



Améliorer la production du riz irrigué dans la Vallée du Fleuve Sénégal à travers l'innovation et l'apprentissage par l'expérience



Améliorer la production du riz irrigué dans la Vallée du Fleuve Sénégal à travers l'innovation et l'apprentissage par l'expérience

Timothy J. Krupnik^{a,b,*}, Carol Shennan^b, William H. Settle^c,
Matty Demont^d, Alassane B. Ndiaye^{e,f}, Jonne Rodenburg^g

Auteurs

Timothy J. Krupnik^{a,b,*}, Carol Shennan^b, William H. Settle^c, Matty Demont^d, Alassane B. Ndiaye^{e,f}, Jonne Rodenburg^g

^a International Wheat and Maize Improvement Center (CIMMYT), House 9. Road 2/2. Banini, Dhoka 1213, Bangladesh.

^b Environmental Studies, University of California, Santa Cruz, 1156 High St., Santa Cruz, CA 95064, USA.

^c FAO, Plant Production and Protection Division, Room B750, viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy.

^d Africa Rice Center (AfricaRice), Sahel Regional Station, BP 96 Saint-Louis, Senegal.

^e FAO, Programme Gestion Intégrée de la Production et des Déprédateurs, BP 3300 Dakar, Senegal.

^f Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED), BP 74 Saint-Louis, Senegal.

^g Africa Rice Center (AfricaRice), East and Southern Africa, P.O. Box 33581, Dar es Salaam, Tanzania.

* Corresponding author at: CIMMYT-Bangladesh. House 9. Road 2/2. Banini, Dhaka 1213, Bangladesh. Tel.: +880 2 989 6676,X12.

Adresses E-mail: t.krupnik@cgiar.org (T.J. Krupnik), c.shennan@ucsc.edu (C. Shennan), william.settle@fao.org (W.H. Settle), m.demont@cgiar.org (M. Demont), bounandiyepodor@gmail.com (A.B. Ndiaye), j.rodensburg@cgiar.org (J. Rodenburg).

Contact FAO: William Settle – william.settle@fao.org

Remerciements

Les travaux rapportés dans cette publication ont été menés à la Station régionale du Sahel du Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice) au Sénégal et ont été coordonnés par AfricaRice en collaboration avec ses partenaires.

Les facilitateurs des Champs Ecoles présents étaient El-Hajj Ba et Doudou Saé (SAED et FAO). Les collaborateurs producteurs étaient Ibrahima Alioune Sylla, Hamidou Sylla, Ibrahima Wone, Alassane Diack, Mamadou Amar Sall, Mamadou Abdoulaye Wade, Amadou Bassirou Sall, Malick Ndiaye, Alassane Ndiaye, Abdoulaye Sall, Souleymane Diawe, Allioune Ndiaye, Ibrahima Nouhou Diack, Mamadou Abdoulaye Watt, Mamadou Ali Ba, et Ousmane Ndiaye. Les financements étaient fournis par la FAO, la Foundation Robert et Patricia Switzer, une association de Fulbright, et University of California President's Fellowship avec T.J. Krupnik. Nous reconnaissons le soutien offert par Mohamed Hama Garba et Makhfousse Sarr (FAO), Allasane Ba, Koly Kieta, Diallo Lô et Salif Diack (SAED), Souleymane Diallo (ISRA), et Mandiaye Diagne (Africa-Rice). Alassane Niang, membre du SAED, a contribué à la cartographie. Ce manuscrit a été largement amélioré grâce aux conseils de Damian Parr, Julie Jedlicka, Deborah Letourneau, et deux critiques extérieurs.

La publication du présent document a été soutenue en partie par: Le programme conjoint UE/FAO Amélioration de la gouvernance mondiale pour la réduction de la faim 2012-2015 (GCP/INT/130/EC).

Droits d'auteur

Ce livre, paru initialement sous forme d'article dans *Agricultural Systems*, Vol. 109, du nom des auteurs ci-dessus, 'Améliorer la production du riz irrigué dans la Vallée du Fleuve Sénégal à travers l'innovation et l'apprentissage par l'expérience', Pages 101–112, Copyright Elsevier (Juin 2012). Bien que l'article ait été traduit avec la permission d'Elsevier, il n'a pas été revu par Elsevier avant l'impression.

Crédit photographique - Toutes les photos grâce à l'aimable permission de T.J. Krupnik.

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la FAO.

Tous droits réservés. La FAO encourage la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Les utilisations à des fins non commerciales seront autorisées à titre gracieux sur demande. La reproduction pour la revente ou à d'autres fins commerciales, y compris à des fins didactiques, pourra être soumise à des frais. Les demandes d'autorisation de reproduction ou de diffusion de matériel dont les droits d'auteur sont détenus par la FAO et toute autre requête concernant les droits et les licences sont à adresser par courriel à l'adresse copyright@fao.org ou au Chef de la Sous-Division des politiques et de l'appui en matière de publications, Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie.

Table des matières

Acronyms.....	4
Résumé.....	5
1. Introduction	6
2. Matériels et méthodes.....	8
2.1. Descriptions du site.....	8
2.2. Planification et de l'apprentissage des échanges.....	9
2.3. Les essais de la saison sèche 2008 pour préparer le terrain pour l'apprentissage par l'expérience.....	10
2.4. La saison des pluies 2008 et la saison sèche 2009.....	11
2.5. L'analyse des données.....	12
3. Résultats et discussion.....	13
3.1. Mise en place du cadre pour l'expérimentation adaptative : 2008 essais pendant la saison sèche	13
3.1.1. Observation et réflexion : les contraintes de gestion rencontrées durant la saison sèche 2008.....	13
3.1.2. Discussion et conceptualisation : la justification de la pratique paysanne adaptée.....	14
3.2. Essai actif : expérimentation de la pratique paysanne adaptée	16
3.2.1. Essais de la saison des pluies 2008 et de la saison sèche 2009	16
3.2.2. La Gestion des mauvaises herbes et le développement de la biomasse des mauvaises herbes	16
3.2.3. Rentabilité et risque de la production.....	18
3.3. Les aspects économiques du potentiel de l'économie d'eau dans le SRI	20
3.4. La perception des paysans des contraintes à l'économie d'eau dans le SRI	21
3.5. Réflexions sur la recherche adaptative et le processus de vulgarisation	21
4. Conclusions	22
References.....	24

Acronyms

ANOVA	Hypothèses de l'analyse de variance
CEP	Champs-écoles Paysans
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FCD	Fréquences cumulé décroissantes
FCFA	Franc Communauté Financière d'Afrique
GOANA	Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance
IA	Irrigation Alternée
IAHA	Irrigation alternée avec des assecs
ONG	Organisation non gouvernementale
PGR	Pratique de Gestion Recommandée
PP	Pratique Paysanne
PPA	Pratique Paysanne Adaptée
SRI	Système de Riziculture Intensive
VFS	Vallée du Fleuve Sénégal

Résumé

La recherche facilitant la collaboration entre paysans et chercheurs et l'apprentissage par l'expérience peut fournir l'élément manquant pour adapter les recommandations de gestion des cultures aux besoins des paysans. Nous avons testé différents systèmes de gestion de la culture de riz irriguée pendant trois saisons d'expérimentation de recherche adaptative dans trois sites de la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal. Nos objectifs étaient d'évaluer la viabilité agronomique et socioéconomique des Pratiques de Gestion Recommandées (PGR) par rapport au Système de Riziculture Intensive (SRI) et des Pratiques Paysannes (PP).

Au cours de la saison sèche 2008, les PGR et le SRI ont augmenté de façon significative les rendements des PP de 2,3 et 2,6 t ha⁻¹ dans les sites. Les paysans analysaient leurs expériences au cours des rencontres post-expérimentations. Ils ont apprécié le rendement du SRI et le potentiel d'économie de l'eau, mais ont trouvé que cela requiert une main-d'œuvre abondante, surtout pour la gestion du désherbage qui coïncide avec les activités horticoles. À l'inverse, les paysans ont jugé que le taux élevé d'herbicide prôné par les PGR induit des dépenses onéreuses et ont indiqué qu'en raison du dysfonctionnement des marchés agrochimiques, l'origine des quantités d'herbicides plus importantes que ceux généralement utilisés dans les PP pourrait être difficile à situer de manière fiable.

Pour modifier les systèmes de gestion adaptés aux besoins et aux ressources des paysans, nous avons ensemble développé une quatrième pratique, «la Pratique Paysanne Adaptée» (PPA) qui est une combinaison de PGR et du SRI. La PPA utilise l'irrigation intermittente pendant la phase végétative tardive, la densité des cultures recommandée, l'âge intermédiaire des semis et un seul tour de désherbage mécanique suivi d'une application localisée d'herbicides. Les paysans ont comparé les PPA aux systèmes de gestion initiaux pendant les saisons qui ont suivi. Bien qu'aucune différence de rendement n'ait été trouvée entre les PGR, le SRI et la PPA, chaque pratique a eu un rendement plus significatif (respectivement de +1,0, +1,1 et +1,5 t ha⁻¹) que celui des PP. La PPA a également réduit les besoins en main-d'œuvre sans pour autant augmenter la biomasse des mauvaises herbes par rapport aux PGR ou au SRI, elle a utilisé respectivement 40% et 10% d'herbicide de moins que les PGR et les PP. Les fonctions cumulatives de distribution ont montré que la PPA a augmenté le potentiel de bénéfice net et une diminution des risques économiques. Avant les essais de la saison sèche 2009, l'Etat sénégalais a supprimé les subventions aux herbicides en doublant leur coût. Les PGR, le SRI et la PPA ont eu un rendement supérieur aux PP, respectivement de 2,9, 3,0 et 3,1 t ha⁻¹. La PPA a encore réduit la main-d'œuvre affectée au désherbage et les besoins en herbicides tout en minimisant les risques de production dans les sites.

Cette étude démontre la valeur ajoutée des résultats qui découlent de cette recherche qui facilite la collaboration entre paysans et chercheurs en vue d'apprendre, d'innover et d'adapter les systèmes de gestion en fonction des conditions locales.



1. Introduction

La consommation de riz par habitant (*Oryza sativa* L.) dans les pays sahéliens de l'Afrique occidentale a doublé au cours des 50 dernières années (Balasubramanian et al., 2007), même si la production n'a pas réussi à suivre le rythme de la demande. La majorité du riz consommé est ainsi importé d'Asie à un coût qui s'est élevé à près de 1 milliard en 2009 (FAOSTAT, 2012), épuisant ainsi les réserves en devises étrangères et sapant la souveraineté alimentaire régionale (Seck et al., 2010). A la suite de la famine des années 1980 dans les pays sahéliens, 40.000 ha de périmètres d'irrigation ont été aménagés sur la rive gauche du Fleuve Sénégal pour accroître la production nationale de riz. L'augmentation de la production de riz est le principal objectif du programme sénégalais GOANA (Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance), lancé en 2008, qui vise à réduire les importations et à assurer l'autosuffisance alimentaire au niveau national d'ici à 2015. Cependant, les rendements des paysans dans la Vallée du Fleuve Sénégal (VFS) restent plus faibles que prévu et sont limités par un certain nombre de facteurs agronomiques et socioéconomiques liés. Alors que l'utilisation des engrais et des herbicides peut être rentable (Haefele et al., 2000), les systèmes de crédits imparfaits limitent l'accès des paysans, à temps opportun, aux quantités d'intrants suffisants (Poussin, 1997). Les frais de fonctionnement de l'irrigation sont également indexés sur les coûts du diesel qui ont augmenté de façon drastique depuis 2002 (MEB, 2009). Combinés à un appui limité du secteur agricole, ces facteurs entravent les mesures incitatives de production destinées aux riziculteurs (Seck et al., 2010). Les stratégies de gestion des cultures de riz qui génèrent des rendements élevés et qui, en même temps, permettent une utilisation plus efficace des intrants disponibles peuvent donc fournir une voie alternative pour augmenter la production de riz dans la Vallée du Fleuve Sénégal.

Le Système de Riziculture Intensive (SRI) est une alternative largement promue. Le SRI est composé de six composantes de gestion, englobant le repiquage d'un (1) seul, (2) des jeunes plants à, (3) un grand écartement, (4) une irrigation alternée à un assec (IA), (5) la lutte mécanique contre les mauvaises herbes et (6) l'application du compost à la place ou en plus des engrais chimiques. Les promoteurs du SRI soutiennent que ces techniques aboutissent à des rendements élevés tout en réduisant l'utilisation de l'eau et des intrants chimiques qui sont très coûteux (Uphoff et al., 2010). Avec le soutien de la Banque mondiale et des organisations de la société civile, le SRI est promu dans 15 pays d'Afrique subsaharienne et dans 33 autres à travers le monde (CIIFAD, 2012). Dans le Sahel, l'intérêt porté au SRI a augmenté à la suite de rapports faisant état de rendements importants et de gains substantiels au Mali (Styger et al., 2011a). Au Sénégal, bien que le SRI ait fait l'objet d'une étude de la FAO basée sur les Champs-Ecoles Paysans, il n'y a aucune évaluation indépendante.

