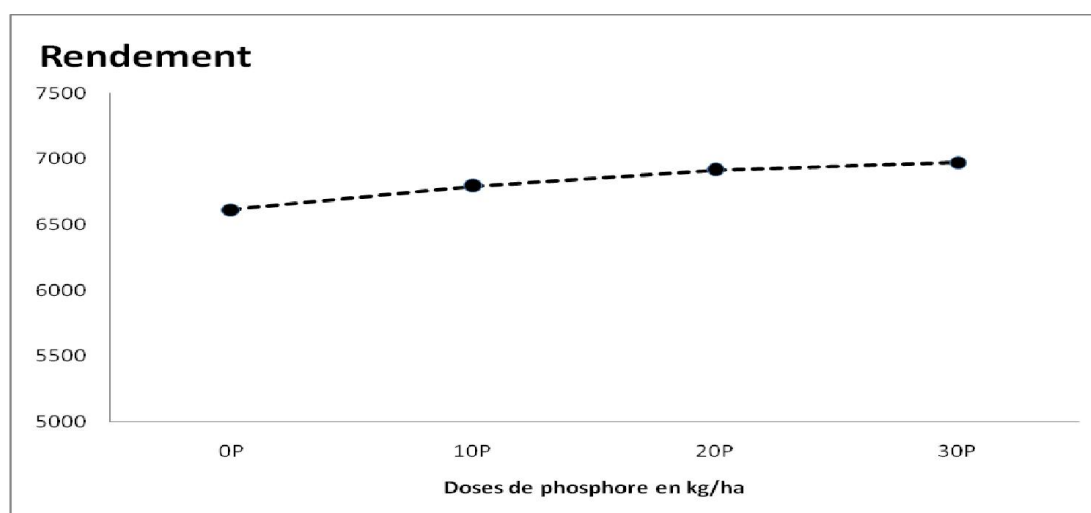


Figure 4 : Réponse des tests du Système de Riziculture Intensive aux apports de phosphore en 2011
Response of the System of Rice Intensification tests into phosphorus inputs in 2011

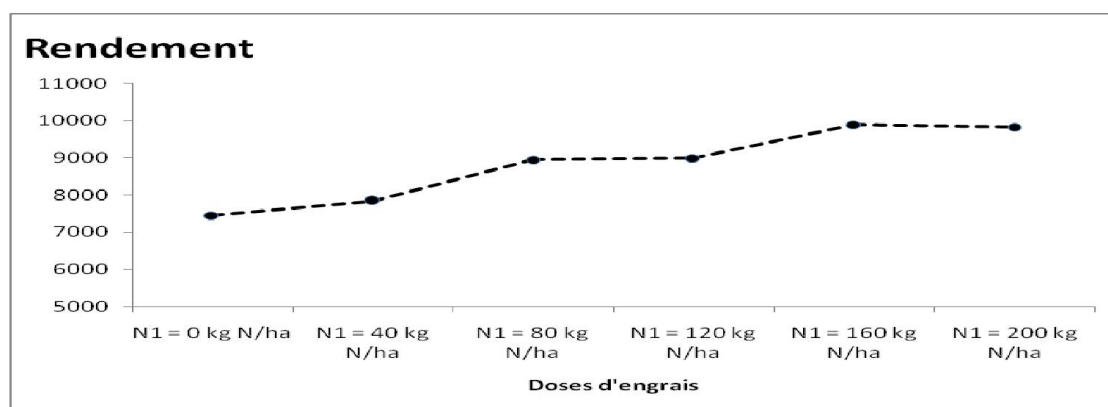


Figure 5 : Réponse des tests du Système de Riziculture Intensive aux apports d'azote en 2011

Response of the System of Rice Intensification' tests into nitrogen inputs in 2011

DISCUSSION

Les résultats de ces essais montrent que le SRI permet d'accroître les rendements dans les différentes zones de culture. Plusieurs données ont déjà été publiées sur l'augmentation des rendements du riz dans le SRI (Arokia Raj *et al.*, 2008 ; Hussain *et al.*, 2009 ; Stoop *et al.*, 2009). Ces augmentations de rendements sont dues à plusieurs facteurs dont le repiquage de plants trop jeunes favorisant un tallage important des plants de riz (Arokia Raj *et al.*, 2008), la gestion améliorée de l'eau dans la parcelle. Par ailleurs, le sarclage favorise l'aération du système racinaire, la lutte contre les mauvaises herbes. De même, l'amélioration de la nutrition azotée serait favorisée grâce à l'alternance de la submersion et de l'assèchement de la parcelle. Cette alternance permet la mise à la disposition des plants de riz les éléments nutritifs issus de la minéralisation de la matière organique en perpétuel évolution.

Sur tous les localités d'étude, le tallage a été un élément important d'appréciation. Il a été noté dans l'ensemble que les parcelles SRI ont développé beaucoup plus de talles que les parcelles non SRI. Le tallage important serait lié au repiquage des plants trop jeunes comme cela a été observé déjà par d'autres auteurs (Gani *et al.*, 2002 ; Krishna *et al.*, 2008). Les effets synergiques du repiquage précoce et de l'espacement ont été souvent rapportés dans la littérature. Chapagain et Yamaji (2010) ont observé que l'effet du repiquage précoce accroît le tallage des plants, la largeur des panicules, le nombre de grains par panicules et le poids 1000 grains de riz. Des observations similaires ont été faites sur le tallage, la précocité de la

floraison et le rendement paddy dans les parcelles SRI comparées à la méthode conventionnelle selon Gani *et al.* (2002) et Krishna *et al.* (2008). Ces auteurs ont surtout attribué ces améliorations à la gestion efficace de l'eau du sol et de la lumière.

L'analyse des valeurs individuelles par producteur a montré des cas de rendements faibles 35 % des producteurs dus, notamment, soit au retard constaté dans l'installation des essais, soit à l'enherbement excessif des parcelles. En riziculture irriguée, la grande variabilité dans la distribution spatiale des rendements est surtout imputable à la maîtrise des techniques culturales. L'enherbement constitue un facteur important dans le calcul des rendements. La lutte contre les adventices a toujours été une préoccupation des paysans dans les localités d'étude. En effet, les pertes de rendements occasionnées par les mauvaises herbes peuvent varier entre 10 et 100 % (Sarra, 2013). Dans le cas du système de riziculture intensive, le sarclage fréquent a été recommandé et un outil mécanique de sarclage proposé au producteur. Durant les tests, c'est surtout la houe rotative qui a été proposée aux producteurs mais en nombre insuffisant. Plusieurs producteurs ont désherbé manuellement, si bien que la fréquence du sarclage n'a pas été respectée dans beaucoup de cas. Les faibles rendements (2 - 3 t ha⁻¹) observés chez certains producteurs étaient associés à la mauvaise maîtrise de l'eau et à l'enherbement important des champs.

La maîtrise de l'irrigation est importante dans le système de riziculture intensive. L'Office du Niger est un ancien aménagement dont les parcelles présentent aujourd'hui beaucoup de défaillances en maîtrise de l'eau dues

essentiellement à vétusté des installations au manque de formation des gestionnaires de l'eau. Le SRI est une méthodologie qui demande un système alterné de mise en eau et d'assèchement (assèchement/humectation) des parcelles jusqu'à la phase formation des grains de riz. Chapagain et Yamaji (2010) ont montré que la productivité du sol avec l'alternance assèchement et drainage a été de 1,74 g/L contre 1,25 g/L d'eau appliquée en irrigation continue.