Cependant la popularité du SRI a également suscité une controverse. En utilisant la méta-analyse, McDonald et al. (2006) ont constaté que les bénéfices du SRI sont limités par rapport à ceux des «meilleures pratiques de gestion» recommandées. Uphoff et coll. (2008) ont répliqué que de tels arguments sont «académiques» et «hors contexte», car les paysans démunis pour lesquels le SRI a été conçu n'ont pas les moyens d'acheter les intrants généralement recommandés pour une meilleure gestion. Ils ont en outre suggéré pour que de telles comparaisons soient pertinentes, le SRI doit être considéré comme un système de gestion souple qui doit être adapté aux conditions locales. Les défenseurs du SRI ont cependant soutenu le contraire en employant la terminologie qui décrit le SRI comme un paquet technologique relativement rigide (voir Glover, 2010). Par exemple, Uphoff et al. (2008) ont rejeté les thèses



de McDonald et al. (2006) parce qu'ils ont utilisé des données provenant d'essais qui n'ont pas strictement appliqué toutes les six pratiques de gestion du SRI, ce qui a abouti par moments à des résultats négatifs.

Glover (2010) a observé que le SRI présente un problème de rigidité des principes pour l'agronomie qui, pour des raisons d'essais sur le terrain et de maintien du contrôle de l'expérimentation, tend à regrouper les systèmes de gestion des cultures dans des catégories rigides et peut-être artificielles qui ne transparaissent pas dans la très large gamme des pratiques des paysans. De toute évidence ni les pratiques de gestion recommandées, ni celles du SRI ne sont statiques, elles ne sont pas diamétralement opposées. Les paysans ne se soucient pas des étiquettes et adaptent en permanence les technologies agricoles pour être en phase avec l'évolution des conditions agronomiques et socioéconomiques. Toutefois, les ONG qui effectuent des essais en champ du SRI l'introduisent souvent en utilisant toutes les six composantes et les comparent aux pratiques paysannes de gestion (PP) (par exemple Styger et al, 2011a; Thomas et Ramzi, 2011) sans explicitement mettre l'accent sur les adaptations ou les expérimentations des paysans. Les deux peuvent améliorer la pertinence des méthodes de gestion agronomiques, comme l'ont montré Bentley et al. (2010) et Van Mele et al. (2011). Les comparaisons d'un tel SRI «rigide» avec les PP laissent également inexplorées d'autres options améliorées de gestion intégrée des cultures et supposent a priori que la gamme complète des composantes du SRI est la meilleure alternative aux PP. Les évaluations alternatives doivent non seulement faire ressortir le contraste du SRI avec le nombre réduit de contrôles pratiqués dans les PP, mais également avec le nombre élevé de contrôles prôné par les meilleures pratiques de gestion des cultures recommandées (PGR) pour la région et encourager les paysans à adapter chaque composante du système à leurs besoins personnels. Cependant, alors que plusieurs études ont classé les

préférences des paysans pour les composantes SRI (par exemple Senthilkumar et al, 2008 ; Sinha et Talati, 2007) ou ont pris en considération l'adoption des paysans et les voies de modification (Styger et al, 2011b), nous ne sommes pas au courant des efforts faits dans le domaine des essais visant à encourager explicitement et/ou à suivre les efforts des paysans à apprendre et à modifier soit le SRI soit les PGR afin de les adapter aux possibilités et aux contraintes de production au niveau local.

Cette étude utilise une approche alternative de la recherche-action pour les essais sur le terrain gérés par les paysans. La recherche-action privilégie la discussion réfléchie et le partage d'information entre les paysans et les chercheurs pour développer des solutions de collaboration aux problèmes pratiques. Basée sur une fondation de responsabilisation sociale et une participation interactive (Pretty, 1995), la recherche-action telle qu'appliquée dans cette étude utilise des méthodes d'apprentissage par l'expérience afin de faciliter la réflexion critique et la délibération, et par conséquent de produire des connaissances pratiques qui permettent une expérimentation adaptative (Kolb, 1984). Nous présentons trois résultats de 3 saisons à partir d'expériences de paysans dans trois projets d'irrigation dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal. Nos objectifs étaient (i) d'évaluer la viabilité agronomique et sociale du SRI et des PGR en comparaison aux PP, (ii) d'évaluer les contraintes et les opportunités pour économiser l'eau dans le SRI dans les différents projets d'irrigation, et (iii) d'utiliser un cadre d'apprentissage par l'expérience pour encourager les paysans à adapter les systèmes de gestion aux conditions locales de production. Nous concluons avec une discussion sur les voies par lesquelles les approches similaires de recherche-action peuvent être utilisés pour faciliter la collaboration entre chercheurs et paysans et de surmonter les problèmes associés aux efforts de vulgarisation de haut en bas.



2. Matériels et méthodes

2.1. Descriptions du site

Les essais au champ ont été menés dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal au cours des saisons sèche et humide 2008 et la saison sèche 2009. Les données météorologiques ont été recueillies à Podor, au Sénégal, à 4 km des sites d'expérimentation (Figure 1).

Les expériences ont été menées dans trois endroits: Nianga, Guia-4 et Youness Oumar (Figure 2), sélectionnés en tant que sites représentatifs des schémas d'irrigation de la région, englobant les grands périmètres irrigués avec une gestion centrale (Nianga), les périmètres irrigués villageois de taille moyenne (Guia-4) et les périmètres irrigués (Youness Oumar) avec une gestion privée (Tableau 1).

Figure 1. Température maximum et minimum, précipitations et taux d'évaporation de classe –A mesuré à Podor, Sénégal (16°38'50 N, 14°57'19 W) entre 2008 et 2009. Les flèches indiquent les saisons sèches et humides durant lesquelles les essais ont été menés.

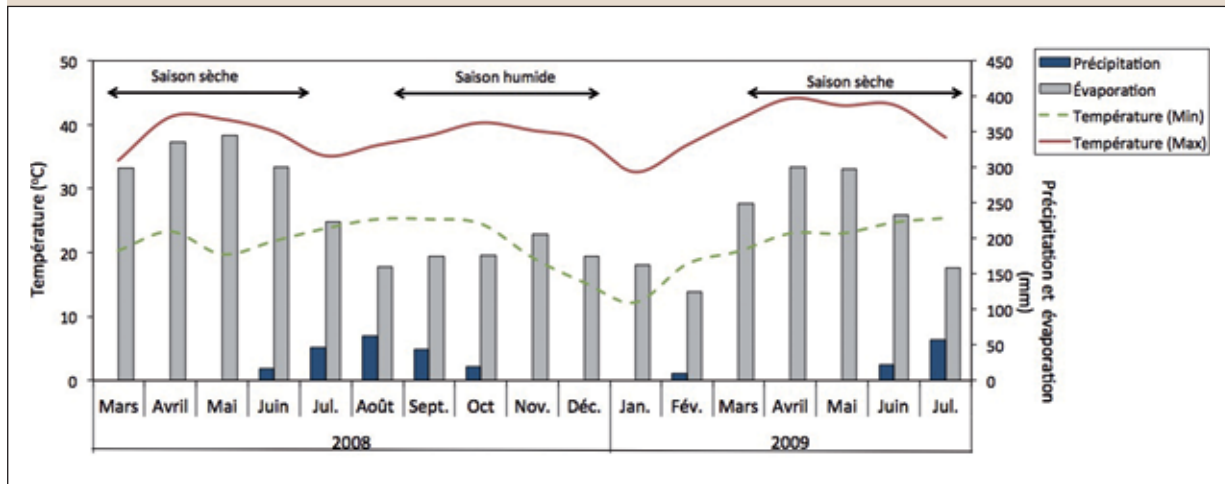


Figure 2. Lieu des sites d'études et champs des paysans (parcelles de reproduction éparées) dans le Département de Podor dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal.

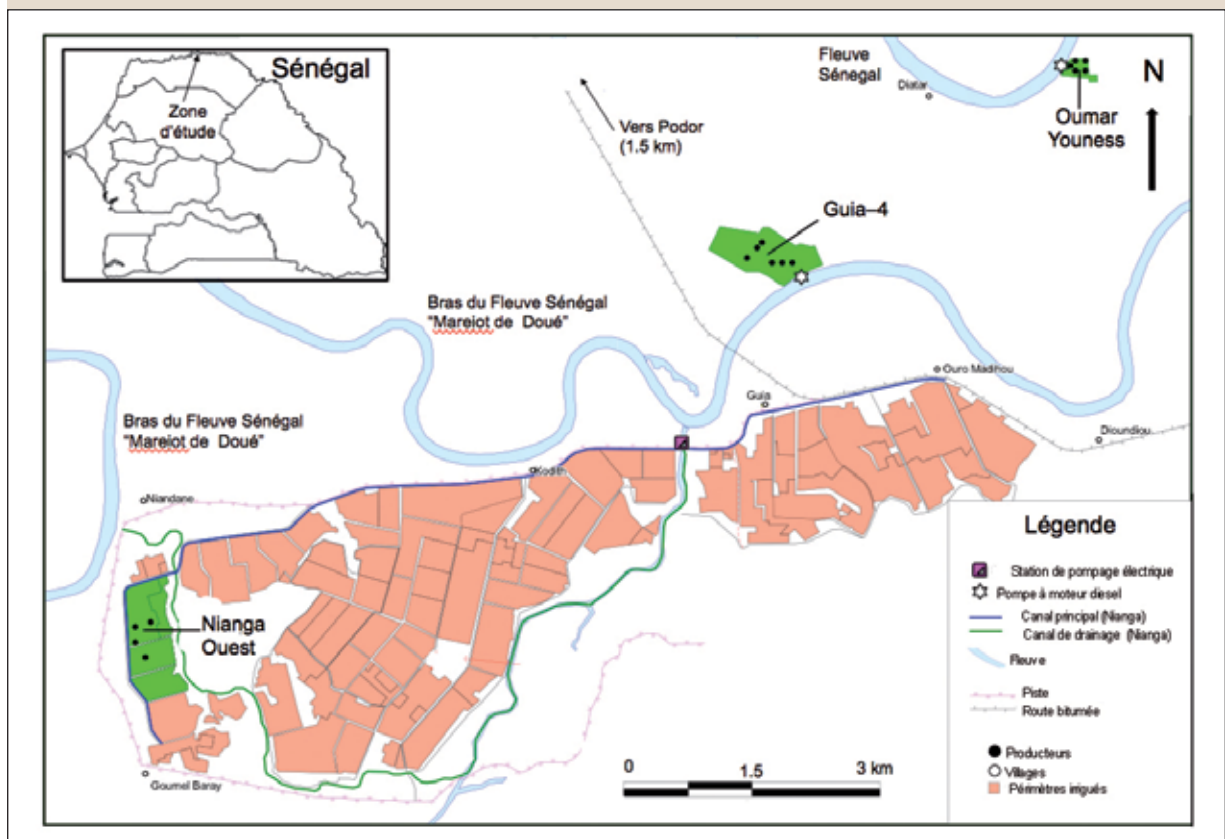


Tableau 1. Propriétés des sols (0-20cm de profondeur), historique de la culture et caractéristiques des sites pour les milieux d'expérimentation dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal^a.

	Nianga	Guia-4	Oumar Youness
Groupe des sols ^b	Fluvisol salique	Fluvisol eutriqué	Fluvisol eutriqué
Nom local ^c	Faux Hollandé	Fondé	Fondé
% sable	26,7	11,9	11,2
% limon	32,7	28,3	31,5
% argile	40,6	59,8	57,3
pH ^d	5,83	5,73	6,85
EC (dS m ⁻¹) ^e	0,93	1,20	0,90
N (g kg ⁻¹) ^f	0,40	0,80	0,40
C (g kg ⁻¹)	5,80	9,30	4,10
P (t kg ⁻¹)	0,63	2,14	0,33
K (cmol kg ⁻¹) ^g	0,23	0,35	0,27
CEC (cmol kg ⁻¹)	5,84	14,8	18,37
Latitude/Longitude	16°34'88 N, 14°59'89 W	16° 36'83 N, 14° 55'48 W	16°38'00 N, 14°53'41 W
Type d'irrigation ^h	Partie d'un grand projet d'Aménagement de 1200 ha avec une station de pompage électrique.	Motopompe diesel pour un projet d'irrigation de périmètre irrigué villageois de 60 ha.	Motopompe diesel pour un projet d'irrigation privé de 5 ha.
Approche de gestion de l'eau	Gestion centrale de la station de pompage, gestion communautaire paysanne des systèmes de canaux et de distribution.	Projet d'irrigation villageois. Les décisions de gestion sont prises par le chef de village et le comité consultatif.	Projet privé géré et exploité par l'organisation des petits paysans.
Taille moyenne des champs (ha paysan ⁻¹) ⁱ	1,2	0,84	0,34
Années de Construction	1975 – 1987 ^j	1981	1989
Caractéristiques de l'agriculture	Culture de riz en saison sèche et humide. Culture de rotation de tomate et oignon dans la partie centrale et orientale de Nianga. Tous les paysans acteurs maintiennent des champs de cultures horticoles dans d'autres projets d'irrigation.	Culture de riz en saison sèche et humide sans rotations. Les cultures horticoles sont cultivées dans le même projet d'irrigation sur les sols à texture plus dure.	Culture de riz en saison sèche et humide sans rotations. Tous les paysans acteurs cultivent des cultures horticoles dans d'autres projets d'irrigation.

^a Signifie les résultats de tous les systèmes de gestion de culture de 9 parcelles⁻¹ principales à sol composite (12 sites de parcelles⁻¹).

^b Classification des sols de la FAO (2006).

^c On trouve généralement les sols Faux Hollandé dans les dépressions marécageuses et les dépressions le long du fleuve Sénégal, tandis que les sols de Fondé sont situés sur les rives.

^d 1:2,5 H₂O

^e Combustion à sec avec un Analyseur des différents N/C Max

^f Bray-1 extraction à l'aide 0,03 M NH₄F + 0,025 M HCl

^g Analyse spectrophotométrique après extraction avec 1M NH₄OAc avec un pH 7.

^h Taille totale du projet d'irrigation. En n'importe quelle saison, une portion plus petite peut être cultivée.

ⁱ Taille de la rizière dans le projet en question. Les paysans peuvent maintenir des champs adjacents qui ne sont pas des rizières ou d'autres parcelles dans d'autres projets d'irrigation.

^j Nianga a subi plusieurs phases de rétrécissement et d'extension. Le prolongement vers l'ouest a été construit à partir de 1987.

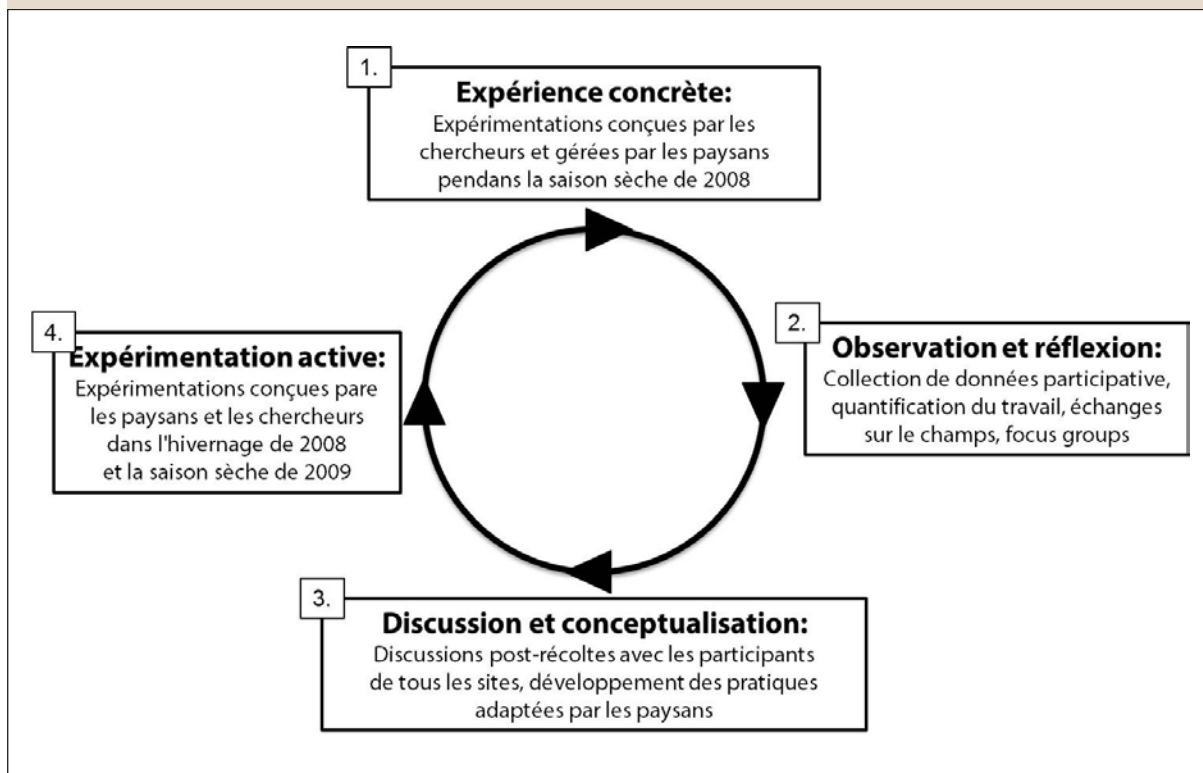
2.2. Planification et de l'apprentissage des échanges

Avant la saison sèche 2008, des facilitateurs des Champs-écoles Paysans (CEP) familiers avec le SRI et les PGR avaient organisé des ateliers pour présenter ces alternatives de gestion des cultures à des groupements paysans. En raison de sa prise en compte en tant que «sujet spécial d'étude» dans les CEP mise en place dans la zone, les paysans de chaque site avaient entendu parler du SRI et avaient exprimé un intérêt pour l'évaluation de ses performances, même si aucun des paysans volontaires n'avaient jamais participé auparavant à un CEP ou pratiqué le SRI. De même, tous les paysans étaient au

courant de pratiques de gestion recommandées, même si aucun ne les avait entièrement appliquées dans leurs propres champs. La production de riz dans la région est dominée par les hommes. En conséquence, tous les participants étaient des paysans de sexe masculin avec au moins sept ans d'expérience dans la riziculture. Les femmes et les enfants ont été impliqués dans les activités de repiquage et de désherbage manuel.

Nous avons utilisé des méthodes d'apprentissage par l'expérience développées par Kolb (1984) pour conduire des échanges entre les paysans et les chercheurs. Cela a impliqué un processus en quatre phases (Figure 3).

Figure 3. Processus d'apprentissage par expérimentation basé sur Kolb (1984) tel qu'il est appliqué dans cette étude.



Dans la première phase, les paysans ont développé leur expérience dans le domaine des PGR et du SRI à travers la gestion d'une expérimentation conçue par un chercheur. Dans la deuxième phase, les chercheurs et les paysans ont réfléchi sur les systèmes de gestion des cultures dans les rencontres des groupes de discussion et à travers des activités participatives de quantification de la main-d'œuvre (voir Dorward et al., 2007). Après la première saison, nous avons convoqué une réunion avec les paysans de tous les sites. Les résultats du rendement et de la quantification de la main-d'œuvre ont été présentés sur des panneaux d'affichage en utilisant des diagrammes à barres simples dont les légendes sont en langues et unités locales. Nous avons ensuite facilité la discussion et l'analyse de chaque système de gestion des cultures (troisième phase). Au cours de cette évaluation, nous avons proposé de tester une quatrième pratique de gestion des cultures employant ce que les paysans ont considéré comme les composantes les plus utiles de chaque système de gestion. La dernière phase du processus d'apprentissage par l'expérience, une expérimentation active, a été réalisée durant deux autres saisons au cours desquelles les paysans ont eu à évaluer les PPA en les comparant aux trois autres pratiques. Après les dernières récoltes de la saison, des interviews semi-structurées ont été menées avec chaque paysan participant pour recueillir leurs impressions sur les essais.

2.3. Les essais de la saison sèche 2008 pour préparer le terrain pour l'apprentissage par l'expérience

Les expériences en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions dispersées effectuées par des paysans ont été mises en œuvre dans chaque site. A la discrétion des paysans, les parcelles variaient entre 64 et 200 m², mais elles étaient de mêmes dimensions à l'intérieur de chaque répétition. Nous avons d'abord comparé trois pratiques, y compris (1) les pratiques paysannes (PP) où toutes les décisions de gestion ont été prises par des paysans individuels, (2) les pratiques de gestion recommandées (PGR), et (3) le Système de Riziculture Intensive (SRI). Dans les PP, les paysans ont repiqué de façon éparse 3-8 plantes de 30-38 jours d'âge par poquet¹ et pratiqué la mise en eau. La densité des cultures était de 6-32 par poquet m⁻². Les paysans de Nianga et Guia-4 ont appliqué 3-7 litres de propanil + 1 litre de 2,4-D ha⁻¹, au moins 32 jours après le repiquage. A Youness Oumar, les paysans ont pulvérisé de manière uniforme 1,5 litre/ha⁻¹ d'oxadiazon avant le repiquage, bien que dans les saisons qui ont suivi ils ont utilisé du propanil + 2,4-D. Trois paysans de Guia-4 et un de Nianga n'ont pas pratiqué le désherbage manuel après l'application d'herbicides. La gestion de la fertilité par les paysans était variable (Tableau 2). Les PGR ont utilisé des plantes âgées de 23-25 jours repiquées à une densité de 20 × 20 cm avec 3 plants par poquet, la mise en eau et des herbicides (8 litres de Propanil +

Tableau 2. Les taux moyens d'application des nutriments pour les PP, les PGR, les SRI et les PPA à travers les sites pendant les deux saisons sèche et humide de 2008 et la saison sèche 2009, dans la Moyenne-Vallée du fleuve Sénégal^a.

Saison	Système de gestion des cultures	
	PP	PGR, SIR et PAP
Saison sèche 2008	14 kg P ha ⁻¹ + 15 kg N ⁻¹ appliqués au moment du repiquage comme PDA ^a + 112 kg N ha ⁻¹ appliqués sous forme d'urée. Presque tous les paysans l'ont appliqué comme urée dans la proportion d'environ 50-50%. Le K n'a pas été appliqué ^b .	18 kg P ha ⁻¹ + 20 kg N ⁻¹ appliqués au moment du repiquage comme PDA + 116 kg N ha ⁻¹ appliqués sous forme d'urée dans la proportion d'environ 40-40-20%. (début du tallage, pousse des panicules, bourgeonnement) Le K n'a pas été appliqué ^b .
Saison humide 2008	14 kg P ha ⁻¹ + 12 kg N ⁻¹ appliqués au moment du repiquage comme PDA + 111 kg N ha ⁻¹ appliqués sous forme d'urée dans la proportion d'environ 50-50%. (mi-tallage et pousse des panicules). Le K n'a pas été appliqué ^b .	Même chose que pour la saison sèche 2008.
Saison sèche 2009	6 kg P ha ⁻¹ + 5 kg N ⁻¹ appliqués au moment du repiquage comme PDA + 115 kg N ha ⁻¹ appliqués sous forme d'urée dans la proportion d'environ 50-50%. (mi-tallage et pousse des panicules). Le K n'a pas été appliqué ^b .	Même chose que pour la saison précédente.

^a PP = Pratique Paysanne ; PGR = Pratique de Gestion Recommandée ; SRI = Système de Riziculture Intensive ; PPA = Pratique Paysanne Adaptée ; PDA = Phosphate dibasique d'ammonium.

^b Il est difficile de connaître l'origine de l'utilisation du potassium comme engrais dans la zone d'étude et il est rarement recommandé à cause de sa forte concentration dans les sols de la plaine inondable du Fleuve Sénégal (Haefele et al., 2000). Le K (potassium) n'est appliqué dans aucun traitement.

1 litre de 2,4-D ha⁻¹) suivi par le désherbage manuel. Pour le SRI, les paysans ont repiqué uniquement des plants de 14-15 jours à une densité de 25 × 25 cm. Les recommandations du SRI doivent utiliser l'irrigation alternée à des assecs (IA), avec 3-4 jours de mise en eau suivis d'une période similaire sans irrigation jusqu'à la germination, après quoi une lame d'eau est maintenue. Le désherbage a été réalisé avec un sarclure environ 18 et 30 jours après le repiquage, avec un troisième désherbage lorsque les paysans le jugent nécessaire. Bien que l'application de la matière organique soit conseillée dans le SRI, les paysans ont expliqué au cours de réunions de planification que si la matière organique est disponible, ils préfèrent l'appliquer aux cultures maraichères de plus grande valeur. Nous avons donc modifié cette composante en appliquant uniquement des engrais chimiques, au même taux que les PGR (Tableau 2). Les paysans ont aménagé des pépinières pour tous les systèmes à la même date, en utilisant le cultivar à cycle court le Sahel 108 (IR-13240-108-2-2-3). Au stade de la maturité physiologique, nous avons déterminé le rendement à une teneur en humidité de 14% à partir du total de trois quadrats de 4 m² par parcelle placés de manière aléatoire (surface totale 12 m²).