Les effets de la fumure organique sont bien connus. Les agronomes recommandent que la fumure organique soit associée à la fumure minérale pour une meilleure efficacité et durabilité des systèmes de production. La fumure organique joue un double rôle : un rôle d'amélioration de la structure et d'approvisionnement en nutriments de la plante. Cette étude en station de recherche a révélé que les fortes doses de fumure organique n'entraînent pas nécessairement des accroissements de rendements si un certain seuil est atteint. Les résultats obtenus pourraient aussi être liés à la qualité du fumier. Pour un fumier bien décomposé et de bonne qualité, l'effet, même à faible dose peut être perceptible. En milieu paysan, la disponibilité de la fumure organique est une préoccupation exprimée par les producteurs dans la conduite du programme SRI. C'est pourquoi, une stratégie de compostage accéléré est conseillée pour palier aux mauvais fumiers.

Le rendement du riz augmente en fonction des doses de N (Figure 5). Ces résultats montrent que l'azote demeure le pivot de la fertilisation du riz ; les fortes doses entraînent toujours des accroissements de rendements mais la rentabilité économique doit toujours être évaluée pour fixer un seuil optimum d'application. Le N n'a probablement pas été un facteur limitant les rendements qui ont été de 6 t et plus. Les plants de riz absorbent N surtout sous la forme ammoniacale (NH_4^+) dans les conditions d'anoxie et sous la forme nitrique (NO_3^-) dans les conditions d'aération (Kronzucker *et al.*, 1999). Avec la formation de méthode conventionnelle, la fertilisation minérale notamment N est apportée dans les conditions d'anoxie avec N sous forme NH_4^+ Scheiders et Scherer, 1998). L'apport de N sous les formes NH_4^+ et NO_3^- peut augmenter le rendement de 40 à 70 % par rapport NH_4^+ comme seule source N (Kronzucker *et al.*, 1999 ; Ceesay *et al.*, 2009). En SRI, l'alternance assèchement / irrigation peut favoriser la croissance du riz puisque la plante aura accès aux deux sources d'azote

contenu dans l'eau et dans le sol pour son alimentation (Scheiders et Scherer, 1998). Ceci expliquera probablement les accroissements de rendements observés en SRI, comparés à la méthode conventionnelle. De plus, N apporté dans des conditions d'anoxie peut subir des pertes importantes, soit par lixiviation, soit par dénitrification ou volatilisation (Vlek et Craswell, 1979 ; Schneiders et Scherer, 1998 ; Kronzucker *et al.*, 1999). Selon Schneiders et Scherer (1998) et Kronzucker *et al.* (1999), près de 40 à 60 % de N apporté au riz inondé peut être perdu, soit par volatilisation, soit par lixiviation ou par dénitrification.

CONCLUSION

L'étude exploratoire menée de 2009 à 2013 dans cinq localités de l'Office du Niger, en vue d'évaluer la faisabilité technique du Système de Riziculture Intensive (SRI) a permis d'obtenir d'importants résultats. Ces résultats varient d'une localité à l'autre. Toutefois, les comparaisons des rendements entre les parcelles SRI et les parcelles Témoins ont montré que dans les localités de Niono, Molodo et N'Débougou, les rendements paddy du SRI ont varié de 2,2 à 10,7 tonnes contre 1,9 à 6, 8 tonnes pour les Témoins. Ces différences observées restent significatives au point de susciter de l'engouement chez les producteurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la fondation Syngenta pour son appui financier durant la conduite des tests en milieu paysan. Ils tiennent également à remercier le syndicat des exploitants de l'Office du Niger pour avoir accepté de financer certaines activités dans les zones de Niono, N'Débougou et Molodo. Les auteurs remercient enfin le CORAF/WECARD pour le financement d'un atelier de rédaction scientifique, qui leur a permis de produire cette publication

REFERENCES

- Arokia Raj A., Solaiappan U., Nasirahamed S., Muralidharan V. 2008. Productivity of rice as influenced by innovative management practices of modified SRI approach Tamil Nadu Rice Research Institute, TNAU, Aduthurai. A Research Notes. Madras Agric.