2.4. La saison des pluies 2008 et la saison sèche 2009

Suite aux essais de la première campagne où l'on comparait les PGR et le SRI aux PP et les discussions qui ont eu lieu après les récoltes, tous les paysans participants ont convenu de tester une nouvelle « Pratique Paysanne Adaptée » (PPA), qui a fusionné

les composantes des PGR et du SRI. La PPA a été gérée comme une parcelle supplémentaire à chaque champ, ce qui représente une reproduction. Par rapport à la saison sèche 2008, au cours de laquelle tous les sites ont eu quatre paysans participants, un paysan supplémentaire a rejoint l'expérience à Nianga (N = 5), deux ont rejoint à Guia-4 (N = 6) et un a rejoint à Oumar Youness (N = 5). Cependant au cours de la saison sèche 2009, le tout dernier paysan venu à Nianga a abandonné l'expérience pour des raisons familiales (N = 4). Les pépinières destinées à chaque pratique ont été de nouveau mises en place à la même date pendant les saisons humide 2008 et sèche 2009. Les PP, les PGR et le SRI ont été gérés de la même manière que la saison précédente.

Durant les deux saisons, des échantillons de la biomasse des mauvaises herbes ont été prélevés dans toutes les pratiques dans deux quadrats de 0,25 m² par parcelle placés de manière aléatoire, respectivement 15 à 18 et 30 à 35 jours après le repiquage, immédiatement avant le désherbage et à la levée. Les échantillons ont été séchés au four (72h à 70°C) et pesés. Les paysans ont appliqué des herbicides dans les PP, les PGR et la PPA en utilisant les pulvérisateurs CD-400 calibrés avec des buses à jet éventail (Jacto Inc Tualatin, Oregon, USA). L'utilisation de l'herbicide a été quantifiée en enregistrant le volume de la solution des herbicides avant et après l'application. Nous avons fourni aux paysans des montres-bracelets et de simples fiches de données pour collecter les données de la main-d'œuvre en temps réel qui sont validées au moins deux fois par

saison dans les groupes de discussion. Les intrants agricoles et les prix de la production ont été recueillis au cours des mêmes groupes de discussion, et vérifiées à l'aide d'une base de données des coûts de production régionaux (voir Demont et al., 2011). Les rendements ont été mesurés de la même manière que durant la saison sèche 2008.

2.5. L'analyse des données

Les données agronomiques ont été vérifiées pour la normalité et l'homoscédasticité et, si nécessaire, transformées pour répondre aux hypothèses de l'analyse de variance (ANOVA). Les données ont été analysées en utilisant un modèle mixte ANOVA en ayant recours à l'option REML dans JMP 8.0.2 (SAS Institute Inc., San Francisco). Les données des groupes de discussion ont été interprétées à travers une analyse vérifiable (Krueger et Casey, 2009). Nous avons également élaboré des budgets de gestion des cultures avec chaque paysan en utilisant les données recueillies à partir de leurs fiches techniques et dans les groupes de discussion. Les coûts d'irrigation, du labourage, des semences et des produits agrochimiques ont entraîné une augmentation de 5,6%, représentant les frais d'intérêt du crédit. Après une consultation approfondie avec les paysans participants, les agents de vulgarisation et les femmes impliqués dans les activités de repiquage et de désherbage, nous avons évalué les tâches exécutées par les femmes ou les enfants à 50% du coût de main-d'œuvre pour une journée de 8 heures effectuée par un adulte de sexe masculin. Les coûts d'amortissement du petit matériel étaient négligeables par rapport aux dépenses totales ; nous les avons donc considérés comme un investissement.

Après les pratiques locales, la main-d'œuvre affectée à la récolte a été évaluée à un taux fixe. Dans la région le battage n'est pas rémunéré financièrement, mais à la place, les paysans sont payés en riz au taux de 10% de la quantité de grains battus. Les rendements ont été ajustés en conséquence et le riz restant a été évalué à 138 FCFA kg⁻¹ et 125 FCFA kg⁻¹ durant les saisons humide 2008 et sèche 2009.

Afin d'examiner les risques de production, nous avons créé des fréquences cumulé décroissantes bénéfiques nets (Hardaker et al., 1997). Nous n'avons pas pu mesurer les coûts relatifs à l'irrigation dans ces expériences, bien que l'utilisation réduite de l'eau dans le SRI puisse probablement réduire les coûts énergétiques du pompage d'eau. Toutefois, pour éviter d'imposer des hypothèses prioritaires sur cette variable non mesurée, nous avons plutôt utilisé le mode d'analyse de rentabilité, une stratégie largement utilisée dans l'évaluation d'impact ex ante (Demont et al., 2009b). Les paysans payent, dans chaque site expérimental, une redevance d'irrigation standardisée, quel que soit le volume appliqué. Les frais englobent les coûts administratifs, les coûts d'entretien des canaux et les coûts énergétiques et/ou de carburant. Seule la dernière composante est un consommable qui découle de l'irrigation réduite. Pour trouver le point de rupture à partir duquel l'économie de l'eau dans le SRI pourrait générer des bénéfices moyens nets équivalents à ceux des PGR, nous n'avons considéré que cette portion des coûts relatifs à l'irrigation tout en maintenant constants les autres facteurs.



3. Résultats et discussion

3.1. Mise en place du cadre pour l'expérimentation adaptative : 2008 essais pendant la saison sèche

Durant la saison sèche 2008, le SRI et les PGR ont tous respectivement dépassé de manière significative les rendements des PP dans les sites de 2,3 et 2,6 t ha⁻¹ (Tableau 3). Comme l'ont démontré Haefele et al. (2000), augmenter simplement les doses d'engrais et améliorer le timing de l'application afin de la faire coïncider avec les besoins des cultures en engrais peut augmenter les rendements dans le Sahel. Dans l'étude actuelle, les taux d'engrais appliqués par les paysans ont été les mêmes pour les deux autres systèmes de gestion des cultures (Tableau 2), bien que le timing de l'application est variable, avec moins d'épandage de l'urée que dans le SRI ou dans les PGR. Lorsqu'on procède au désherbage complet et en temps opportun, le potentiel de l'amélioration des

rendements augmentera davantage, même si Haefele et al. (2000) ont travaillé avec des paysans pratiquant le semis à la volée en période humide plutôt que le repiquage en ligne des jeunes plantes comme dans l'étude actuelle. Ces dernières pratiques ont peut-être également eu une incidence positive sur le rendement. En raison du fait que nous avons testé des systèmes de gestion entièrement intégrés plutôt que des facteurs individuels, nous sommes incapables d'identifier les causes spécifiques des augmentations de rendement dans le SRI et les PGR par rapport aux PP, bien que tous ces facteurs sont susceptibles d'interagir pour augmenter la production.

3.1.1. Observation et réflexion : les contraintes de gestion rencontrées durant la saison sèche 2008

Le repiquage est pratiqué principalement dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal où la taille des champs des paysans est petite, bien que le repiquage en ligne n'est utilisé qu'occasionnellement en raison

Tableau 3. Rendement des céréales (\pm SEM) pour les PP, les PGR, les SRI et les PPA pendant les deux saisons sèche et humide de 2008 et la saison sèche 2009 dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal^a.

Impacts des facteurs	Rendements des céréales (t ha ⁻¹)		
	Saison sèche 2008	Saison humide	Saison sèche 2009 ^b
<i>Site</i>			
Nianga	6,4 \pm 0,3 b	5,3 \pm 0,3	6,2 \pm 0,2 b
Guia-4	6,4 \pm 0,5 b	5,2 \pm 0,2	7,3 \pm 0,4 a
Oumar Youness	7,6 \pm 0,6 a	5,6 \pm 0,2	
<i>Système de gestion</i>			
PP	5,2 \pm 0,3 B	4,4 \pm 0,2 b	4,6 \pm 0,2 b
PGR	7,5 \pm 0,4 A	5,5 \pm 0,2 a	7,5 \pm 0,5 a
SRI	7,8 \pm 0,3 A	5,5 \pm 0,2 a	7,6 \pm 0,4 a
PPA		6,0 \pm 0,3 a	7,7 \pm 0,3 a
<i>Site & Système de gestion</i>			
Nianga			
PP	5,6 \pm 0,3	4,2 \pm 0,2	4,8 \pm 0,2 bc
PGR	6,6 \pm 0,4	5,4 \pm 0,5	6,5 \pm 0,2 bc
SRI	7,2 \pm 0,5	5,7 \pm 0,4	7,7 \pm 0,3 ab
PPA		5,9 \pm 0,8	6,7 \pm 0,3 ab
Guia-4			
PP	4,7 \pm 0,7	4,7 \pm 0,2	4,5 \pm 0,4c
PGR	6,8 \pm 0,3	5,2 \pm 0,4	8,3 \pm 0,7a
PPA		5,6 \pm 0,2	8,4 \pm 0,2a
Oumar Youness			
PP	5,3 \pm 0,4	4,5 \pm 0,4	
PGR	9,0 \pm 0,4	5,7 \pm 0,4	
SRI	8,6 \pm 0,5	5,7 \pm 0,6	
PPA		6,5 \pm 0,3	
<i>Valeur du champ</i>			
Site	7,6**	0,6 ns	18,6**
Système	29,3***	7,2**	25,2***
Site & Système de gestion	2,4 ns	0,3 ns	2,9*

^a PP = Pratique paysanne ; PGR = Pratique de Gestion Recommandée ; SRI = Système de Riziculture Intensive ; PPA = Pratique Paysanne Adaptée. A cause des pertes de récoltes causées par les attaques des oiseaux granivores (*Quelea quelea* L.), les valeurs de la saison sèche 2009 d'Oumar Youness ne sont pas indiquées.

^b Les valeurs ont été notées – traitées avant l'analyse. Derrière – les valeurs traitées ne sont pas indiquées dans ce tableau.

* Indique que la valeur est significative à partir de *P<0.05 ; **P<0.01, ***P<0.001 ; ns = valeur non significative. Dans les colonnes qui ne sont pas séparées par les effets des modèles en italique, les valeurs qui partagent la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test protégé HSD de Tukey ($\alpha = 0,05$).

des difficultés de coordination de la main-d'œuvre (Poussin, 1997). Les paysans ont aussi tendance à préférer les plants plus âgés parce qu'ils les considèrent comme mieux adaptés aux contraintes agronomiques. Par exemple, plusieurs paysans participants ont connu des problèmes de mortalité des semis dans le SRI, ce qui a nécessité un autre repiquage pour compenser les plants morts. Le nivellement des terres pauvres est courant dans la région d'étude et les paysans ont connu l'absence des cultures dans les parties dépressives du champ où les jeunes plants du SRI ont été submergés et/ou emportés lors de la première irrigation, ce qui conforte l'idée de Senthilkumar et al. (2008) et Tsujimoto et coll. (2009), qui ont observé des problèmes similaires en Inde et à Madagascar. Plusieurs études ont également examiné l'effet du nombre de semis dans le SRI et l'âge du semis repiqué par rapport au rendement (par exemple, Latif et al, 2005 ; Tsujimoto et al, 2009), bien que les avantages de l'une ou l'autre pratique ne sont pas concluantes. Par conséquent nous suggérons qu'il est préférable d'adopter une approche flexible quand il s'agit des pratiques de repiquage, en utilisant seulement les jeunes plants dans des environnements à faible risque où les paysans ont certaines de leurs capacités à minimiser les facteurs contraignants agronomiques et sociaux.