- J., 95 (1 - 6) : 214 - 215
- Bertrand. R. 1985. Sodisation et alcalinisation des sols de l'Office du Niger (Mali), CIRAD IRAT: 25pp.
- Ceesay M., Reid-William S., Erick C.M., Fernandes M., Uphoff N.T. 2006. The effects of repeated soil wetting and drying on lowland rice yield with System of Rice Intensification (SRI) methods. *International Journal Of Agricultural Sustainability* 4 (1) : 5 - 14.
- Chapagain T., Yamaji E. 2010. The effects of irrigation method, age of seedling and spacing on cropper formance, productivity and water-wise rice production in Japan. *Paddy Water Environ* (2010) 8 : 81 - 90.
- Gani A., Rahman A., Rustam D., Hengsdijk H. 2002. Water management experiments in Indonesia. Paper presented in international symposium on water wise rice production, IARI, New Delhi, November 2 - 3, pp 29 - 37.
- Hussain A., Bhat M.A., Manzoor A.G., Hussain T. 2009. Comparative performance of system of rice intensification (SRI) and conventional methods of rice cultivation under Kashmir valley conditions. *Indian J. Crop Science* 4 (1 - 2) : 159 - 161.
- Husson O., Castella J. C., Tuan H. D., Krishna N. 2004. Diagnostic agronomique des facteurs limitant le rendement du riz pluvial de montagne dans le nord du Vietnam. *Cahiers Agricultures* 13 : 421 - 428.
- Jean-Treyer O., Dabat M. H., Grandjean P. 2007. Une deuxième chance pour le système de riziculture intensive à Madagascar. La recherche d'un compromis entre gain de productivité et investissement en facteur de production. In : Colloque Scientifique « Dynamiques rurales à Madagascar : perspectives sociales, économiques et démographiques », Antananarivo, 23 - 24 avril 2007.
- Krishna A, Biradarpatil N.K., Channappagoudar B.B. 2008. Influence of system of rice intensification (SRI) cultivation on seed yield and quality. *Karnataka J. Agric. Sci.* 21 (3) : 369 - 372
- Kronzucker H.J., Siddiqui M.Y., Glass A.D.M., Kirk G.J.D. 1999. Nitrate-ammonium synergism in rice: A subcellular flux analysis. *Plant Physiology* 119 : 1041 - 1045.
- Lawes Agricultural Trust 1995. Genstat 5 Release 3.2 (PC/Windows NT) (Rothamsted Experimental Station.
- Marlet S., N'diaye M. K. 1998. Evolution temporelle et variabilité spatiale des indicateurs de la dégradation des sols par alcalinisation et sodisation à l'Office du Niger. Tome 1 : Synthèse des travaux. Mali, IER. PSI Mali.
- Marlet S., N'diaye M.K. 2002. Des risques d'alcalinisation liés à l'irrigation et aux pratiques culturales. L'Office du Niger, grenier à riz du Mali. Bonneval P., Kuper M., Tonneau J.P. (eds.). Cirad/Karthala, pp 163 - 167.
- Sarra S., Kamissoko N., Diarra L., Kamissoko B., Dolo M., Guindo B. Dembélé M., També B. 2013. Synthèse des travaux de recherche sur le riz irrigué de 2008 à 2012.
- Schneiders M., Scherer H.W. 1998. Fixation and release of ammonium in flooded rice soils as affected by redox potential. *European Journal of Agronomy* 8 : 181 - 189.
- Stoop W. A., Adam .A, Kassam A. 2009. Comparing rice production systems : a challenge for agronomic research and for the dissemination of knowledge-intensive farming systems. *Agric Water Manag* 96 :1491 - 1501
- Valles V., Bertrand R., Bourgeat F., N'diaye M. K. 1987. Le concept d'alcalinité résiduelle généralisée et l'irrigation des sols sodiques. Application aux sols du Kouroumari (Mali) et de la vallée de l'Oued Medjerdah (Tunisie). *Agronomie Tropicale* 44 (3) : 157 - 163.
- Vlek P.L.G., Craswell E.T. 1979. Effect of nitrogen source and management on ammonia volatilization losses from flooded rice soil systems. *Soil Science Society of America Journal* 43 : 352 - 358.