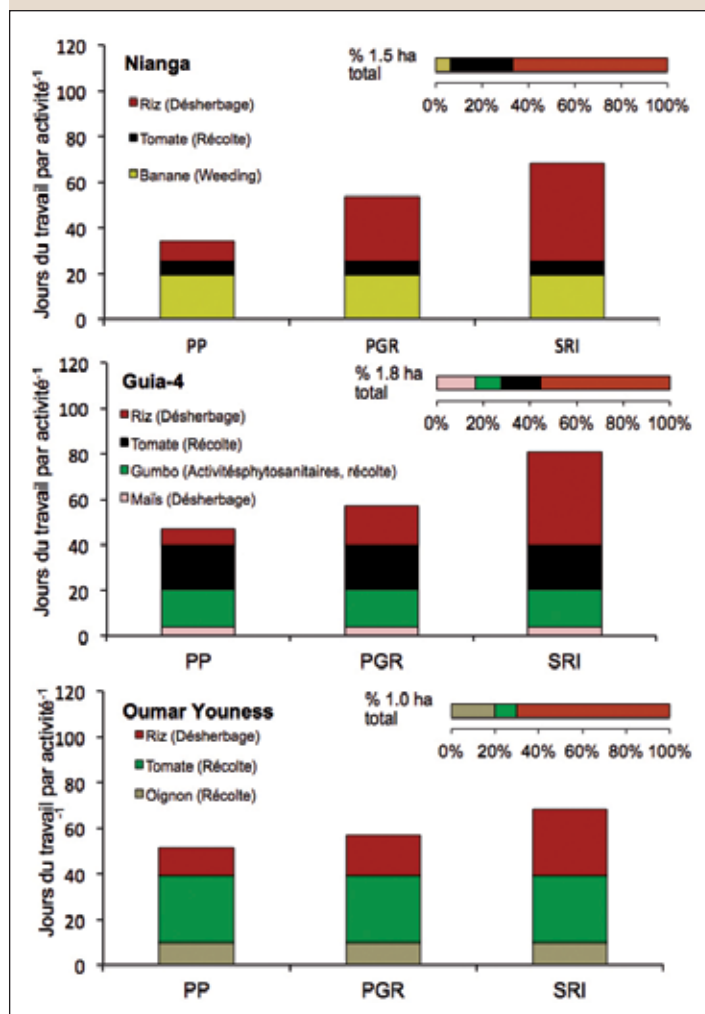
Les paysans ont aussi éprouvé des difficultés dans la gestion de l'eau. Comme de nombreux projets d'irrigation villageois, à Guia-4 l'eau était pompée chaque semaine selon un calendrier prédéfini. Les paysans ont utilisé les eaux d'irrigation profondes dans les PP pour prévenir les pannes éventuelles de la pompe d'irrigation et le risque de sécheresse qui en découlerait. Ils étaient donc réticents à mettre en œuvre l'irrigation alternée avec des assecs (IAHA) dans le SRI. En conséquence, les parcelles du SRI ont dû recevoir plus d'eau à Guia-4 que dans les autres sites. A Nianga, l'eau est distribuée à trois sections indépendantes du projet d'irrigation par rotation. En raison du fait que l'irrigation était disponible tous les 3 à 5 jours, les paysans ont eu un peu de mal à introduire l'irrigation intermittente, bien qu'ils aient noté que leurs propres champs sont plus grands que leurs parcelles d'essai, le mauvais nivellement pourrait entraver la distribution uniforme de l'eau, ce qui pourrait également avoir un impact négatif sur les jeunes semis et favoriser la croissance des mauvaises herbes par endroits. Les paysans de Youness Oumar

gèrent collectivement la planification de l'utilisation de la pompe et un seul gestionnaire de l'irrigation siphonne l'eau des canaux vers les parcelles de tous les paysans. Régler la fréquence de l'irrigation et la quantité d'eau pour être en phase avec les recommandations du SRI était par conséquent plus simple ici que dans les autres sites.

3.1.2. Discussion et conceptualisation : la justification de la pratique paysanne adaptée

A la fin de la première saison, les résultats de la quantification du rendement et de la main-d'œuvre ont été présentés aux paysans au cours d'une grande réunion de groupe, après quoi nous avons facilité la discussion et l'évaluation de chaque pratique de gestion des cultures. Le SRI et les PGR ont utilisé le repiquage en ligne, ce qui a nécessité un peu plus de

Figure 4. Besoins en main-d'œuvre pour la riziculture et la culture horticole au cours de la saison sèche 2008 pendant la période de désherbage (mi-avril à mi-mai) et pour les PP, les PGR et le SRI définis par les paysans de (A) Nianga, (B) Gui-4, and (C) Oumar Youness. Les barres horizontales indiquent la moyenne des pourcentages de l'ensemble des propriétés foncières des paysans réservées à chaque culture. Les données représentent la somme des champs appartenant aux paysans qui peuvent être répartis sur de multiples projets d'irrigation.





Le SRI et les PGR ont utilisé le repiquage en ligne, ce qui a nécessité un peu plus de main-d'œuvre que dans les PP, bien que les paysans aient trouvé que l'espacement uniforme est avantageux pour le développement des cultures et la simplification du désherbage.

main-d'œuvre que dans les PP, bien que les paysans aient trouvé que l'espacement uniforme est avantageux pour le développement des cultures et la simplification du désherbage. Les paysans participants ont reconnu ces problèmes, mais ont suggéré que de telles difficultés pourraient être surmontées avec une plus grande expérience et la formation dans les champs-écoles paysans. Pour faire face aux risques de mortalité des semis dans le SRI, ils ont suggéré l'utilisation de 2 à 3 semis un peu plus âgés, plutôt qu'un semis très jeune par poquet.

En travaillant dans le lieu d'origine du SRI à Madagascar, Moser et Barrett (2003) ont observé que la demande en main-d'œuvre dans le SRI est venue à un moment de l'année où l'offre de la main-d'œuvre était faible alors que les besoins totaux en main-d'œuvre agricoles étaient élevés. En utilisant les exercices de quantification du travail, les paysans, dans l'étude actuelle, ont identifié les goulets d'étranglement similaires du travail dans les activités de la culture horticole, en particulier dans les

conditions du désherbage mécanique dans le SRI (Figure 4). Cependant, alors que les paysans avaient apprécié la lutte contre les mauvaises herbes dans les PGR, ils ont également noté que l'utilisation de taux plus élevés d'herbicides pourrait engendrer des coûts prohibitifs. Les paysans ont aussi indiqué que des taux supérieurs à ceux utilisés dans les PP n'étaient pas viables en raison du mauvais fonctionnement des institutions de crédit et des chaînes d'approvisionnement des produits agrochimiques qui entravent la fourniture en temps opportun et cohérente de plus grands volumes d'herbicides. Les essais de la saison sèche 2008 ont également eu lieu pendant une période d'augmentation des coûts du carburant et de l'électricité qui reflétaient un pic des prix de l'énergie à l'échelle mondiale. Les paysans de Guia-4 et Youness Oumar ont connu des coûts élevés du diesel utilisé pour l'irrigation vers la fin de la saison. A Nianga, les administrateurs de la station de pompage ont autorisé une augmentation de 21% en redevances sur l'eau. Ces événements ont stimulé l'intérêt des paysans dans les techniques d'économie

de l'eau, à condition que l'enlèvement des mauvaises herbes se fasse de manière efficace sans augmenter les coûts.

Ces options ont offert la base pour de nouvelles discussions concernant les éléments les plus pragmatiques de chaque système de gestion des cultures que nous avons regroupés en fonction du thème de la gestion (par exemple le repiquage, la gestion de la fertilité ou des mauvaises herbes, etc.) mentionné sur des panneaux d'affichage. Bien que chaque paysan ait déclaré ses préférences de façon un peu subjective, nous avons amené le groupe vers un consensus en demandant aux paysans de discuter des éléments les plus utiles de chaque thème. Suite à ces discussions, nous avons collectivement convenu d'évaluer un quatrième système de culture de gestion. Ce système, dénommé désormais Pratique Paysanne Adapté (PPA), a été conçu pour faire face aux contraintes identifiées dans les discussions antérieures. Pour maintenir la cohérence de la pratique, les paysans participants appliquent de manière uniforme la PPA qui englobe le repiquage de trois semis âgés de 17-19 jours par poquet avec un espacement de 20 × 20 cm et la gestion recommandée des engrais (Tableau 2). Les paysans ont tenté d'utiliser l'irrigation avec des assecs seulement dans la dernière phase végétative, principalement parce qu'ils estimaient que l'irrigation était nécessaire pour supprimer la croissance des mauvaises herbes en début de saison. Pour faire face à la demande de main-d'œuvre et de la dépendance aux herbicides dans le SRI et la PGR, les paysans ont décidé de procéder au désherbage mécanique une seule fois, à peu près 20 jours après le repiquage et d'appliquer des herbicides (au taux de 6:1 propanil à 2,4-D) par endroits 12 à 17 jours plus tard, seulement lorsque la présence des mauvaises herbes justifie une action.

3.2. Essai actif : expérimentation de la pratique paysanne adaptée

3.2.1. Essais de la saison des pluies 2008 et de la saison sèche 2009

Des différences significatives de rendement ont été observées durant la saison des pluies 2008 ($P = 0,004$). Les PGR, le SRI et la PPA ont augmenté les rendements de la récolte par rapport aux PP de 1,0, 1,2 en moyenne et de 1,5 t ha⁻¹ par site croisé (Tableau 3). Avant la saison sèche 2009, l'Etat sénégalais avait réduit les subventions de l'urée de 70% à 50%. Les subventions du phosphate dibasique d'ammonium et des herbicides ont été supprimées. Les paysans ont réagi en appliquant en moyenne 16 kg de N ha⁻¹ et 13 kg de P ha⁻¹ de moins dans les PP que dans les autres systèmes (5 kg de N ha⁻¹, 5 et 7 kg de P ha⁻¹ de moins que durant respectivement les saisons sèche et de pluies 2008). Dans les sites, l'application du propanil et du 2,4-D variait entre 3 et 9 litres ha⁻¹ et de 0 à 0,5 Litre ha⁻¹, comparé aux 3-7 litres ha⁻¹ et 0-1 litre

ha⁻¹ de la saison précédente. La hausse du taux maximal de propanil était due à un seul paysan qui a acheté un herbicide supplémentaire pour lutter contre la sérieuse infestation de l'*Echinochloa colona* (L.). En dehors de ce paysan, les taux de propanil variaient entre 3-4 litres ha⁻¹. Les rendements des PP durant la saison sèche 2009 ont été faibles par rapport à l'année précédente (Tableau 3). Durant la saison sèche 2009, les écarts importants de rendement ont également été observés ($P < 0,001$) entre les PP et chaque système alternatif, dont tous ont maintenu des taux d'engrais recommandés. Les rendements des PGR, du SRI et de la PPA étaient supérieurs respectivement de 2,8, 2,7 et 2,9 t ha⁻¹ que dans les PP lorsqu'ils se situent dans la moyenne à Nianga et à Guia-4, mais on n'a pas pu déterminer les rendements à Youness Oumar à cause des dégâts sérieux causés aux cultures par les oiseaux granivores (*Quelea quelea* L.).

3.2.2. La Gestion des mauvaises herbes et le développement de la biomasse des mauvaises herbes

Deux des motivations des paysans pour la PPA furent de réduire le travail de désherbage dans le SRI et la quantité des herbicides dans les PGR. Durant la saison des pluies 2008, les paysans ont pu atteindre une réduction de 40% et de 11% dans l'utilisation des herbicides par rapport aux PGR et aux PP. Cette utilisation a été mesurée dans les sites. La PPA a nécessité respectivement moins de 19 et 1 jour-personne ha⁻¹ dans le SRI et les PGR. Lorsqu'on les compare avec les PP, trois autres personnes de plus par jour ha⁻¹ ont été nécessaires (Tableau 4). En raison du fait que les paysans ne cultivent pas des plantes horticoles adaptées à la saison des pluies, on n'a pas observé de goulot d'étranglement dans le travail pour cette saison. La plus large application de la PPA en dehors du cadre expérimental pourrait aussi entraîner des changements en matière de genre et de dynamique du travail. Sur la main-d'œuvre totale affectée au désherbage dans les PP et les PGR, 11 et 16 jours-personnes ha⁻¹ ont été remplis par les femmes, alors que dans la PPA, les femmes ont effectué 4 jours-personnes ha⁻¹ de désherbage. Par rapport aux pratiques paysannes, des augmentations similaires de travail de désherbage des hommes ont été observées par Senthikumar et al. (2008) lorsqu'ils ont étudié les systèmes de gestion de la culture de riz basés sur le SRI en Inde.

Aucun effet du système de gestion sur la biomasse des mauvaises herbes n'a été noté avant 18 jours après le repiquage pendant la saison des pluies 2008 (Tableau 5), mais à 30-35 jours après le repiquage, des différences significatives ont été observées entre les systèmes ($P < 0,001$). Les PGR, le SRI et la PPA avaient tous une biomasse de mauvaises herbes plus faible que les PP. Cependant, lors de la phase de démarrage, tous les paysans avaient appliqué des herbicides et

Tableau 4. L'analyse de rentabilité des pratiques de gestion au cours de la saison humide 2008 et la saison sèche 2009 dans la Moyenne-Vallée du Fleuve Sénégal^a

	Saison Humide 2008					Saison sèche 2009 ⁿ				
	PP	PGR	SRI	PPA	Unité CFA ^b	PP	PGR	SRI	PPA	Unité CFA ^b
Frais d'investissement										
Nianga (frais d'irrigation ha ⁻¹) ^{c,d}	1.00	1.00	1.00	1.00	74,784	1.00	1.00	1.00	1.00	74,784
Guia-4 (frais d'irrigation ha ⁻¹) ^{c,d}	1.00	1.00	1.00	1.00	84,624	1.00	1.00	1.00	1.00	90,528
Oumar Youness (frais d'irrigation ha ⁻¹) ^{c,d}	1.00	1.00	1.00	1.00	165,968					
Labourage (unité ha ⁻¹ site ⁻¹) ^c	1.00	1.00	1.00	1.00	24,272	1.00	1.00	1.00	1.00	24,272
Intrants										
Quantité de semences (kg ha ⁻¹) ^c	40.5	40.0	9.00	40.0	98	39.2	40.0	9.00	40.0	216
Urée (kg ha ⁻¹) ^{c,e,f}	242	250	250	250	151	249	250	250	250	223
PDA (kg ha ⁻¹) ^{c,e,f}	68.7	100	100	100	243	28.4	100	100	100	485
Propanol (L ha ⁻¹) ^{c,e,f}	5.20	8.00	0.00	4.60	2,007	6.20	8.00	0.00	3.20	4,015
2,4-D (L ha ⁻¹) ^{c,e,f}	0.80	1.00	0.00	0.80	1,640	0.30	1.00	0.00	1.10	4,225
Coût de la main-d'œuvre										
Fragmentation des mottes de terre (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^g	20.0	23.9	14.9	21.7	1,502	3.37	8.02	8.64	4.24	1,502
Repiquage (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^{g,h}	29.7	38.4	48.1	44.0	728	54.4	51.0	77.6	56.4	728
Application d'Herbicide (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^g	2.20	1.90	0.00	1.30	1,502	1.20	1.07	0.00	1.02	1,502
Désherbage manuel (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^g	11.3	15.7	7.40	3.60	728	18.1	21.0	1.37	2.00	728
Désherbage mécanique (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^g	0.00	0.00	28.6	12.0	1,502	0.00	0.00	38.9	13.8	1,502
Application d'engrais (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^g	1.60	2.70	2.60	2.40	1,502	1.41	1.89	2.70	2.29	1,502
Irrigation/drainage (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^g	5.10	5.80	5.30	4.90	1,502	5.59	7.53	8.17	7.45	1,502
Effrouchement des oiseaux (moyenne de ps-d ha ⁻¹) ^{g,i}	15.3	15.3	15.3	15.3	722	11.5	11.5	11.5	11.5	728
Besoins totaux en main-d'œuvre										
Moyenne de ps-d ha ⁻¹	85.2	103.7	122.2	105.2		95.57	102.01	148.88	98.7	
Coût de la récolte										
Récolte (unité ha ⁻¹) ^{g,j}	1.00	1.00	1.00	1.00	32,734	1.00	1.00	1.00	1.00	32,734
Coût Total										
Nianga (€ ha ⁻¹)	423	482	506	483		556	574	630	533	
Guia-4 (€ ha ⁻¹)	407	441	494	442		435	548	627	545	
Oumar Youness (€ ha ⁻¹)	571	623	654	616						
Rendement										
Nianga (t céréale ha ⁻¹) ^k	3.79	4.91	5.10	5.36	138	4.32	5.84	6.05	6.06	118
Guia-4 (t céréale ha ⁻¹) ^k	4.19	4.79	4.79	5.07	138	3.98	7.44	7.42	7.51	118
Oumar Youness (t céréale ha ⁻¹) ^k	4.08	5.28	5.11	5.84	138					
Bénéfice										
Nianga (€ ha ⁻¹) ^l	375	551	566	644		228	520	450	560	
Guia-4 (€ ha ⁻¹) ^l	475	568	515	624		287	802	720	817	
Oumar Youness (€ ha ⁻¹) ^l	287	487	420	614						
Taux du bénéfice^m										
Nianga	0.89	1.14	1.12	1.33		0.41	0.96	0.69	1.04	
Guia-4	1.17	1.29	1.04	1.41		0.66	1.46	1.15	1.50	
Oumar Youness	0.50	0.78	0.64	1.00						

^a PP = Pratique Paysanne ; PGR = Pratique de Gestion Recommandée ; SRI = Système de Riziculture Intensive ; PPA = Pratique Paysanne Adaptée. Des données spécifiques au site sont seulement indiquées pour les variables d'intérêt ; les valeurs moyennes sont fournies d'une autre manière.

^b CFA Franc.

^c Comprend une taxe de 5,62% prélevée par la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal.

^d Les frais d'irrigation dans tous les sites sont fixes, mais ils sont constitués de sous-coûts qui varient selon le site (voir section 3.3). Une taxe d'irrigation de 6% imposée par l'Organisation de la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal a été incluse.

^e 50-70% de subvention pour la saison humide 2008.

^f Ajusté pour la perte de subvention pour la saison sèche 2009.

^g ps-d ha⁻¹ = moyenne par personne-8 heures-ha⁻¹ jours. Après les pratiques de travail communes dans le Moyen-Vallée du fleuve Sénégal et vérifiées dans les groupes de discussion des agriculteurs et des agents de vulgarisation, les tâches exécutées par les femmes ou les enfants sont évaluées à 50% du salaire de la main-d'œuvre masculine adulte.

^h Comprend le remblayage.

ⁱ Basé sur de Mey et al. (2011). Les agriculteurs à Guia-4 n'effrayent pas les oiseaux. Cela apparaît dans nos calculs pour ce site.

^j Taux fixe du coût de la main-d'œuvre selon la surface⁻¹ dans la région d'étude.

^k Le battage dans la région est payé sous forme de pourcentage de la quantité des graines battues (10%). Les rendements ont été ajustés en conséquence et représentent 90% du rendement rapporté dans le Tableau 4.

^l Le bénéfice peut varier légèrement par rapport à la différence de valeur et des coûts de la production en raison des arrondis.

^m Bénéfice / coûts de production.

ⁿ En raison de la perte de récoltes contre les attaques sévères d'oiseaux granivores (*Quelea quelea* L.) les rendements de la saison sèche 2009 à Youness Oumar pour ne sont pas indiqués.

Tableau 5. Accumulation de la biomasse des mauvaises herbes (\pm SEM) dans les PP, les PGR, les SRI et PPA dans différents sites au cours de la saison humide 2008 et de la saison sèche 2009 dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal^a

Facteur	Biomasse des mauvaises herbes (g m ⁻²)					
	Saison Humide 2008			Saison Sèche 2009		
	15–18 JAR	30–35 JAR	Bourgeon	15–18 JAR	30–35 JAR	Bourgeon
PP	55,9 \pm 5,2	154,0 \pm 23,4 a	49,0 \pm 3,8 a	48,9 \pm 5,2 a	121,0 \pm 7,3 a	64,1 \pm 5,6 a
PGR	50,5 \pm 4,5	78,6 \pm 5,7 b	32,7 \pm 1,8 b	28,3 \pm 3,2 b	62,0 \pm 4,1 b	32,8 \pm 2,7 b
SRI	65,0 \pm 6,0	94,4 \pm 3,6 b	41,7 \pm 2,7 ab	41,4 \pm 4,3 ab	73,8 \pm 6,1 bc	32,9 \pm 3,3 b
PPA	65,0 \pm 4,8	85,2 \pm 5,6 b	38,2 \pm 2,4 b	31,9 \pm 1,6 b	90,8 \pm 6,7 b	41,9 \pm 4,8 b
F-valeurs						
Système ^b	2,0 ns	10,0**	5,9***	6,4**	14,9***	11,0***

^a PP = Pratique paysanne ; PGR = Pratique de Gestion Recommandée ; SRI = Système de Riziculture Intensive ; PPA = Pratique Paysanne Adaptée ; JAR = Jour après repiquage

^b Site et site \times effets du système n'ont jamais été significativement différents à $P < 0,05$.

* Significatif à $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns veut dire non significatif. Les valeurs partageant dans les colonnes la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test protégé HSD de Tukey ($\alpha = 0,05$). Toutes les données sont des racines carrées transformées ($(X + 0,05)^{1/2}$, où X est l'observation originale) pour l'analyse. N = 16 pendant la saison humide 2008, N = 10 pendant la saison sèche 2009.

une main-d'œuvre nombreuse pour désherber leurs parcelles PP, ce qui réduit la biomasse des mauvaises herbes dans ce système à des niveaux similaires au SRI. La meilleure lutte contre les mauvaises herbes lors du démarrage a été réalisée avec la PGR et la PPA.

Durant la saison sèche 2009, les paysans ont pulvérisé respectivement 52% et 34% d'herbicides de moins dans la PPA que dans les PGR et les PP. Des différences significatives dans la biomasse des mauvaises herbes ont été trouvées entre les systèmes de gestion dans toutes les dates d'échantillonnage (Tableau 5). Les PP ont eu beaucoup plus de biomasse des mauvaises herbes que tout autre système à 30–35 jours après le repiquage ($P < 0,001$) et au démarrage ($P < 0,001$), alors qu'aucune différence n'a été observée entre le SRI, les PGR et la PPA (Tableau 5). La biomasse importante des mauvaises herbes dans les PP a probablement été causée par une combinaison de l'espacement inégal et très grand des cultures, l'application tardive des herbicides à faible concentration sur les champs qui n'ont pas été complètement drainés et le désherbage manuel tardif ou insuffisant, toute chose qui a probablement réduit le rendement avec cette pratique. Alors que les PGR et le SRI nécessitent 22 et 40 jours-personnes ha⁻¹ pour les activités de gestion des mauvaises herbes, les PP et la PPA nécessitent 19 (Tableau 4). Les changements dans la dynamique entre les sexes ont été à nouveau observée. Sur les jours indiqués ci-dessus, les femmes ont effectué 1, 4, 18 et 21 jours-personnes ha⁻¹ de désherbage dans le SRI, la PPA, les PP et les PGR. Le SRI et la PPA ont nécessité moins de main-d'œuvre féminine. La manière dont ces changements pourraient influencer sur une dynamique plus large du travail et du genre en dehors de l'étude actuelle mérite une enquête plus approfondie.

Les premières espèces de mauvaises herbes qu'on rencontre dans tous les systèmes de gestion englobent *Oryza longistaminata* A. Chev. & Roehr, *Echinochloa colona* (L.), *Cyperus difformis* (L.), et *Schoenoplectus senegalensis* (Steudel) Raynal (syn. *Scirpus jacobii* C. Fischer). Le mélange du Propanil + 2,4-D est l'herbicide le plus utilisé pour les traitements dans la région (Demont et al, 2009a; Rodenburg et Johnson, 2009), bien que la résistance de *E. colona* au propanil a été reconnue pendant plus d'une décennie (Haefele et al., 2000). Là où les paysans tentent de réduire l'utilisation des herbicides, l'intégration du désherbage mécanique pourrait offrir un moyen efficace de ralentir le développement des écotypes de mauvaises herbes résistants aux herbicides (Blackshaw et al., 2006). Dans la région d'étude, il n'y a aucun signe qui montre que les subventions des produits agrochimiques vont reprendre. Par conséquent l'utilisation des herbicides restera coûteuse. Les options de gestion qui réduisent les quantités d'herbicides peuvent par conséquent devenir attrayantes, surtout pour les paysans les plus pauvres qui n'ont pas suffisamment d'argent ou dans des situations où la chaîne d'approvisionnement en produits agrochimiques fonctionne mal. (Rodenburg et Johnson, 2009).

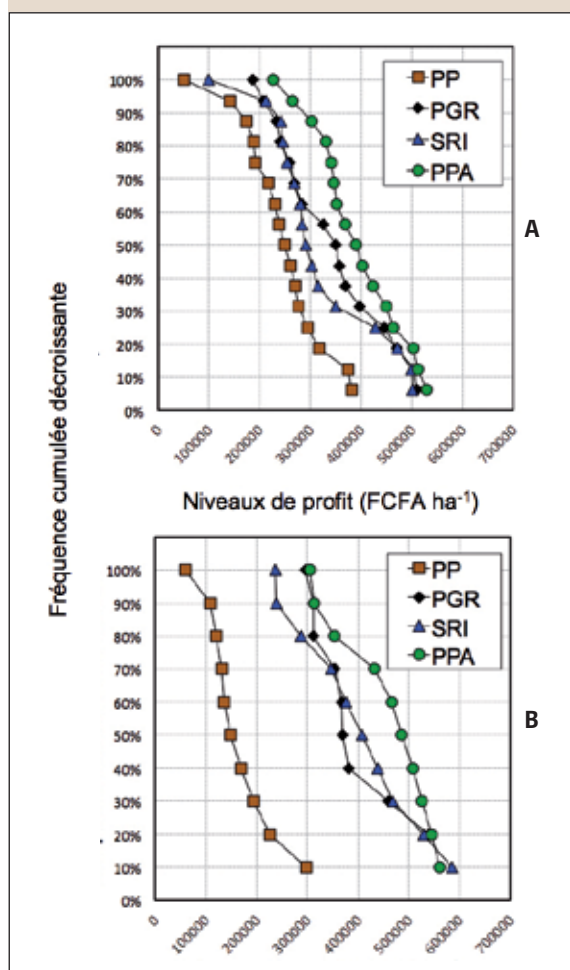
3.2.3. Rentabilité et risque de la production

Durant la saison des pluies 2008, la PPA a eu le bénéfice moyen le plus élevé et le taux de revenu le plus élevé sur chaque site (Tableau 4). Les courbes des fréquences cumulé décroissantes (FCD) ont été créées pour évaluer la probabilité d'obtenir des niveaux de profit minima grâce à l'utilisation des systèmes de gestion alternative (Figure 5A). Les courbes des FCD décrivent le potentiel (axe des y) pour obtenir des bénéfices (FCFA ha⁻¹) supérieurs ou égaux aux valeurs sur l'axe des x à des niveaux de probabilité de 0–100%.

Au risque zéro, le scénario du bénéfice élevé serait donc représenté par une ligne verticale décalée autant que possible vers la droite. Les courbes de FCD montrent que les probabilités d'obtenir des bénéfices minima entre 83,986 et 382,448 FCFA ha⁻¹ dans les PP varient de 0 à 100%. Par exemple, la probabilité pour un paysan qui projette d'obtenir un bénéfice minimal de 236,160 FCFA ha⁻¹ est de 56% pour l'atteindre, par conséquent il y a 44% de risque de ne pas l'atteindre dans les PP. Au contraire tous les systèmes de gestion améliorés ont considérablement augmenté ces taux de réussite et, partant, ont réduit le risque économique en amenant l'ensemble des bénéfices pouvant être obtenus à des niveaux supérieurs. A tous les niveaux de probabilité, la PPA a le plus réduit de manière consistante le risque économique, comparée aux autres systèmes de gestion.

Dans les sites, tous les autres systèmes de gestion alternative ont augmenté les coûts de production de 15% (PGR) et 9% (SRI et PPA) en moyenne par rapport aux PP durant la saison des pluies 2008 (Tableau 4); cependant, la rentabilité a également augmenté à tous les niveaux de probabilité pour chaque système. La moyenne des coûts totaux pour la gestion des mauvaises herbes dans les sites comparée à celle dans les PP, y compris la main-d'œuvre et les herbicides, a été supérieure à 8,528 et 9,184 FCFA ha⁻¹ pour les PGR et la PPA, et supérieure à 18,368 FCFA ha⁻¹ pour le SRI. Durant la saison sèche 2009, l'effet de réduction des risques de la PPA-visualisé par le déplacement de la courbe de la FCD (Figure 5B) vers la droite était encore plus prononcé. Les coûts de production ont également suivi le même ordre de classement que la saison des pluies précédente et étaient supérieurs de 22% (PGR) et 9% (SRI et PPA) que dans les PP dans tous les sites (Tableau 4). Les coûts totaux de gestion des mauvaises

Figure 5A-5B. Les fonctions de distribution cumulatives décroissantes indiquent le potentiel (l'axe des y) pour obtenir des gains (FCFA ha⁻¹) supérieurs à ceux de l'axe des x pour tous les paysans qui utilisent les PP, le SRI, les PGR et la PPA au cours de la saison des pluies (A) 2008 et de la saison (B) sèche 2009.



Les résultats du rendement et de la quantification de la main-d'œuvre ont été présentés sur des panneaux d'affichage en utilisant des diagrammes à barres simples dont les légendes sont en langues et unités locales.





Bien qu'aucune différence de rendement n'ait été trouvée entre les PGR, le SRI et la PPA, chaque pratique a eu un rendement plus significatif que celui des PP. Les fonctions cumulatives de distribution ont montré que la PPA a augmenté le potentiel de bénéfice net et une diminution des risques économiques.

herbes, étaient de 39,360, 41,984, 53,136, et 90 FCFA ha⁻¹ dans la PPA, les PP, la PGR et le SRI, démontrant encore une fois les effets bénéfiques de la décision des paysans d'utiliser le désherbage mécanique une seule fois durant toute la saison et de réduire l'utilisation des herbicides dans la PPA. Comme la saison précédente, la PPA a, de nouveau, été associée au plus haut taux de bénéfice moyen (Tableau 4).

3.3. Les aspects économiques du potentiel de l'économie d'eau dans le SRI

La consommation d'eau n'a pas été mesurée dans ces expériences, mais en raison du fait que l'économie d'eau est promue comme un avantage clé du SRI, nous avons étudié l'effet possible de l'économie d'eau en examinant son impact potentiel sur les bénéfices nets dans le SRI. Pour ce faire, nous avons systématiquement comparé le SRI au PGR, l'autre système de gestion des cultures avec plus d'eau. Durant la saison des pluies 2008 à Nianga, le SRI a été légèrement plus rentable (9,840 FCFA ha⁻¹) que la PGR. L'inverse a été observé à Guia-4 et à Youness Oumar, où les PGR étaient de 34,768 et 43,952 FCFA ha⁻¹ par conséquent plus rentables que le SRI. A Nianga, à Guia-4 et à Youness Oumar, 57%, 81% et 83% des frais d'irrigation de la saison des pluies 2008 englobaient

les coûts de l'énergie domestique ou du carburant pour le pompage d'eau, d'un montant de 39,360, 68,880 et 137,760 FCFA ha⁻¹ dans chaque site. En supposant qu'il n'y avait aucune perte de rendement durant la saison des pluies 2008, le bénéfice net du SRI a atteint un seuil de rentabilité à celui des PGR à Guia-4 et à Youness Oumar uniquement lorsque l'économie de l'eau de 50% et 36% ou plus a été évaluée. Par rapport à la PPA, les économies d'eau de 70%, 68% et 98% seraient indispensables pour que le SRI ait le même seuil de rentabilité dans les mêmes sites.

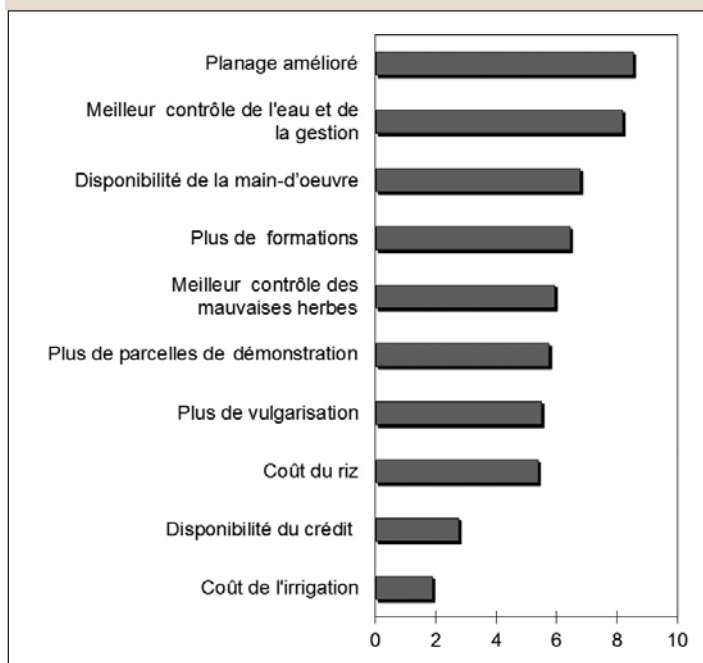
Durant la saison sèche 2009, les économies d'eau de 41 à 42% seraient indispensables pour que le SRI atteigne des bénéfices égaux ou supérieurs aux PGR à Nianga et à Guia-4. Ces importantes économies d'eau dans le SRI ont été signalées en Asie (par exemple, Senthilkumar et al., 2008), mais ces études ont été menées dans de petites parcelles d'essais sur les stations de recherche, où l'eau est relativement facile à gérer. Dans des conditions agricoles, gérer l'eau de façon à réaliser des économies pourrait être plus difficile.

3.4. La perception des paysans des contraintes à l'économie d'eau dans le SRI

A la fin de la première saison expérimentale, les paysans ont relevé plusieurs contraintes agronomiques, sociales et politiques à la réalisation d'économies d'eau car ils les ont vécues dans le SRI. Après la troisième saison expérimentale, nous avons demandé aux paysans de revenir sur ces contraintes auto-définies en les situant sur une échelle par ordre d'importance (Figure 6). Les paysans ont souligné l'absence de technologies appropriées pour le nivellement des terres, ce qui est nécessaire pour assurer une répartition uniforme de l'eau sur les surfaces des champs. L'importance de l'organisation de l'irrigation améliorée a également été soulignée. Une application d'une plus grande portée de l'économie de l'eau peut nécessiter des changements dans la fréquence de pompage, comme cela a été observé lors des premières expériences des paysans à Guia-4. Le potentiel du bénéfice économique d'économiser l'eau pourrait également être compromis si les paysans irriguent leurs champs à partir des canaux partagés. Les paysans à Guia-4 ont expliqué que l'eau économisée par un paysan dont la parcelle est située juste à l'ouverture d'un canal pourrait tout aussi bien être utilisée par un autre situé vers le fond de ce canal, cela encourage le resquillage. Pour éviter cela, tous les paysans membres du projet d'irrigation doivent collectivement se mettre d'accord pour réduire le volume d'irrigation. Cependant, sans méthodes fiables permettant de mesurer les apports d'eau, il sera difficile de coordonner la structuration des frais de l'IAHA dans le SRI, sauf si les paysans adoptent des procédures de gouvernance améliorée pour mettre en œuvre des économies d'eau au niveau du projet d'irrigation.

Ironie du sort, aucun des paysans participants n'a insisté sur le coût d'irrigation comme un pré-requis pour leur intérêt dans l'économie d'eau. Cela est dû au fait que les paysans ont estimé que les frais d'irrigation étaient déjà trop élevés. Les difficultés que les paysans ont notées dans l'économie d'eau, d'une part, et leur intérêt dans la réduction des coûts d'irrigation d'autre part, représentent un conflit entre les préférences des paysans et leur capacité à économiser l'eau d'irrigation. Bien que les impressions des paysans puissent changer avec une expérience supplémentaire, les coûts élevés du carburant ou la pénurie croissante de l'eau physique, seuls les petits paysans et le projet d'irrigation Oumar Youness à gestion privée avaient considéré l'IAHA comme

Figure 6. L'importance du rapport à l'échelle (0 = pas important, 10 = très important) des facteurs qui affectent la perception des paysans participants du potentiel de l'utilisation de l'irrigation économique dans le SRI dans leurs propres champs. N = 16.



réalisable. Pour le moment, la réduction des coûts d'irrigation peut se faire plus facilement en réduisant les pertes dans le transport et en maintenant les pompes ayant une grande efficacité énergétique. Les futurs efforts pour réaliser des économies d'eau doivent tenir compte non seulement de la gestion agronomique à l'échelle des paysans, mais aussi de l'ingénierie améliorée, de l'action collective et de la gouvernance au niveau du projet d'irrigation, comme se renforçant mutuellement et comme des objectifs ayant la même importance (Sserunkuuma et al., 2009).

3.5. Réflexions sur la recherche adaptative et le processus de vulgarisation

Les méthodes utilisées dans cette étude détaillée facilitent le partage des informations entre paysans et chercheurs et par conséquent fusionnent le processus de validation des technologies, le développement et la vulgarisation en une seule activité, bien que la mise en œuvre pratique n'ait pas été simple. Une communication claire et concise avec les participants était d'une importance capitale. Durant la première saison, par exemple, les formations pré-saisons étaient insuffisantes et les paysans avaient des difficultés à se rappeler quand et comment appliquer les composantes de gestion des cultures utilisées dans les PGR et le SRI. Ces problèmes ont été résolus par des facilitateurs des Champs-Ecoles Paysans, qui habitaient dans le voisinage des champs d'essais et ont initié des visites régulières sur les sites pour rappeler gentiment aux participants l'importance du

timing dans les interventions de gestion. Après «l'apprentissage par la pratique» et la facilitation des discussions sur comment et pourquoi les plantes réagissent différemment à chaque traitement, les paysans ont mieux compris et ont pu appliquer le SRI, les PGR et la PPA au cours de la deuxième et la troisième saison sans appui technique.

Un autre problème rencontré dans la mise en œuvre de cette étude fut le choix de maintenir les PP sans intégrer les techniques de gestion des cultures adaptées. Au début de la saison des pluies 2008, plusieurs paysans participants ont commencé à intégrer les pratiques similaires à la PPA dans leurs propres parcelles en dehors du cadre de l'expérience. Mais après discussion et délibération, les paysans ont décidé en tant que groupe, de maintenir les parcelles PP qui utilisent des pratiques non modifiées. Compte tenu du petit nombre des paysans participants, il était nécessaire d'offrir un contraste par rapport à la saison précédente et de présenter aux paysans un système de gestion des cultures très représentatif à partir duquel ils pourraient faire d'autres comparaisons avec les PGR, le SRI et la PPA. S'il y avait un plus grand nombre de paysans impliqués dans cette étude, c'aurait été riche en enseignements que de suivre la multitude de voies par lesquelles les paysans pourraient adopter, adapter et diffuser les principes constitutifs des PGR et du SRI en dehors du cadre formel expérimental.

L'approche participative et intensive détaillée dans l'étude actuelle requiert un «nouveau professionnalisme» (sensu Pretty, 1995) qui défend les échanges d'informations multidirectionnelles entre les paysans, les chercheurs et les agents de vulgarisation et qui évite les pièges du positivisme technologique.

Cependant, les agents de vulgarisation impliqués dans la recherche sur le terrain - même lorsqu'elle est adaptative - peuvent difficilement échapper à la conception qu'ils se font d'eux-mêmes, celle d'être des véhicules des nouvelles technologies, plutôt que des facilitateurs des processus sociaux d'apprentissage (Bentley et al, 2010.). Nous étions conscients de ces questions et avons délibérément choisi de travailler avec les facilitateurs du Champ-Ecole Paysans qui avaient subi une formation en méthodologie de vulgarisation et d'éducation interactive (voir van den Berg et Jiggins, 2007). A ce titre, ils sont prédisposés à évaluer l'expérimentation des paysans. Le fait de passer de «l'apprentissage par la pratique» durant la première saison, à l'expérimentation active dans la deuxième et la troisième saison, était donc relativement simple et direct. Ce processus a bénéficié tout autant de la culture institutionnelle du système du Champ-Ecole Paysans, qui a encouragé l'analyse de l'expérimentation paysanne, que des méthodes de la recherche participative elles-mêmes (Van Mele et al., 2011).

4. Conclusions

Nous avons d'abord étudié le potentiel des PGR et du SRI pour accroître les rendements et les bénéfices du riz dans les trois projets d'irrigation de la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal. Par rapport aux PP, les deux systèmes de gestion ont atteint ces objectifs dans chacune des trois saisons qui ont fait l'objet d'études. En utilisant l'apprentissage par expérimentation comme un cadre pour la collaboration entre paysans et chercheurs, nous avons également développé et évalué une quatrième Pratique Paysanne Adaptée (PPA), basée sur le SRI et les PGR. Nos résultats ont



démontré que si le SRI et les PGR peuvent aider à combler le fossé qui existe entre les rendements, des études qui ne mettent pas entre parenthèses les performances du SRI en les comparant à un système étranger (par exemple, d'autres systèmes de gestion améliorés et/ou intégrés) risquent d'aboutir à des conclusions biaisées que le SRI est *prima facie*, c'est-à-dire la meilleure alternative aux PP. Cette situation est problématique là où le SRI ne peut pas être présenté comme la meilleure pratique, compte tenu des conditions socioéconomiques locales, parce que les efforts visant à promouvoir le système peuvent encore aboutir à son adoption limitée par les paysans, en dépit des résultats agronomiques encourageants.

Bien que la validation supplémentaire soit nécessaire, nos résultats indiquent également qu'il est possible de réduire l'utilisation des herbicides tout en conservant une bonne stratégie de lutte contre les mauvaises herbes et générer des revenus élevés. Les paysans ont déclaré que la dépendance réduite sur la lutte spécifiquement chimique contre les mauvaises herbes a des avantages à cause de l'augmentation des coûts des herbicides et du dysfonctionnement des chaînes d'approvisionnement des produits agrochimiques. Les paysans participants ont également identifié un certain nombre de contraintes techniques et sociales à l'adoption du SRI. Il s'agit notamment des problèmes liés à l'implantation des cultures, à la gestion de l'eau et des mauvaises herbes et aux goulots d'étranglement de la main-d'œuvre. Alors que les paysans ont affirmé leur intérêt dans la réduction de la consommation d'eau et des coûts de production. Ainsi la portée de l'économie d'eau dans la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal est actuellement limitée par des contraintes à la fois agronomiques et

d'ordre social. A l'inverse, les avantages de la PPA étaient clairs, parce que ce système a démontré des rendements élevés de manière indéniable, il a eu les probabilités de profit les plus élevées et un faible risque économique pour toutes les saisons et les sites étudiés.

Nous soulignons, cependant, que la vaste promotion de la PPA comme étant un paquet de technologies non flexibles n'est pas exacte, ce n'était pas non plus un des objectifs de cette étude. Bien que les pratiques utilisées dans la PPA soient susceptibles d'avoir une plus grande valeur, les conditions des paysans varieront dans la Vallée du Fleuve Sénégal et dans le Sahel ou en Afrique subsaharienne. Les paysans participants à l'étude en cours sont également susceptibles de changer de façon proactive, d'apprendre et d'améliorer davantage les techniques qui composent la PPA, qui peuvent aboutir à des innovations agronomiques utiles. Nous souhaitons donc mettre l'accent sur les processus d'innovation résultant de la collaboration paysans-chercheurs et sur l'adaptation des technologies au niveau local, plutôt que sur la PPA en tant que produit technique. A cette fin, la méthodologie décrite dans cette étude sera plus bénéfique dans les activités saisonnières au cours desquelles les agents de vulgarisation travaillent en étroite collaboration avec les paysans pour expérimenter les nouvelles techniques de gestion des cultures, et/ou comme un amendement aux Champs-Ecoles Paysans. Dans ces conditions, nous pensons que les approches basées sur l'apprentissage expérientiel pourraient produire des bénéfices similaires ailleurs et devraient donc être encouragées dans la recherche adaptative et la vulgarisation.



References

- Balasubramanian, V., Sie, M., Hijmans, R.J., Otsdemuka, K., 2007. Increasing rice production in Sub-Saharan Africa: challenges and opportunities. *Adv. Agron.* 94, 55–133.
- Bentley, J.W., Van Mele, P., Acheampong, G.K., 2010. Experimental by nature: rice farmers in Ghana. *Hum. Organ.* 69, 129–137.
- Blackshaw, R.E., O'Donovan, J.T., Harker, K.N., Clayton, G.W., Stougaard, R.N., 2006. Reduced herbicide doses in field crops: a review. *Weed Biol. Manage.* 6, 10–17.
- CIIFAD, 2012. The System of Rice Intensification Countries. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. <<http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/index.html>> (accessed January 13).
- de Mey, Y., Demont, M., Diagne, M., 2012. Estimating bird damage to rice in Africa: evidence from the Senegal River Valley. *J. Agric. Econ.* 63 (1), 175–200.
- Demont, M., Rodenburg, J., Diagne, M., Diallo, S., 2009a. Ex ante impact assessment of herbicide resistant rice in the Sahel. *Crop Prot.* 28, 728–736.
- Demont, M., Dillen, K., Daems, W., Sausse, C., Tollens, E., Mathijs, E., 2009b. On the proportionality of EU spatial ex ante coexistence regulations. *Food Policy* 34, 508–518.
- Dorward, P., Shepherd, D., Galpin, M., 2007. *Participatory Farm Management Methods for Analysis, Decision Making and Communication*. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO, 2006. *World Reference Base for Soil Resources 2006*, second ed. World Soil Resources Reports. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAOSTAT, 2012. *FAO Statistical Service*, United Nations Food and Agriculture Organization. <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>> (accessed January 13).
- Glover, D., 2010. The system of rice intensification: time for an empirical turn. *NJAS* 57, 217–224.
- Haefele, S.M., Johnson, D.E., Diallo, S., Wopereis, M.C.S., Janin, I., 2000. Improved soil fertility and weed management is profitable for irrigated rice farmers in Sahelian West Africa. *Field Crops Res.* 66, 101–113.
- Hardaker, J.B., Huirne, R.B.M., Anderson, J.R., 1997. *Coping with Risk in Agriculture*. CAB International, New York.
- Kolb, D.A., 1984. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Krueger, R.A., Casey, M.A., 2009. *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*. Sage, Los Angeles.
- Krupnik, T.J., et al., Yield, water productivity and nutrient balances under the System of Rice Intensification and Recommended Management Practices in the Sahel. *Field Crops Res.* (2012), doi:10.1016/j.fcr.2012.02.003.
- Latif, M.A., Ali, M.Y., Islam, M.R., Badshah, M.A., Hasan, M.S., 2009. Evaluation of management principles and performance of the System of Rice Intensification (SRI) in Bangladesh. *Field Crops Res.* 114, 255–262.
- McDonald, A.J., Hobbs, P.R., Riha, S.J., 2006. Does the system of rice intensification outperform conventional best management? A synopsis of the empirical record. *Field Crops Res.* 96, 31–36.
- MEB, 2009. *Structure des prix des produits pétroliers 2002–2009*. Ministère de l'Énergie et des Biocarburants. Dakar Fann, Sénégal.
- Moser, C.M., Barrett, C.B., 2003. The disappointing adoption dynamics of a yield-increasing, low external-input technology: the case of SRI in Madagascar. *Agric. Syst.* 76, 1085–1100.
- Poussin, J.C., 1997. Direct seeding or transplanting? An example from the Senegal middle valley. In: Miézan, K.M., Wopereis, M.C.S., Dingkuhn, M., Deckers, J., Randolph, T. F. (Eds.), *Irrigated Rice in the Sahel: Prospects for Sustainable Development*. WARDA, Bouaké, Côte d'Ivoire, pp. 191–200.
- Pretty, J.N., 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Dev.* 238, 1247–1263.
- Rodenburg, J., Johnson, D.E., 2009. Weed management in rice-based cropping systems in Africa. *Adv. Agron.* 103, 149–218.
- Seck, P.A., Tollens, E., Wopereis, M.C.S., Diagne, A., Bamba, I., 2010. Rising trends and variability of rice prices: threats and opportunities for sub-Saharan Africa. *Food Policy* 35, 403–411.
- Senthilkumar, K., Bindraban, P.S., Thiyagarajan, T.M., de Ridder, N., Giller, K.E., 2008. Modified rice cultivation in Tamil Nadu, India: yield gains and farmers' lack of acceptance. *Agric. Syst.* 98, 82–94.
- Sinha, S.K., Talati, J., 2007. Productivity impacts of the system of rice intensification (SRI): a case study in West Bengal, India. *Agric. Water Manage.* 87, 55–60.
- Sserunkuuma, D., Ochom, N., Ainembabazi, J.H., 2009. Collective action in the management of canal irrigation systems: the Doho rice scheme in Uganda. In: Kirsten, J.F., Dorward, A.R., Poulton, C., Vink, N. (Eds.), *Institutional Economics Perspectives on African Agricultural Development*. International Food Policy Institute, Washington, pp. 375–387.
- Styger, E., Ag Atter, M., Guindo, H., Ibriham, H., Diaty, M., Abba, I., Traore, M., 2011a. Application of system of rice intensification practices in the arid environment of the Timbuktu region in Mali. *Paddy Water Environ.* 9, 137–144.
- Styger, E., Aboubacrine, G., Ag Attaher, M., Uphoff, N., 2011b. The system of rice intensification as a sustainable agricultural innovation: introducing, adapting and scaling up a system of rice intensification practices in the Timbuktu region of Mali. *Int. J. Agric. Sust.* 91, 67–75.
- Thomas, V., Ramzi, A. Md., 2011. SRI contributions to rice production dealing with water management constraints in northeastern Afghanistan. *Paddy Water Environ.* 9, 101–109.
- Tsujimoto, Y., Horie, T., Randriamihary, H., Shiraiwa, T., Homma, K., 2009. Soil management: the key factors for higher productivity in the fields utilizing the system of rice intensification SRI in the central highland of Madagascar. *Agric. Syst.* 100, 61–71.
- Uphoff, N., Kassam, A., Stoop, W.A., 2008. A critical assessment of a desk study comparing crop production systems: the example of the 'system of rice intensification' versus 'best management practice'. *Field Crops Res.* 108, 109–114.
- Uphoff, N., Kassam, A., Hardwood, R., 2010. SRI as a methodology for raising crop and water productivity: productive adaptations in rice agronomy and irrigation water management. *Paddy Water Environ.* 9, 3–11.
- van den Berg, H., Jiggins, J., 2007. Investing in farmers – the impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *World Dev.* 35, 663–686.
- Van Mele, P., Bentley, J.W., Dacko, R.M., Yattara, K., Acheampong, G.K., 2011. Attitude counts: engaging with rice farmers in West Africa. *Dev. Pract.* 21, 806–821.



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation et l'agriculture

Pour plus information:

Programme de gestion intégrée de la production et des déprédateurs (GIPD)

Division de la production végétale et de la protection des plantes (AGP)

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie

www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/ipm/ipmwestafrica